



ISEM2024

**7. ULUSLARARASI
ÇEVRE ve AHLAK
SEMPOZYUMU**

**THE 7th INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON THE
ENVIRONMENT and
MORALS**

21-23 | 11 | 2024 | ISTANBUL / Istanbul Technical University

YEŞİL DÖNÜŞÜM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Green Transformation and Sustainability

BİLDİRİLER KİTABI

CONFERENCE PROCEEDINGS



ISEM2024

The 7th International Symposium on the Environment and Morals

7. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu

November 21-23, 2024 / 21-23 Kasım 2024

İstanbul Teknik Üniversitesi 2024

PROCEEDINGS BOOK / *BİLDİRİLER KİTABI*

e-ISBN : 978-605-81053-4-8

COMMITTEES

HONORARY COMMITTEE

Dr. Alparslan BAYRAKTAR (Ministry of Energy and Natural Resources, Türkiye , Minister)
Murat KURUM (Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, Türkiye , Minister)
Mehmet ÖZHASEKİ (Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, Türkiye , Former Minister)
Veysel EROĞLU (Ministry of Forestry and Water Affairs, Türkiye , Former Minister)
Prof. Dr. Halil HASAR (Directorate of Climate Change, Türkiye , Director)
Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (Istanbul Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Mustafa KURT (Marmara Universtiy, Türkiye , Rector)
Prof. Dr. Hamza AL (Sakarya University, Türkiye , Rector)
Prof. Dr. Eyüp DEBİK (Yıldız Technical Universtiy, Türkiye , Rector)
Prof. Dr. Hacı Ali MANTAR (Gebze Technical University, Türkiye , Rector)
Assoc. Prof. Dr. Tahir GÜNEŞER (Academic Perspective, Türkiye , Chairman)

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (Istanbul Technical University, Türkiye , Chair)
Prof. Dr. Ali DENİZ (Istanbul Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Eyüp DEBİK (Yıldız Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Ahmet ALP (Sakarya University, Türkiye)
Prof. Dr. Bahadır TUNABOYLU (Marmara Universtiy, Türkiye)
Prof. Dr. Özer UYGUN (Sakarya University, Türkiye)
Prof. Dr. Bekir KAYACAN (Istanbul Universtiy, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Haldun KARAN (TÜBİTAK Marmara Research Center, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Borte KOSE MUTLU (Istanbul Technical University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Ayse YUKSEKDAG (Istanbul Technical University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Bahar YAVUZTURK GUL (Istanbul Technical University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Halil YORULMAZ (İstanbul Medipol University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Mehmet Emin PASAOGLU (Istanbul Technical University, Türkiye)
Tech. Assist. Feriha Kamile OZCAN (Istanbul Technical University, Türkiye)
Tech. Assist. Sevede KORKUT (Istanbul Technical University, Türkiye)
Res. Assist. Usame YOLCU (Marmara University, Türkiye)
Adem DÖNMEZ (Istanbul Technical University, Türkiye)

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Prof. Dr. Adnan KARAİSMAİLOĞLU (Kirikkale University, Türkiye)
Prof. Dr. Ahmet DEMİR (Yildiz Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Alfina SIBGATULLINA (Russian Academy of Sciences, Russia)
Prof. Dr. Ali ATA (Gebze Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Ali DENİZ (Istanbul Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Almaz Ulvi BINNATOVA (Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan)
Prof. Dr. Abdulkadir BALIKÇI (TENMAK, Türkiye , Director)
Prof. Dr. Bekir KAYACAN (İstanbul University, Türkiye)
Prof. Dr. Ferruh ÖZPİLAVCI (Marmara University, Türkiye)
Prof. Dr. Bülent İNANÇ (Istanbul Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Bakhtiyor KARIMOV (Institute Of Plant And Animal World Genetic Resources, Uzbekistan)
Prof. Dr. Burhanettin DURAN (Ankara University of Social Sciences , Türkiye)
Prof. Dr. Chung-Hak LEE (Seoul National University, South Korea)
Prof. Dr. Dietmar MIETH (Universität Tübingen, Germany)
Prof. Dr. Duygu ÖZDEŞ (Gumushane University, Türkiye)
Prof. Dr. Emin UĞURLU (Bursa Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Erol ARCAKLIOĞLU (Yildirim Beyazıt University, Türkiye)
Prof. Dr. Hür Mahmut YÜCER (University of Health Sciences, Türkiye)
Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ (George Mason University, USA)
Prof. Dr. İsmail TORÖZ (Istanbul Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Halil HASAR (Directorate of Climate Change, Türkiye , Director)
Prof. Dr. Mawil Izzi DIEN (University of Wales Trinity Saint David, UK)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (Necmettin Erbakan University, Türkiye)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (University of West of England, UK)
Prof. Dr. Zafer ASLAN (Istanbul Aydın University, Türkiye)
Prof. Dr. Muhammed AYDIN (Qatar University, Qatar)
Prof. Dr. Nodirxon KHASANOV (Academy of Sciences Republic of Uzbekistan, Uzbekistan)
Prof. Dr. Mete TAYANÇ (Marmara Universtiy, Türkiye)
Prof. Dr. Süleyman KAYA (Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye)
Prof. Dr. Okan ŞİRİN (Qatar University, Qatar)
Prof. Dr. Ömer Adil ATASOY (Istanbul Aydın University, Türkiye)
Prof. Dr. Osman BAKAR (Universiti Brunei Darussalam, Brunei)
Prof. Dr. Sait ÖZTÜRK (Yildiz Technical University, Türkiye)
Prof. Dr. Süleyman MOLLAİBRAHİMOĞLU (Recep Tayyip Erdogan University, Türkiye)
Prof. Dr. Talip ALP (Istanbul Medipol University, Türkiye)
Prof. Dr. Volodymyr TARABARA (Michigan State University, USA)
Prof. Dr. Zeynep CEYLAN (Atatürk University, Türkiye)
Prof. Dr. Hamdi AYDIN (Kocaeli University, Türkiye)
Prof. Dr. Yahya FİDAN (Istanbul Ticaret University, Türkiye)
Prof. Dr. Zehrudin OSMANOVIC (University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina)

Prof. Dr. Zuhdija ADİLOVIÇ (Zenica University, Bosnia and Herzegovina)
Prof. Dr. Ali Çağlar ÇAKMAK (Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Türkiye)
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN (Marmara University, Türkiye)
Prof. Dr. Sabina SEMİZ (Khalifa University, Bosnia and Herzegovina)
Prof. Dr. Saim KAYADİBİ (Karabuk University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Hayrettin YÜCESOY (Washington University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Mohamed Ragab Abdel GAWWAD (International University of Sarajevo,
Bosnia and Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Necdet YILMAZ (Istanbul University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Hakkı BALTAÇI (Gebze Technical University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Canan KARAKAŞ (Kocaeli University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Beytullah EREN (Sakarya University, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Abubaker Mohamed Ahmed IBRAHİM (Qatar University, Qatar)
Assoc. Prof. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ (Istanbul Technical University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Abdullah YAKŞİ (Karabuk University, Türkiye)
Assist. Prof. Dr. Mehmet Ali UĞUR (Yalova University, Türkiye)

SECRETARY

Assist. Prof. Dr. Mehmet Emin PASAOĞLU (Istanbul Technical University, Türkiye)
Res. Assist. Usame YOLCU (Marmara University, Türkiye)

İçindekiler

Green Vakuf - Experiences of the Islamic Community.....	8
AB-27 Ülkelerinde Yüksek Teknoloji İhracatı, Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Doğrudan Yabancı Yatırımların Çevresel Kirlilik ile İlişkisi: Panel FMOLS Yaklaşımı.....	17
Ömrünü Tamamlamış Membranların Sürdürülebilir Geri Kazanım Alternatifleri.....	24
Evaluating the Impacts of Water Pressure on Water Meter Accuracy for Sustainable Water Management in Water Distribution Systems	34
Comparison of 2018 and 2024 Turkish Language and Literature Curricula in the Context of Environmental Education.....	39
Zero Waste, Recycling and Reuse in Solid Wood Industry Masif Ahşap Endüstrisinde Sıfır Atık, Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım	46
Degradation of Some Medical Metal Wastes By Electrolysis.....	60
New Approach to Agarose Gel Electrophoresis: Eastern Type Agarose Gel Electrophoresis	66
Synergistic Antimicrobial Effect of Fluconazole	69
The Living Artificial Tree: Microalgae Tree	73
Moral Identity in Environmental Education Çevre Eğitiminde Ahlaki Kimlik.....	78
Ekomedya Okuryazarlığı ve Eğitimi Ecomedya Literacy and Education	86
Management of Environmental Issues Arisen From Rock Blasting During Mining and Construction Excavations in The Residential Area-Some Cases	94
Çevresel ve Sürdürülebilir Etki Değerlendirme.....	95
İsrafın Kelebek Etkisi ve Modern Kölelik	101
Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Ülke Geneline Belediye Hizmetlerine Yönelik Bir Saha Araştırması Sustainable Development and Environment: A Field Research on Municipal Services Across the Country	108
Recovery and Cost of Textile Wastewater with MBR+RO System	110
Municipal Solid Waste Management Cost of Waste to Energy Technologies and Comparison with Landfilling	116
Deprem Bölgesi Konut Temel Kazılarında Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunlarının Tahmini ve Risk Analizi Esaslı Giderilmesi: Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları Örneği	117
İklim Değişikliği Politikalarının Kentsel Katı Atık Yönetimine Yansımaları.....	140
Sürdürülebilir Enerji Sistemlerinde Silikon İzolatörlerin Yeri The Place of Silicone Rubber Insulators in Sustainable Energy Systems	150
Atık Yönetimi ve İnşaat: Volkanik Tuf ve Mermer Atıklarının Yüksek Sıcaklıklarda Hafif Beton Üzerindeki Etkileri	155
Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) Potansiyelinin Araştırılması Research on the Potential of Sustainable Aviation Fuel (SAF).....	159
Cyber Security of Critical Infrastructures for Sustainability	167
Çocukların Bilime Olan İlgisinde Doğanın Yeri	168
Optimizing Biochar Preparation in Pilot-scale for Eco-friendly Adsorption of Organic Compounds: an Application of Doehlert Designs	169
Green Adsorption of Polyphenols from Olive Mill Wastewater Using Biochar Produced from Olive Mill Solid Waste	170
Paydaş Teorisi Bağlamında İşletmelerde Yeşil Dönüşüm ve STK İş Birlikleri.....	171
Linear Paralysis From Paradoxical Tensions: Evidence From A Textile Recycling Cluster In An Emerging Economy.....	180
Functional Study of Electrochemical the Effect of Silver Metal Doping on The Solid Electrolyte of LLTO	193
Whey and Chickpea Extract for Sustainable Protein Production: Fermentation with <i>Lactococcus garvieae</i>	194

Tarımsal Sulama Amacına Uygun Olarak Yağmur Sularının Arıtılmasını ve Depolanmasını Sağlayan Pratik Bir Yöntem	205
Analyzing the Health Risks of Air Pollution on COPD in İstanbul	215
Zararlı Sert Elektrokrom+6 Kaplamalara Alternatif Olarak Geliştirilen Çevre Dostu Akımsız Kaplamalar: Bibliyometrik Analiz (2000–2022)	220
Sürdürülebilirlik ve Emanet Bilinci: Çevresel Tutum ve Davranışlarda Değerlerin Rolü Üzerine/Sustainability and the Awareness of Trust: The Role of Values in Environmental Attitudes and Behaviors	236
Giresun Kızılkaya Maden İşletmesinin Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi Evaluation of Giresun Kızılkaya Mining in Terms of Sustainable Development and Environmental Management.....	244
Kadınların Sürdürülebilirlik Politikalarına Katılımı Ve Etkileri: Kent Bağlamında Bir İnceleme	256
Uluslararası Antlaşmalar Etkisi Altında Türkiye'de Çevre Hukuku Gelişmeleri	267
Evaluating the Impact of Cell Number on Acid and Base Production in Bipolar Membrane Electrodialysis for the Solvay Process	279
Sm and Mn co-doped SrCoO ₃ Perovskite as an Efficient Electrode Material for Supercapacitors	286

Green Vakuf - Experiences of the Islamic Community

*¹ Mr. Omerbašić ef. Fuad, ² Halilović Kasim

*¹ Chief Imam Majlis of the Islamic Community Tešanj

² Secretary Majlis of the Islamic Community Tešanj

Key words: Waqf, Green waqf, Photovoltaic power plant Green waqf Tešanj I, ecology and environment.

Bosnia and Herzegovina consists of entities, the Federation of Bosnia and Herzegovina, Republika Srpska and District of Brčko. There are two electricity companies in the Federation of Bosnia and Herzegovina. Elektroprivreda Bosnia and Herzegovina in Sarajevo and Elektroprivreda in Mostar, while in the Republic of Srpska there is one electric company. Each company manages the production, transmission and distribution of electricity in the territory it covers.^[1]

Table 1. INSTALLED PRODUCTION CAPACITIES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

INSTALLED PRODUCTION CAPACITIES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA	
JP Elektroprivreda BiH dd Sarajevo	1.774,5 MW
JP „Elektroprivreda HZ HB“ d.d. Mostar	922.6 MW
Elektroprivreda Republike Srpske	1.300 MW
Total	3.997,1 MW

According to the report of the State Regulatory Agency^[2], 15.822 gigawatt hours (GWh) of electricity were produced in 2023, which is 786 GWh, or 5.2% more than in year 2022. Production in hydropower plants increased by 1.825 GWh, or 40.9%, and amounted to 6.284 GWh. On the other hand, production in thermal power plants decreased by 12.7%, or by 1.224 GWh, and amounted to 8.405 GWh. Production by renewable sources (small hydroelectric power plants, wind power plants, solar and biofuel power plants) increased by 38.4% and amounted to 742,87 GWh. The total consumption of electricity was 11.635 GWh, which is 3.5% less than the previous year. Consumer consumption decreased by as much as 36.2% and amounted to 718 GWh, while distribution consumption increased by only 2 GWh and amounted to 10.548 GWh.

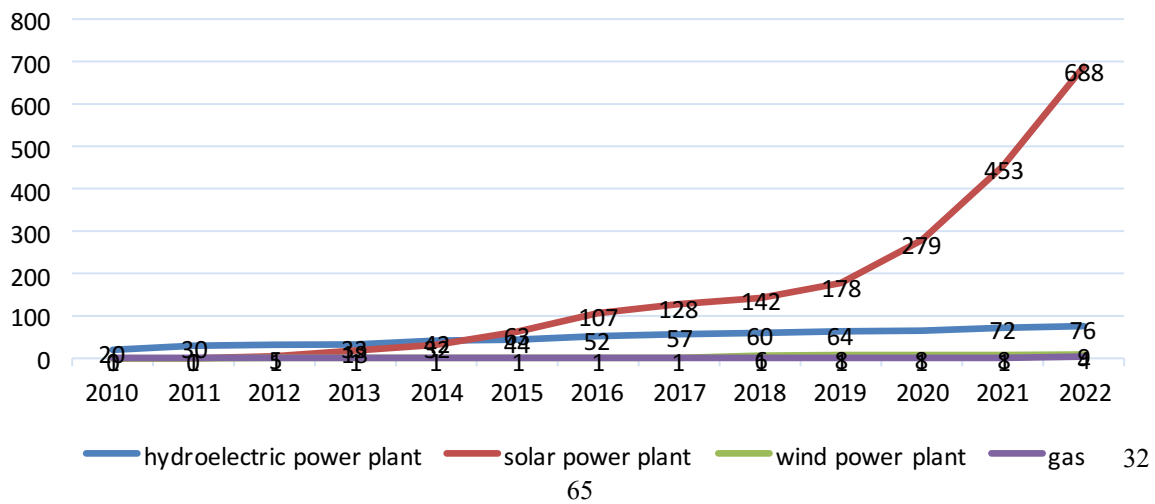
In year 2023, 5.148 GWh of electricity was exported, which is 30.4% more than in the previous year. The import of electricity also increased, by 6.1% and amounted to 917 GWh. Sustainable energy or green energy^[3] is an energy-efficient way of producing and using energy that aims to have as little harmful impact on the environment as possible. Protection, preservation and responsibility for the environment is one of the first duties of Muslims confirmed by the Qur'an and the Sunnah. "And don't make a mess on Earth, when order is established on it, and you pray to Him with fear and hope; Allah's mercy is truly close to those who do good deeds".^[4] The practice of the Prophet, peace be upon him, is full of wonderful ecological statements and examples such as: "There is not a single Muslim who plants a seedling or sows a crop, from whomever a bird eats, human or animal, without counting it all as a special charity".^[5] A clean and healthy environment is a requirement for the survival of humans and animals. Majlis^[6] of the Islamic Community Tešanj while searching for solutions to overcome today's ubiquitous ecological crisis, as a responsible

organizational unit of the Islamic Community in Bosnia and Herzegovina, decided to build a solar power plant that would promote two values:

1. affirmation of the waqf^[7]
2. raising environmental awareness

According to the Register of the Energy Regulatory Commission in FBiH^[8], the degree of increase in the construction of solar power plants is visible.

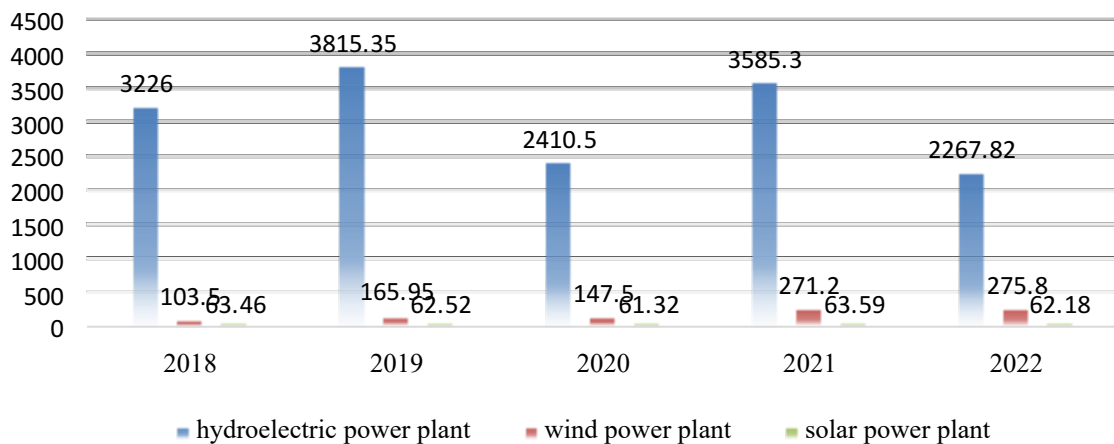
Figure 1. Renewable energy sources 2010-2022



The degree of increase in the construction solar power plants in 2022 compared to 2021 is 52% and compared to 2020 it is 146%.

The total production of electricity in the Federation of Bosnia and Herzegovina at the period of 2018 to 2022 from renewable energy sources as shown in the graph.^[9]

Figure 2. Annual production GWh



The share of renewable energy sources in the total production of electricity is 22.36%. This data obliges us to increase the production of electricity from renewable sources in order to protect the environment.

The Majlis of the Islamic Community Tešanj disposes of 1.548.269 m² of waqf area, of which 53.48% is economically usable. On an area of 46.52%, there are religious buildings, waqf houses and schools, cemeteries and access roads.

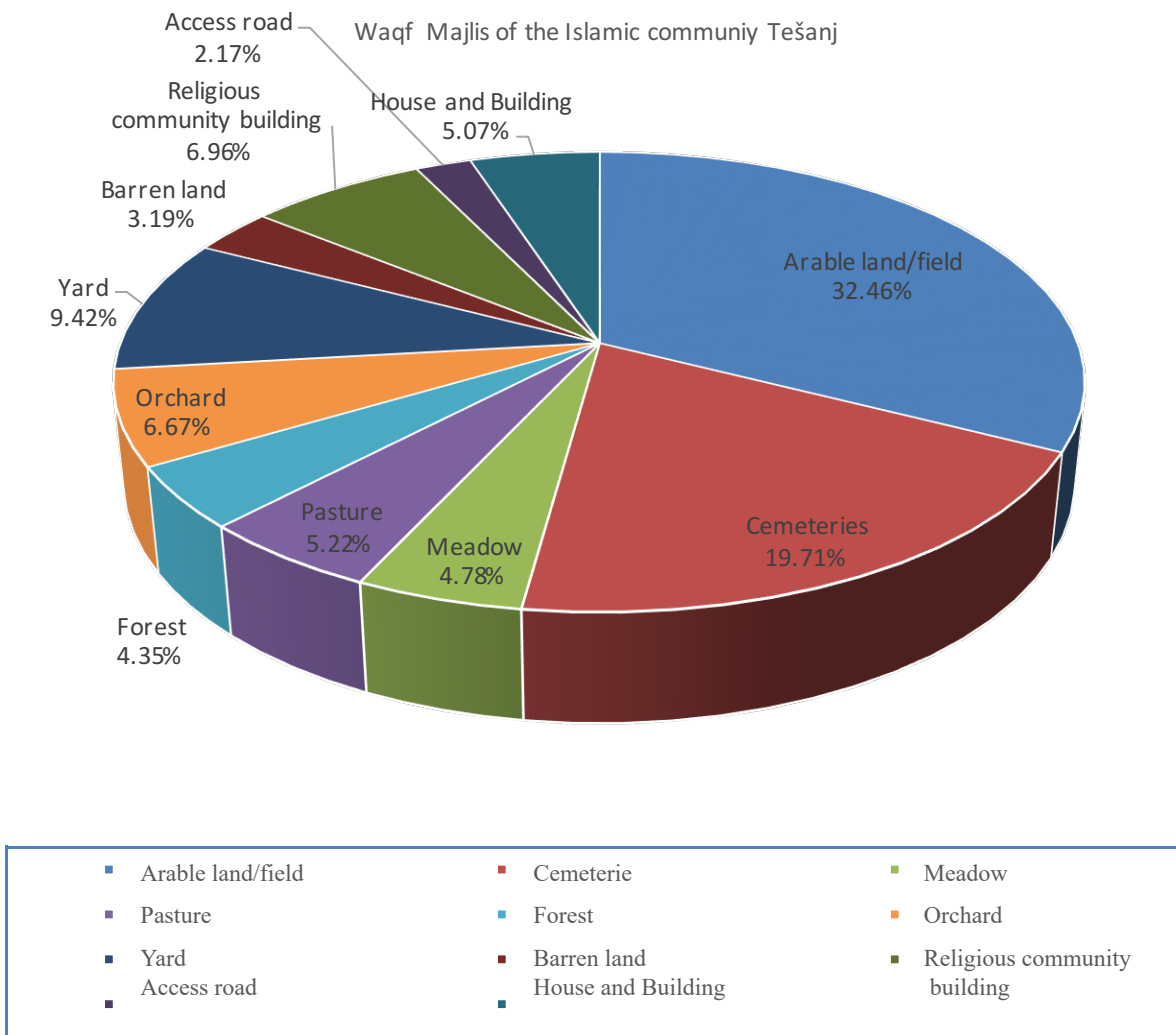


Figure 3. Waqf Majlis of the Islamic community Tešanj

In 2021, with the aim of better economic utilization of the waqf area, the Mejlis of the Islamic Community Tešanj initiated the construction project of the solar power plant Green Vakuf Tešanj I, which is located on the waqf plot number 61 K.O. Tešanj II called "Poljice" with an area of 2.453 m² registered as a waqf of the mosque of Gazi Ferhad bey. For the construction of the power plant, it was necessary to obtain the consents of the Riyasat of the Islamic Community in BiH and the Directorate of Waqf, as well as to comply with 26 regulations related to the construction of solar power plants.^[10]

Given that the activity of the Mejlis of the Islamic Community Tešanj is not the production of electricity, Riyasat of the Islamic Community in BiH founded the Bosnian Investment Community INVEST (BIZ Invest doo Sarajevo) in 2023 for the production of electricity on the waqf lands of the Islamic Community in BiH, after which the building permits were changed and have signed a lease contract with BIZ INVEST doo Sarajevo.

Until the construction of the solar power plant, the waqf plot had an annual income of 50.00 Euro, and sometimes no income. By building a solar power plant on an area of 565.15 m²,

the waqf plot generates a monthly income of 50.00 Euro. In addition to the monthly income, 30% of the net profit belongs to the Mejlis of the Islamic Community Tešanj.



Figure 4. The solar power plant

The solar power plant "Green Vakuf Tešanj I" Mejlis of the Islamic Community Tešanj belongs to the Federal Company Elektroprivreda Bosnia and Herzegovina with headquarters in Sarajevo, which has so far issued 485 permits for the activity of electricity production. 130 electricity producers with 200 photovoltaic power plants with a total capacity of 13.453 MW are registered in the territory of the Majlis of the Islamic Community Tešanj. In addition to the construction of the "Green waqf Tešanj I" power plant, a Feasibility Study and Conceptual Projects were made for the construction of 2 more power plants with a total power of 298 kW, but due to overloading of the grid, requests for Electrical Approval were rejected. The construction of the mentioned power plants is planned after acquiring the conditions from the competent power distribution company.

Table 2. GREEN VAKUF TEŠANJ I (SE)

No.	GREEN VAKUF TEŠANJ I (SE)	Unit	Technical parameters
1	Name of the power plant		FNE Green Vakuf Tešanj I
2	Power plant owner		BIZ INVEST doo Sarajevo
3	Power plant location		number 61 K.O. Tešanj I
4	North latitude (SGŠ) for the location		44°37'05.1"
5	East Longitude (IGD) for the location		17°59'56.6"
6	Type of renewable energy source used		Solar energy
7	Total annual irradiance for the location of SE	(kWh/m ²)	1289,7
8	Method of performance		Support structure mounted on the ground
9	The number of buildings with installed panels	piece	1
10	Date of issuance of the energy permit		18.08.2023
11	The total area on which photovoltaic panels are installed	m ²	2.453
12	Total number of photovoltaic panels SE	piece	238
13	Total area of photovoltaic panels SE	m ²	565,15
14	Total installed power SE DC	(kWp)	119,00
15	Total installed power SE AC	(kW)	100
16	Number and unit power of the converter	(kW)	1x100
17	Possible annual production	(MWh)	139.947
18	Annual operating time of SE (projected)	hours	1399
19	Reduction of CO ₂ emissions (calculation according to the program PV.SOL)	(kg/year)	65.757
20	Total nominal degree of utilization of SE	%	19,20
21	Energy obtained from 1 kWp SE (projected)	kWh/year	1.176,02
22	Supervision and management system		Huawei Web Portal
23	Control mode (automatic/manual)		Automatic
TECHNICAL AND ENERGY CHARACTERISTICS OF THE EQUIPMENT			
PHOTOVOLTAIC (FN) PANELS			
24	FN panels manufacturer		BISOL
25	FN panels type		BBO-500 (duplex)
26	Length/width/thickness of FN panel	mm	2094/1038/35
27	Number of FN cells in a series of FN panels	piece	132
28	The mass of the FN panel	kg	26
29	Unit power of FN panel	(Wp)	500
30	Nominal current (IMPP) of the FN panel	(A)	12,4
31	Nominal voltage (VMPP) of the FN panel	(V)	40,4
EXCHANGER			
32	Exchanger manufacturer		HUAWEI
33	Exchanger type		SUN2000-100KTL-M2
34	Maximum DC power of the converter (cos φ =1)	(kW)	110
35	Maximum DC voltage of the inverter	(V)	1100
36	Rated AC power of the inverter	(kW)	100
37	Nominal AC voltage of the converter (3/N/PE)	(V)	400/230
38	Maximum output current of the converter	(A)	160,4
39	The maximum degree of useful action of the exchanger	%	98,4

Table 3. Production and CO2 Emission

No.	Year	Efficiency	Coefficient	Production [kWh]	CO2 emission [kg]
1	2023	100%	1.000	139.950	64.249
2	2024	98%	0.98	133.966	62.964
3	2025	97%	0.974	133.146	62.579
4	2026	97%	0,9680	132.326	62.193
5	2027	96%	0,9620	131.505	61.808
6	2028	96%	0,9560	130.685	61.422
7	2029	95%	0,9500	129.865	61.037
8	2030	94%	0,9440	129.045	60.651
9	2031	94%	0,9380	128.225	60.266
10	2032	93%	0,9320	127.404	59.880
11	2033	93%	0,9260	126.584	59.495
12	2034	92%	0,9200	125.764	59.109
13	2035	91%	0,9140	124.944	58.724
14	2036	91%	0,9080	124.124	58.338
15	2037	90%	0,9020	123.303	57.953
16	2038	90%	0,8960	122.483	57.567
17	2039	89%	0,8900	121.663	57.182
18	2040	88%	0,8840	120.843	56.796
19	2041	88%	0,8780	120.023	56.411
20	2042	87%	0,8720	119.202	56.025
21	2043	87%	0,8660	118.382	55.640
22	2044	86%	0,8600	117.562	55.254
23	2045	85%	0,8540	116.742	54.869
24	2046	85%	0,8480	115.922	54.483
25	2047	84%	0,8420	115.101	54.098
TOTAL				3.128.759	1.468.993

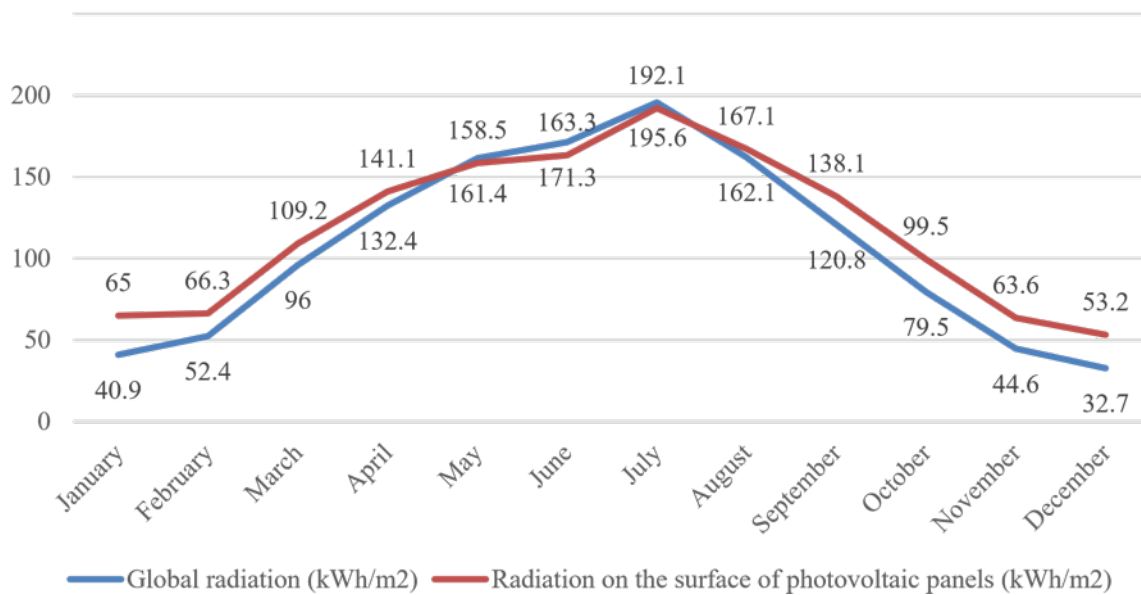


Figure 5. Radiation Green Vakuf Teşanj I

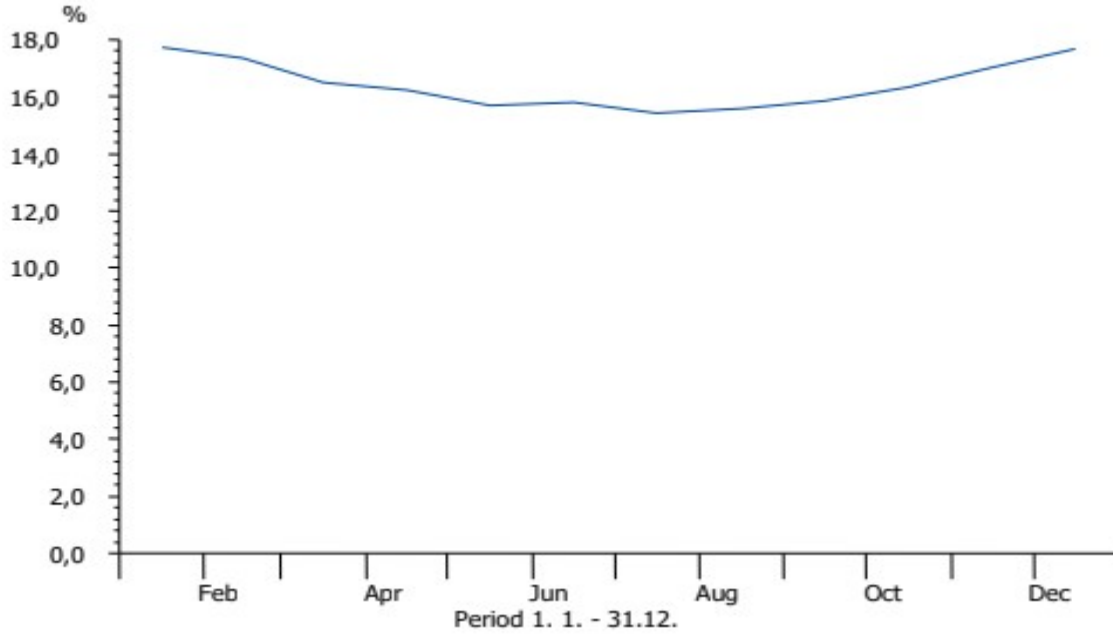


Figure 6. System efficiency
System efficiency is 19.20%

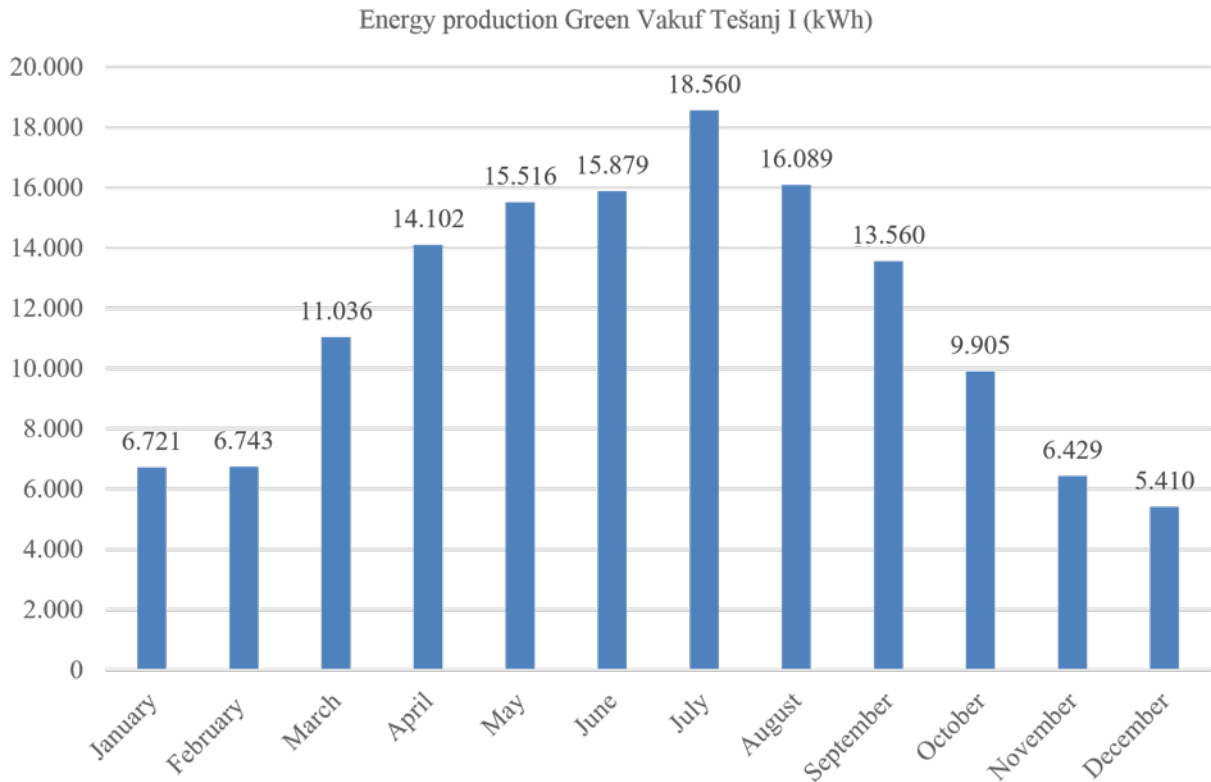


Figure 7. Energy production Green Vakuf Teşanj I (kWh)

The expected produced power is 100 kW. Taking into account the total irradiance for the location where the construction of the Green waqf Tešanj I plant is stationed and, the efficiency of the designed inverter, the expected annual production of electricity amounted to **139,947 kWh/year**.

Accordingly, it follows:

a) In case of purchase at the reference price in force from 01.03.2022:

$$139,947 \text{ kWh/year} \times 0.125953 \text{ KM/kWh} = 17,626.74 \text{ KM/year} + \text{VAT}$$

- Total output power of the solar power plant.....100 kW
- Expected annual production.....139,947 kWh
- Annual salary.....17,626.74 KM/year

The annual return on investment is 7.34%, i.e. the investment return is expected in 13.62 years.

b) In case of purchase at a guaranteed price:

$$139,947 \text{ kWh/year} \times 0.21548 \text{ KM/kWh} = 30,155.78 \text{ KM/year} + \text{VAT}$$

- Total output power of the solar power plant.....100 kW
- Expected annual production.....139,947 kWh
- Annual salary.....30,155.78 KM/year

The annual return on investment is 12.56%, i.e. the investment return is expected in 7.96 years.

c) In case of purchase at current market prices:

$$139,947 \text{ kWh/year} \times 0.25 \text{ KM/kWh} = 34,986.75 \text{ KM/year} + \text{VAT}$$

- Total output power of the solar power plant.....100 kW
- Expected annual production.....139,947 kWh
- Annual salary.....34,986.75 KM/year

The annual return on investment is 14.58%, i.e. the investment return is expected in 6.86 years.

Based on the decision of the Government of the Federation of BiH granting consent to the guaranteed purchase prices of electricity from plants for the use of renewable energy sources, for power plants with an installed capacity of up to 150 kW, the tariff coefficient (C) is 1.7108, and the reference price (Rc) is 0.125953.

Based on this, it follows that the guaranteed price (Gc) = Rc x C, that is:

$$Gc = 0.125953 \times 1.7108$$

$$Gc = 0.21548$$

Islam is affirmative towards ecology and in its teachings it contains attitudes related to ecological issues because Allah Almighty speaks in several places in the Qur'an about how

he did not create anything in vain or without a purpose and how everything was created in harmony and with measure.

Historically, waqf occupies an important place in Islamic teaching. Over time, a certain number of waqfs were lost, and some due to the negligence of the responsible persons, they became economically unusable.

The experience of the Mejlis of the Islamic community Tešanj is an indicator of the affirmation of the waqf and its influence on the development of human ecological awareness in a way that contributes to the reduction of carbon dioxide emissions, the preservation of the environment and actively participates in the process of transition to renewable energy sources.

References

- [1] <https://www.epbih.ba/home> i <https://ers.ba/>
- [2] <https://www.derk.ba/ba/godinji-izvjetaji-derk-a>
- [3] https://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEiva_energija
- [4] Qur'an, Surah 7 verse 56
- [5] El-Buhari, II, 2009, page 327
- [6] Constitution of the Islamic Community in Bosnia and Herzegovina (The Herald of Riyasat of Islamic Community i BiH No. 7-8/2014)
- [7] <https://vakuf.ba/bs/tekst/pojam-vakufa/2>
- [8] https://www.ferk.ba/_ba/index.php/dozvole
- [9] https://www.ferk.ba/_ba/index.php/ostalo/o-ferk-u/118-izvjestaji_strana_38
- [10] <https://fmeri.gov.ba/media/1457/vodic-za-investitore.pdf>

AB-27 Ülkelerinde Yüksek Teknoloji İhracatı, Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Doğrudan Yabancı Yatırımların Çevresel Kirlilik ile İlişkisi: Panel FMOLS Yaklaşımı

*¹ Tuğba Koyuncu Çakmak

*¹ İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, İşletme (İngilizce) Bölümü, Türkiye,

Anahtar kelimeler: Ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi, FMOLS yaklaşımı

Özet

Bu çalışmanın amacı, yeşil çevresel politika önlemlerini uygulayan AB-27 ülkelerinde teknolojik inovasyon ile birlikte yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ihracat ile doğrudan yabancı yatırımların giriş ve çıkışlarının çevresel kirlilik üzerindeki etkisini tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda çevresel kirliliği temsilen literatürde yaygın olarak kullanılan CO₂ emisyonu modelde bağımlı değişken olarak yer almıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurt içi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, yüksek teknoloji ihracatı, ticaret, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırım girişi ve ülkeden çıkan doğrudan yabancı yatırımlar açıklayıcı değişken olarak modelde yer almaktadır. 2005-2022 yılları verilerinin kullanıldığı modelde panel FMOLS yöntemi kullanılarak elde edilen bulgular sonucunda ekonomik büyüme ve yüksek teknoloji ihracatındaki artışların CO₂ emisyonu üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Doğrudan yabancı yatırım girişleri ve çıkışları ile ticaret açıklığı ve yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonları üzerinde negatif bir etkisinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Ampirik sonuçlar, gayri safi yurt içi hasılanın ve yüksek teknoloji ihracatı karbon emisyonlarını pozitif etkilediğini; ticari açıklık, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden giden doğrudan yabancı yatırımların ise karbon emisyonlarını negatif etkilediğini göstermektedir. AB ülkelerine gelen doğrudan yabancı yatırımların çevresel kirlilik üzerinde negatif etkisi olduğu bu sonuç, çevresel kirlilik ve iklim değişikliği ile mücadelede Kyoto Protokolüyle birlikte alınan ve 2005'te yürürlüğe giren katı politika önlemlerinin karbon emisyonlarını azaltmada olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar AB ülkelerinin bu politika önlemlerini gevşetmemesi gerektiğine işaret etmektedir. Öte yandan yenilenebilir enerji kaynakları tüketimindeki artışın karbon emisyonlarını negative etkilediği bulgusu, fosil yakıtı dayalı enerji tüketiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi teşvik edici niteliktedir.

Key words: Economic growth, foreign direct investment, CO₂ emission, renewable energy consumption, FMOLS approach

Abstract

The aim of this study is to determine the impact of technological innovation, renewable energy consumption, economic growth, exports and inflows and outflows of foreign direct investments on environmental pollution in EU-27 countries implementing green environmental policy measures. For this purpose, CO₂ emission, which is widely used in the literature to represent environmental pollution, is included as the dependent variable in the model. Gross domestic product, renewable energy consumption, high technology exports, trade, foreign direct investment inflows to the country and foreign direct investment outflows from the country are included in the model as explanatory variables representing economic growth. As a result of the findings obtained by using the panel FMOLS method in the model where data for 2005-

2022 are used, it is determined that increases in economic growth and high technology exports have a positive effect on CO_2 emission. Foreign direct investment inflows and outflows, trade openness and renewable energy consumption have a negative effect on CO_2 emissions. Empirical results show that gross domestic product and high technology exports have a positive effect on carbon emissions, while trade openness, inward FDI and outward FDI have a negative effect on carbon emissions. This result, which shows that foreign direct investments coming to EU countries have a negative effect on environmental pollution, shows that the strict policy measures taken with the Kyoto Protocol in the fight against environmental pollution and climate change, which came into force in 2005, have given positive results in reducing carbon emissions. These results indicate that EU countries should not relax these policy measures. On the other hand, the finding that the increase in the consumption of renewable energy sources has a negative effect on carbon emissions encourages the transition from fossil fuel-based energy consumption to renewable energy sources.

1. Giriş

Sanayileşme ile birlikte fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi/kullanımı hızla artarak çevresel kirlilik, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarını neden olmuştur. Çevresel kirlilik sadece bulunduğu bölge veya ülkeyi tehdit etmekle kalmayarak, iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarına neden olarak aynı zamanda tüm dünyayı etkisi altına almaktadır. Bu nedenle çevresel kirlilik ve iklim krizi tüm dünyayı ve insanlığı ilgilendiren acil ve ciddi önlemler alınması gereken bir sorundur. Özellikle 1990'lı yıllar ve sonrasında sanayileşmenin çevre kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri giderek önem kazanmış ve çok sayıda çevre-ekonomi araştırmacısı tarafından incelenmiştir [1]. Fosil yakıtlardan üretilen enerji kaynaklarının tüketimi CO_2 emisyonlarının ve çeşitli sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Dahası, ampirik literatür ekonomik büyümedeki artışların CO_2 emisyonları üzerinde pozitif bir etkisi olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Bir diğer yandan ampirik sonuçlar fosil yakıt kaynaklarından sağlanan birincil enerji kaynakları tüketiminin karbon emisyonları ve dolayısıyla çevresel bozulma üzerinde tırmandırıcı bir etkisinin olduğunu, aksine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ise karbon emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir [2].

Özellikle Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ile ekonomik büyüme (GDP) ve çevresel kirlilik (CO_2) arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu, yani ülkelerin belirli bir refah seviyesine ulaşına kadar ekonomik büyümenin CO_2 emisyonlarını artıracığı ancak bu refah seviyesinden sonra çevreye duyarlı politika önlemleri ve teknolojik gelişmelerle birlikte CO_2 emisyonların azalacağı iddia edilmektedir [3]. Bu durum ekonomik büyüme ile çevrenin korunması arasında potansiyel bir ikilik olduğuna işaret etmektedir. Bir diğer ifadeyle, ülkelerin veya ekonomik toplulukların, ekonomik büyümeyi sağlama veya çevre kirliliğini azaltma açısından bir değiş-tokuş ilişkisine sahip oldukları anlamına gelmektedir. Çevre literatürü, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında pozitif bir ilişki olduğunu ancak ülkeler belirli bir refah düzeyine ulaştıktan sonra bu ilişkinin negatife döndüğünü göstermektedir [4]. Başka bir deyişle, sanayinin büyümesi çoğu zaman doğal kaynakların aşırı kullanımına ve çevre kirliliğine yol açabilmektedir. Ancak ekonomik büyüme aynı zamanda çevre korumasını artırabilecek çevre teknolojilerinin ve yeniliklerin gelişimini de teşvik edebilir. Ayrıca, AB ülkelerinden ve bazı gelişmiş ülkelerden elde edilen son kanıtlar, çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında, çevresel açıdan korumacı politika önlemleri sayesinde bir ayrışma olduğunu göstermektedir [5]. Yani yeşil politika tedbirleri ve teknolojik inavasyon ile ekonomik büyümeyi artarken aynı zamanda çevre kirliliği de azalmaktadır. Bu durum ekonomik büyümeden ödün vermeden karbon emisyonlarını azaltmayı mümkün kılmaktadır [6].

Bu çalışmanın amacı, yeşil sanayi politika önlemlerini uygulama kararı alan AB ülkelerinde

teknolojik inovasyon ile birlikte doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kirlilik üzerindeki etkisini tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda çevresel kirliliği temsilen literatürde yaygın olarak kullanılan CO_2 emisyonu modelde bağımlı değişken olarak yer almıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurt içi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, yüksek teknoloji ihracatı, ticaret, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırım girişi ve ülkeden çıkan doğrudan yabancı yatırımlar açıklayıcı değişken olarak modelde yer almaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu bölümde kullanılan materyal, veri seti, yöntem ve çalışmanın teorik temelleri yer almaktadır.

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada net sıfır karbon hedefleyen ve sürdürülebilir politika önlemlerini uygulama kararı alan AB ülkelerinde teknolojik inovasyon ile birlikte yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kirlilik üzerindeki etkisi doğrudan yabancı yatırımların giriş ve çıkışları açısından tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çevresel kirliliği temsilen literatürde yaygın olarak kullanılan [7] CO_2 emisyonu modelde bağımlı değişken olarak yer almıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurt içi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, yüksek teknoloji ihracatı, ticari açıklık, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden çıkan doğrudan yabancı yatırımlar açıklayıcı değişken olarak modelde yer almaktadır. Bu çalışmada net sıfır karbon hedefleyen ve sürdürülebilir politika önlemleri uygulama kararı alan 27 Avrupa Birliği üye ülkesinden oluşan; Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç ve Hırvatistan'nın 2005-2022 dönemi verileri kullanılarak panel veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmanın 2005-2022 dönemi için yapılmasının nedeni, modelde yer alan değişkenlerle en geniş ortak paydanın bu dönem aralığında sağlanmasıdır. Ayrıca AB ülkelerinde yeşil dönüşüm ve teknolojik inovasyonun benimsendiği 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolünün 2005'te yürürlüğe girmesi nedeniyle bu dönem aralığı seçilmiştir.

Tablo 1'de bu çalışmaya dahil edilen tüm değişkenlerin detayları ve açıklamaları sunulmaktadır.

Tablo 1. Verilerin açıklaması

Kısaltma	Açıklama	kaynak
CO_2	CO_2 emisyonu	World bank data
<i>TRD</i>	Ticari açıklık	World bank data
<i>GDP</i>	Gayri Safi Yurt içi Hasıla (\$)	World bank data
<i>RNWC</i>	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	World bank data
<i>High-Tech</i>	Yüksek Teknoloji İhracatı	World bank data
<i>FDI-in</i>	Ülkeye gelen Doğrudan Yabancı Yatırımlar	World bank data
<i>FDI-out</i>	Ülkeden çıkan Doğrudan Yabancı Yatırımlar	World bank data

2.2. Model

Bu çalışmada çevresel kirliliği temsilen literatürde yaygın olarak kullanılan CO_2 emisyonu modelde bağımlı değişken olarak yer almıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurt içi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, yüksek teknoloji ihracatı, ticari açıklık, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden çıkan doğrudan yabancı yatırımlar açıklayıcı değişken olarak modelde yer almaktadır. Tahmin edilen modelin fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$CO_2 = f(GDP, TRD, High - Tech, FDI - in, FDI - out, RNWC)$$

(1)

Modele hata teriminin eklenmesi ve ekonometrik forma dönüştürülmesi ile bu fonksiyon şöyle olur:

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln TRD_t + \beta_3 \ln High - Tech_t + \beta_4 \ln RNWC_t + \beta_5 \ln FDI - in_t + \beta_6 \ln FDI - out_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Bu modelde yer alan $\ln CO_{2t}$ karbondioksit emisyonunun logaritmasını ifade etmektedir, $\ln GDP_t$ reel gayri safi yurt içi hasılayı, $\ln TRD_t$ ticari açıklığı, $\ln High - Tech_t$ yüksek teknoloji ihracatını, $\ln RNWC_t$ yenilenebilir enerji tüketimini, $\ln FDI - in_t$ ve $\ln FDI - out_t$ sırasıyla ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımları ve ülkeden giden doğrudan yabancı yatırımların logaritik formunu temsil etmektedir. Bu d-fonksiyonda yer alan ε_t ise modelin hata terimini ifade etmektedir. β_0 fonksiyondaki teknolojik gelişmeleri ve verimliliği ifade eden bir sabit terimi ifade ederken, modelde yer alan $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ ve β_6 katsayıları sırasıyla reel gayri safi yurt içi hasıla, ticari açıklık, yüksek teknoloji ihracatı, yenilenebilir enerji tüketimi, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımları ve ülkeden giden doğrudan yabancı yatırımların esneklik katsayılarını göstermektedir.

3. Bulgular

Bu çalışmada net sıfır karbon hedefleyen ve sürdürülebilir politika önlemleri uygulama kararı alan 27 Avrupa Birliği üye ülkesinin 2005-2022 dönemi verileri kullanılarak panel veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmanın 2005-2022 dönemini kapsamasının nedeni, modelde yer alan değişkenlerle en geniş ortak paydanın bu dönem aralığında sağlanması ve AB ülkelerinde yeşil dönüşüm ve teknolojik inovasyonun benimsendiği 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolünün 2005'te yürürlüğe girmesi nedeniyle bu dönem aralığı seçilmiştir. Bu nedenle Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesi ile günümüze kadar geçen sürede yeşil sanayi uygulanan politikalarının CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. AB-27 ülkeden oluşan panel veri setinin kullanıldığı modelde zaman kesiti 30 yılın altında olduğu için birim kök testleri ile durağanlık sınaması yapılmamıştır [8], [9]. Tablo 2'de modelin çoklu doğrusallık sorunu içerip içermediği sınıanmıştır. VIF değerlerinin $0 < VIF < 10$ arasında olması nedeniyle çoklu doğrusal bağıntı sorununa rastlanmamıştır.

Tablo 2. Sağlamlık testi sonuçları

<i>Variance Inflation Factors</i>	<i>VIF (0 < VIF < 10)</i>
FDI-in	7.099654
FDI-out	7.060845
GDP	1.303587
High-Tech	1.316758
RNWC	1.074908
TRD	1.089279

Tablo 3'te Otokorelasyon, değişen varyans, yatay kesit bağımlılığı ve normallik testleri sonuçları özetlenmiştir. Bu sonuçlara göre Jarque-Bera istatistiğinin olasılık değeri 0.5184 dür ve bu sonuç artıkların normal dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Breusch-Pagan-Godfrey'in F istatistiği 0.6745 olasılık değerlerine sahiptir ve bu sonuç artıkların serilerle ilişkili olmadığını, hataların varyansının sabit olduğunu ve modelin değişen varyanstan etkilenmediğini ifade etmektedir. Breusch-Godfrey seri korelasyon LM testi sonuçları otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Son olarak Breusch-Pagan Chi-square ve Pearson LM Normal testleri sonuçları serilerin yatay kesit bağımlılığı içermediğini göstermektedir.

Tablo 3. Teşhis testleri sonuçları

<i>Test</i>	<i>Değer</i>
<i>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM test</i>	0.5701
<i>Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey</i>	0.6745
<i>Cross-sectional dependence: Breusch-Pagan Chi-square</i>	0.5325
<i>Cross-sectional dependence: Pearson LM Normal</i>	0.6027
<i>Normality Test: Jarque-Bera</i>	0.5184

Tablo 4'te Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) yaklaşımı ile modelin katsayı tahmin sonuçları gösterilmiştir. Bu yöntem hem değişkenlerin katsayı tahminini hem de otokorelasyon, değişen varyans ve içsellik gibi sorunlardan kaynaklanacak bozulmaları düzelterek daha sağlam sonuçlar vermektedir.

Tablo 4: FMOLS testi katsayı tahmin sonuçları

Bağımlı değişken: CO_2	Katsayı	t-istatistik	Olasılık değeri
<i>c</i>	9.68	1.39061	0.0000*
<i>FDI-in</i>	-3.16	-1.799975	0.0729***
<i>FDI-out</i>	-3.19	1.928449	0.0548***
<i>GDP</i>	5.23	2.181925	0.0299**
<i>High-Tech</i>	1.07	1.583459	0.1144
<i>RNWC</i>	-0.19	-9.466636	0.0000*
<i>TRD</i>	-5.52	-0.187465	0.8514
<i>R-squared</i>		0.942110	
<i>Adjusted R-squared</i>		0.938483	
<i>F-statistic</i>		164.7255	
<i>Prob(F-statistic)</i>		0.000000	

Not: *, **, *** sırasıyla %1, %5, %10 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 4' te yer alan FMOLS testi sonuçlarına göre bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanma gücü yaklaşık %94'tür. Ampirik sonuçlara istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte göre gayri safi yurt içi hasıladaki %1'lik artış karbon emisyonlarını %5.23 pozitif etkilemektedir. Yüksek teknoloji ihracatı karbon emisyonlarını %1.07 pozitif etkilerken, ticari açıklık %-5.52 negatif etkilemektedir. Ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden giden doğrudan yabancı yatırımlar karbon emisyonlarını negatif etkilemektedir. AB ülkelerine gelen doğrudan yabancı yatırımların çevresel kirlilik üzerinde negatif etkisi olduğu bulgusu çevresel kirlilik ve iklim değişikliği ile mücadelede Kyoto Protokolüyle katı politika önlemleri uygulayan AB ülkelerinin bu politika önlemlerini gevşetmemesi gerektiğine işaret etmektedir. Öte yandan yenilenebilir enerji kaynakları tüketimindeki %1'lik artışın karbon emisyonlarını yaklaşık %-0.19 azaltmaktadır. Bu sonuç fosil yakıtı dayalı enerji tüketiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi teşvik edici niteliktedir.

4.Sonuç

Bu çalışmada net sıfır karbon hedefleyen ve sürdürülebilir politika önlemlerini uygulama kararı alan AB ülkelerinde teknolojik inovasyon ile birlikte yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kirlilik üzerindeki etkisi doğrudan yabancı yatırımların giriş ve çıkışları açısından tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda CO_2 emisyonu modelde bağımlı değişken olarak yer almıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurt içi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, yüksek teknoloji ihracatı, ticari açıklık, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden çıkan doğrudan yabancı yatırımlar açıklayıcı değişken olarak modelde yer almaktadır. Bu çalışmada net sıfır karbon hedefleyen ve sürdürülebilir politika önlemleri uygulama kararı alan 27 Avrupa Birliği üye ülkesinden oluşan 2005-2022 dönemi verileri kullanılarak panel veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmanın 2005-2022 dönemini kapsamının nedeni, modelde yer alan değişkenlerle en geniş ortak paydanın bu dönem aralığında sağlanması ve AB ülkelerinde yeşil dönüşüm ve teknolojik inovasyonun

benimsendiği 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolünün 2005'te yürürlüğe girmesi nedeniyle bu dönem aralığı seçilmiştir. Bu nedenle Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesi ile günümüze kadar geçen sürede yeşil sanayi uygulanan politikalarının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

FMOLS testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte göre gayri safi yurt içi hasılanın ve yüksek teknoloji ihracatı karbon emisyonlarını pozitif etkilemektedir. Ticari açıklık, ülkeye gelen doğrudan yabancı yatırımlar ve ülkeden giden doğrudan yabancı yatırımlar karbon emisyonlarını negatif etkilemektedir. AB ülkelerine gelen doğrudan yabancı yatırımların çevresel kirlilik üzerinde negatif etkisi olduğu bu sonuç, çevresel kirlilik ve iklim değişikliği ile mücadelede Kyoto Protokolüyle birlikte alınan ve 2005'te yürürlüğe giren katı politika önlemlerinin karbon emisyonlarını azaltmada olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar AB ülkelerinin bu politika önlemlerini gevşetmemesi gerektiğine işaret etmektedir. Öte yandan yenilenebilir enerji kaynakları tüketimindeki artışın karbon emisyonlarını negative etkilediği bulgusu, fosil yakıtı dayalı enerji tüketiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi teşvik edici niteliktedir.

Kaynakça

- [1] Dinda, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 2004; 49(4), 431-455.
- [2] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement (Working Paper 3914). National Bureau of Economic Research, 1991.
- [3] Kavaz, İ., & Kaya, B. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme Ve Co2 Emisyonu Arasındaki İlişkinin Analizi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *İşletme Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2023 6(2), 219-243.
- [4] Ergün, S., & Atay Polat, M. OECD Ülkelerinde CO2 Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2015 (45), 115-141.
- [5] Yılmaz, M., & Dilber, İ. Elektrik Tüketimi, Ekonomik Büyüme Ve Dış Ticaret Açıklığının Co2 Emisyonu Üzerine Etkisi: ARDL Sınır Testi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2020, 22(2), 459-475.
- [6] Tekbaş, M., & Yıldırım, M. Gelişmekte Olan Ülkelerde İnovasyon ve Ekonomik Büyümenin CO2 Emisyonu Üzerine Etkisi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 2023, 8(2), 507-516.
- [7] Suluk, S. Doğrudan Yabancı Yatırımlar, CO2 Emisyonu ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Türkiye'ye İlişkin Ampirik Kanıtlar. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 2023, 8(2), 303-332.
- [8] Dickey, D., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators of autoregressive time series with a unit root. *Journal of The American Statistical Association* (74), 427-431.
- [9] Dickey, D., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*(49), 1057-1072.

Ömrünü Tamamlamış Membranların Sürdürülebilir Geri Kazanım Alternatifleri

*^{1,2} Mehmet Emin Paşaoğlu

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sarıyer-İstanbul/Türkiye

² Ulusal Membran Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (MEM-TEK), İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü, 34469 Sarıyer, İstanbul/Türkiye

Key words: ömrünü tamamlamış membran, atık yeniden kullanım, teknik tekstil kumaş

Özet

Son on yılda, ters osmoz (TO) desalinasyon tesislerinin sayısında ve küresel pazarda önemli bir artış gözlenmiştir. TO membranları, özellikle enerji verimliliği ve tatlı su temini konularında kritik rol oynasa da ömrünü tamamlamış membranların bertarafı çevresel sorunlara neden olmaktadır. Yılda 1.500.000'den fazla TO membranının kullanım ömrü sona ermekte ve atık olarak ortaya çıkmaktadır. Membranların depo sahalarında yavaş bozunması ve yakma işlemi sırasında toksik yan ürünlerin oluşması çevreye zarar vermektedir. Araştırmalar, eski membranların nanofiltrasyon (NF), ultrafiltrasyon (UF) ve diğer düşük seviyeli filtrasyon uygulamalarında yeniden kullanılabilirliğini göstermektedir. Membran geri dönüşümü için sodyum hipoklorit (NaClO), potasyum permanganat (KMnO₄) gibi kimyasal işlemler sıklıkla kullanılmaktadır. Poliamid (PA) tabakasının sıyrılmasıyla elde edilen mikro gözenekli yapılar, su geçirmez ve nefes alabilir tekstillerde potansiyel kullanım alanları sunmaktadır. Teknik tekstiller, ağır şartlara dayanıklılıkları ve yüksek performansları ile öne çıkmaktadır. Ömrünü tamamlamış TO membranlarının bu alanda lamine olarak kullanılması, çevresel fayda ve ekonomik değer yaratabilir. Çeşitli uygulamalarda, membranların bahçe geotekstili, UF/MF filtreleri veya atık su ön arıtma gibi alanlarda değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Teknik tekstil malzemesi olarak kullanımı ise henüz geliştirilmemiş bir fırsat alanıdır. Böyle bir yaklaşım, atık miktarını azaltırken, yüksek katma değerli ürünler geliştirilmesine olanak tanır. TO membranlarının destek tabakaları, sürdürülebilir bir geri dönüşüm için yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu alandaki ilerlemeler, çevresel etkilerin azaltılmasına ve daha geniş kullanım alanlarının oluşturulmasına katkıda bulunabilir.

Abstract

In the past decade, there has been a significant increase in the number of reverse osmosis (RO) desalination plants and the global market for RO technology. While RO membranes play a critical role, especially in energy efficiency and freshwater supply, the disposal of end-of-life membranes poses environmental challenges. Over 1,500,000 RO membranes reach the end of their service life annually, generating considerable waste. The slow degradation of membranes in landfills and the production of toxic by-products during incineration harm the environment. Research indicates that used membranes can be repurposed for nanofiltration (NF), ultrafiltration (UF), and other low-level filtration applications. Chemical processes, such as those utilizing sodium hypochlorite (NaClO) or potassium permanganate (KMnO₄), are frequently employed in membrane recycling. The removal of the polyamide (PA) layer reveals microporous structures with potential applications in waterproof and breathable textiles. Technical textiles stand out for their durability and high performance under extreme conditions. Repurposing end-of-life RO membranes as laminated materials in this field could provide environmental benefits and economic value. Membranes have also been suggested for applications such as garden geotextiles, UF/MF filters, or pre-treatment in wastewater

management. Their use as technical textile materials, however, remains an unexplored opportunity. Such an approach could reduce waste while enabling the development of high-value products. The support layers of RO membranes offer innovative solutions for sustainable recycling. Progress in this area could mitigate environmental impacts and expand the range of applications for recycled materials.

1. Giriş

Son on yılda, dünyadaki ters osmoz (TO) desalinasyon tesislerinin sayısında önemli bir artış olmuştur. 2019 itibariyle, dünya çapında faaliyette olan ve insani tüketim için 95 milyon m³/gün tuzdan arındırılmış su üreten yaklaşık 15.900 desalinasyon tesisi bulunmaktadır [1]. Bir analist raporuna göre, TO tuzdan arındırma sürecinin önemli bileşenleri için küresel pazarın 2020'de 11,7 milyar dolar olarak kaydedildiği ve yıllık %10,3'lük bir bileşik büyüme oranıyla 2025 yılında 19,1 milyar dolara ulaşacağını tahmin edildiğini göstermektedir [2]. Gelişmiş enerji ve performans verimliliğinin yanı sıra, TO membran teknolojisine dayalı desalinasyon işlemi, artan nüfus ve hızlı sanayileşme nedeniyle küresel tatlı su kıtlığını gidermek için giderek daha da önemli hale geliyor [3]. Bununla birlikte, TO desalinasyon tesisleriyle ilgili en büyük sorunlardan biri, kullanım ömrü sona ermiş (EoL) TO membran modüllerinin depolanma problemidir. Tipik olarak, TO membran modülleri, üretilen suyun kalitesini ve üretkenliğini korumak için her 2-3 yılda bir değiştirilir [4].

Desalinasyon tesislerinde kullanılan ince film kompozit (TFC) TO membranlarının ömrü genellikle besleme suyu kalitesi, çalışma koşulları ve kimyasal temizleme protokolü gibi çeşitli faktörlerden etkilenir [5,6]. İnce Film Kompozit (İFK) TO membranlarının işletme sırasında mükemmel tuz tutunumu sergileyebileceği yadsınamaz, ancak membran üreticisinin talimatlarına göre uygun kimyasal temizlik yapılsa bile, yüzey kirlenmesi hala kaçınılmazdır ve bu da nihayetinde membran modülünün değiştirilmesini gerektirmektedir [7]. TO membranları yüzeyi kirlenmesine koloidal kirlenme, organik kirlenme (örn, doğal organik maddelerin birikmesi), inorganik kirlenme (örn, ölçekleme çökeltisi ve kristalizasyon) ve biyolojik kirlilik (örn. bakteri ve mantar birikimi) neden olmaktadır [8,9]. Membran modülü değiştirme maliyetinin işletme maliyetlerinin %15-25'i arasında olduğu tahmin edilmektedir [10].

Membranların yaşlanması ve kullanım ömürlerinin tamamlanması, membran uygulamalarının çeşitli aşamalarında gerçekleşebilmektedir [11,12]. Membran yaşlanması sıcaklık, oksijen, geri dönüşümsüz kirlenici birikimi, kimyasal temizlik, fiziksel yıkama vb. gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak gerçekleşmektedir [13].

1.500.000'den fazla TO membran bileşeninin, membran yaşlanması nedeniyle dünya çapında her yıl deşarj edilen kullanım ömrüne ulaştığı tahmin edilmektedir [14]. Normal olarak, atılan RO membranları, her ülkenin atık yönetimi yasalarına göre işlenmektedir [15]. Bununla birlikte, eski RO membranlarının yakma ve depolama yoluyla bertarafı hala çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir [16,17]. Örneğin, yaygın olarak kullanılan 8 inçlik İFK TO membran elemanının çöplüklerde bozunması yüzlerce yıl gerektirmektedir [18,19]. Yakma ile ilgili olarak, yetersiz atık yönetimi ve kontrolü, sera gazları ve diğer zararlı ürünler üretebilmektedir [20].

Ömrünü tamamlamış TO membran modüllerinin plastik bileşenlerinin, yakma işlemi sırasında insan sağlığını tehdit eden toksinler ve kanserojen yan ürünler üretmesi muhtemeldir [21]. Normal olarak, kimyasal oksidan arıtma, düşük ekipman gereksinimleri ve basit operasyonla birlikte ajan konsantrasyonunu zamana karşı ayarlayarak membran yaşlanmasını (ageing)

eşdeğer şekilde simüle etmek için kullanılır [12,23]. Şu anda, RO membran yaşlanması üzerine hâkim araştırmalar, sodyum hipoklorit (NaClO) [23-25], potasyum permanganat (KMnO₄) [25,26], hidrojen peroksit (H₂O₂) [25] gibi güçlü oksidanlarla yürütülmektedir. Membranın destek katmanını veya dokumasız kumaş substratı tutması için PA katmanının bozulması sağlanmaktadır. Bazı bilim adamları, eski TO membranlarının TO seviyesi gereksinimleri için uygun olmadığını ve nanofiltrasyon (NF) veya ultrafiltrasyon (UF) membranları olarak veya tuzdan arındırma ön arıtması gibi daha düşük seviyeli arıtma uygulamaları için kullanılabileceğini ortaya koymuştur. [27,28,29].

TO ve NF membranlarındaki Poliamid (PA) bağları PA, benzenleri birbirine bağlayan amidlere dayalı bir yapıya sahiptir. Bu tip membranın hassas noktaları, nitrojen fonksiyonel grupları ve aromatik halkalardır [31]. Klorun moleküler yapıya dahil edilmesi, PA'nın üçüncül yapısını etkileyen hidrojen bağlarının kırılmasına yol açar [23]. Çalışma koşullarına ve özellikle yaşlanmanın pH'ına bağlı olarak su geçirgenliği ve tuz tutunumu etkilenir [23,32,33,34,35,36].

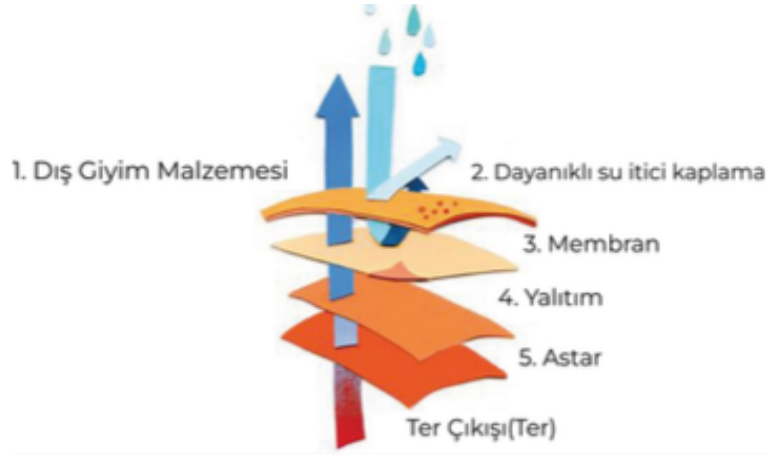
Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, TO membranlarının geri dönüşümünde, en çok kullanılanlardan biri olan sodyum hipokloritin oksidasyonu olan bazı kimyasal işlemlerle ünitenin şartlandırılmasını gerektirir [37,38,39]. Ayrıca, ömrünü tamamlamış TO membranları, bileşenlerinin bir kısmı iyon değişim membranları gibi diğer işlemlerde kullanılarak dolaylı bir şekilde gerçekleştirilebilir [21]. Membranların geri dönüştürülmesinin diğer uygulamaları, klorlama ön işleminden sonra da membran biyoreaktörü (MBR'ler) olarak kullanılmıştır [40]. TO membranının yeniden kullanımı için çeşitli seçenekler değerlendirildiğinde, malzeme bileşenlerinin geri dönüştürülmesini ve atılan membranların atık etkisinin azaltılmasını içerdiği görülmektedir [25]. Halen araştırılmakta olan bir metodoloji, RO membranlarının ikincil uygulamalar için yeniden tasarlanmasını da dikkate almaktadır [24].

Ömrünü tamamlamış TO membranlarının filtrasyonu uygulamaları bakımından kullanılması muhtemel bir başka alan da PA tabakası sıyırılmasıyla ortaya çıkan mikroporoz yapının nefes alan-su geçirmez teknik tekstillerde kullanılabilir olabilemesidir. 'Nefes alabilir' terimi, kumaşın aktif olarak havalandırıldığını ima eder, ancak gerçekte durum böyle değildir.

Nefes alabilen kumaşlar pasif olarak nem buharının difüzyon yoluyla iletilmesine izin verir ve bu nedenle buharlaşmalı soğutmayı kolaylaştırır. Bu nefes alabilirlik tanımı genellikle rüzgâr penetrasyonu veya bir kumaşın sıvı suyu ciltten uzaklaştırma yeteneği ile karıştırılır; bu işlemlerin her ikisi de nefes alabilirlik olarak adlandırılır, ancak tamamen farklı kumaş özelliklerine bağlıdır [41,42].

Bu tartışma bağlamında nefes alabilirlik, yüksek bir su geçirmezlik standardı ve yüksek kaliteli ürünler için yaklaşık 500 cm su (50 kPa) ve daha düşük dereceli ürünler için 130 cm su (13 kPa) olan bir başlangıç hidrostatik yüksekliği olmadan anlamsızdır. Su geçirmez kumaşlar, yalnızca suyun nüfuzunu geciktiren su itici (veya duşa dayanıklı) kumaşların aksine, sıvı suyun nüfuz etmesini ve emilmesini tamamen engeller. Normalde su geçirmez kumaşların giyilmesi daha rahattır ancak suya dayanıklılık özellikleri kısa ömürlüdür.

Geleneksel olarak kumaşlar, hayvansal yağ, mum, sertleştirilmiş bitkisel yağlar ve benzeri gibi geçirimsiz esnek bir malzemeden oluşan sürekli bir katmanla kaplanarak su geçirmez hale getirilirdi; ancak bu, nispeten yüksek sertlikleri ve ter ve ter buharını geçirmeyen geçirgenlikleri nedeniyle kullanılmaları rahatsız edebilmektedir.



Şekil 1. Tipik bir su geçirmez nefes alabilen kumaş yapısı

Ancak teknolojik gelişmelerle birlikte, su geçirmez nefes alabilen kumaşlar, kullanıcıya birçok olumsuz durumda daha fazla konfor sağlayabilir. Su geçirmez nefes alabilen kumaşlar, sıvı suyun giysinin dışından içine girmesini engellerken, giysinin içinden gelen su buharının dışarıdaki atmosfere geçmesine izin verir (Şekil 1).

Su geçirmezlik ve nem geçirgenliği birbiriyle çelişen iki işlev olduğundan, bu özelliklerin her ikisine de sahip olması, sözde su geçirmez performans kumaşlarının üreticileri için büyük bir zorluk olduğunu kanıtlamıştır. Tablo 1'de su geçirmez nefes alabilen kumaşların çeşitli uygulamalarını gösterilmektedir. Birçok uygulamada nefes alabilirlik kavramı daha geniş anlamda kullanılmaktadır. Herhangi bir nefes alabilir kumaşın performans gereksinimleri, uygulamanın doğasına bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Örneğin, sıcaklığın -5°C ile -50°C arasında değiştiği bir soğuk hava deposu binasında, bir kumaşın nefes alma özelliği ile birlikte yüksek ısı direnci gerekir. Buna karşılık, bir yangın söndürme operasyonunda, vücut çok terlediğinden, kumaşlar vücudu dış ısıdan korurken yüksek düzeyde su buharı iletmelidir. Genellikle "kötü hava koşullarına dayanıklı giysiler" olarak adlandırılan bazı askeri, açık deniz çalışanları ve sivil acil durum su geçirmez koruyucu giysiler, en yüksek performans standartlarında üretilir. Rüzgâr, yağmur ve soğuğa ek olarak, kullanıcının keskin nesnelere, güneş ışınlarından ve ısı stresinden delinmeye karşı korunmaya ihtiyacı vardır [43].

Tablo 1. Su geçirmez nefes alabilen kumaşların uygulamaları

Gündelik Çalışma Kıyafetleri:	Kötü Hava Kıyafetleri:
Ağır hizmet tipi, kötü hava koşullarına uygun giysiler: Anoraklar, yağmurluk, çantalar, aşırı pantolonlar, şapkalar, eldivenler, tozluklar.	Hayatta kalma giysileri, özel askeri koruyucu giysiler, temiz oda giysileri, cerrahi giysiler, hastane örtüleri, şilte ve koltuk örtüleri, özel brandalar, paketleme, yara örtüleri, filtrasyon.

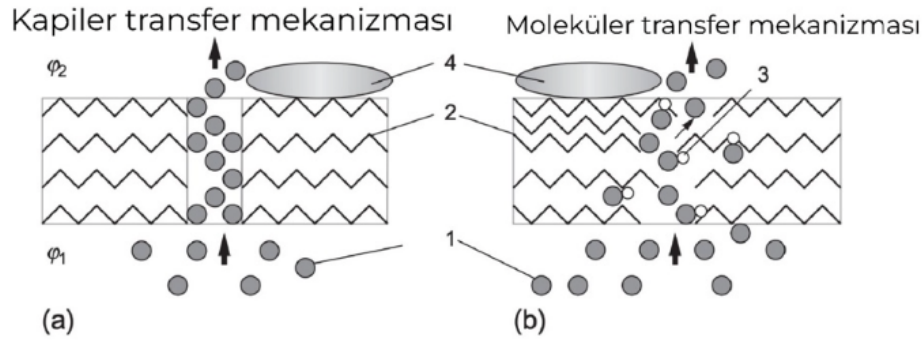
Tablo 1 (devam). Su geçirmez nefes alabilen kumaşların uygulamaları

Modaya uygun hava koruması:	Taşımacılık:
Yağmurluk, kayak kıyafeti, golf kıyafetleri, yürüyüş botu, astarlar, paneller ve ekler, spor ayakkabılar, astarlar, paneller ve ekler.	Alerjik olmayan yatak takımları, araba örtüleri, gemilerde yangın duman perdeleri, uçaklarda kargo sargıları.

Farklı tipte nefes alabilen bileşenler, çok katmanlı yapıda kullanılan temel bileşene göre aşağıdaki gruplara ayrılabilir. Bir membranı ve/veya kaplamayı desteklemek için uygun bir alt tabaka esastır, oysa yakın dokuma yapı gibi bazı durumlarda tek bir kumaş izolasyonda kullanılabilir [43-48]. Bunlara örnekler:

- Sıkı dokunmuş kumaşlar
- Mikro gözenekli membranlar ve kaplamalar
- Hidrofilik membranlar ve kaplamalar
- Mikro gözenekli ve hidrofilik membranlar ve kaplamaların kombinasyonu
- Retroreflektif mikro boncukların kullanımı
- Akıllı nefes alabilen kumaşlar

Mikro gözenekli filmler ve kaplamalar, yukarıda tartışılanlara benzer ilkeler üzerinde çalışır: nem buharı molekülleri itilirken, su damlacıkları filmin ve kaplamaların mikro gözeneklerine nüfuz edemez. Mikro gözenekler çok daha küçüktür (0,02–1 μ m), en küçük su damlacıklarından (100 μ m) daha fazladır. Terlemeden kaynaklanan su buharı molekülleri genellikle 40×10^{-6} μ m'den küçüktür ve mikro gözeneklerden kolayca nüfuz edebilir ve bir kapiler mekanizma kullanarak dağılabilir. Şekil 2'de mikro ve hidrofilik gözenekliliğe sahip membranlardaki kapiler ve moleküler transfer mekanizması gösterilmektedir.



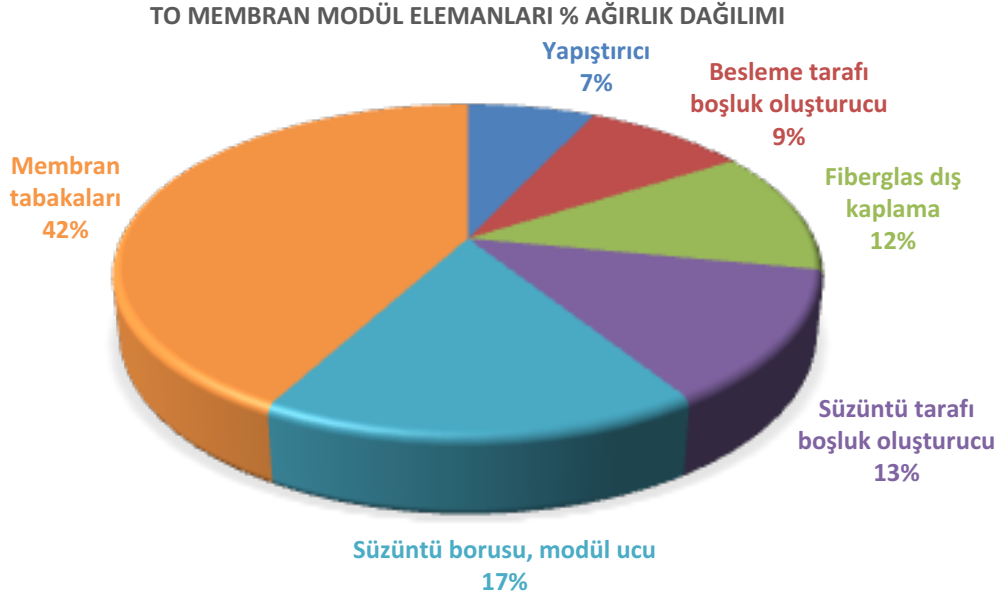
Şekil 2. Mikro gözenekli (a) ve hidrofilik (b) membrandan su buharı transferi: 1, su buharı molekülleri; 2, polimer moleküler zincirler; 3, aktif hidrofilik gruplar; 4, su damlası (ϕ_1 ve ϕ_2 – bağl nem $\phi_1 < \phi_2$) [49].

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın bu kısmında ömrünü tamamlamış membranların farklı geri kazanım alternatifleri ve uygulanabilirlikleri üzerine metotlar uygulanmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

İnce Film kompozit TO membranları, acı su (Brackish Water) ve deniz suyu (Sea Water) tuzdan arındırma uygulamaları ile evsel ve endüstriyel su geri dönüşümünde temel membran olarak kullanılan aromatik poliamid (PA) kullanır. Tipik olarak TO membranları yoğun bir PA aktif tabakasından, mikro gözenekli bir polisülfon (PSF) destek tabakasından ve daha kalın bir dokunmamış polyester tabakasından oluşur [54],[55]. Bir TO membran modülü besleme tarafı boşluk oluşturucu (feed spacer), fiberglas dış kaplama, süzöntü tarafı boşluk oluşturucu (permate spacer), süzöntü borusu ve modül bağlantı ucu, yapıştırıcı elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 3'te TO modül elemanlarının % bakımından ağırlıkları belirtilmiştir.



Şekil 3. TO membran modülü parçalarının % ağırlık dağılımları [55].

Ticari olarak yaygın olarak kullanılan farklı membran modüllerinin farklı metotlar ile poliamid tabakalarının sıyırılması sonucu yapılan uygulamalar Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Ömrünü tamamlamış TO membranlarının yeniden kullanım örnekleri

Membran Tipi	Uygulamalar	Metotlar	Referans
Polyamidler-polisülfonlar	Bahçe geotekstili	-	
Kullanılmış Ters Osmoz	UF ve MF olarak yeniden kullanımı	Poliamid (PA) tabakanın $KMnO_4$ ile uzaklaştırılması	
Polyamidler-polisülfonlar	Atıksu arıtımı ve TO ön arıtma membranı	Poliamid (PA) tabakanın $KMnO_4$ ile uzaklaştırılması	[56]
Atık TM720-400	UF ve MF olarak yeniden kullanımı	Poliamid (PA) tabakanın $NaOCl$ ile uzaklaştırılması	
Atık FILMTEC BW30-2540	Nanofiltre olarak direkt kullanımı ve membran bileşenlerinin ayrılması	$NaOH$, $NaOCl$, ve $KMnO_4$	

Tablo 2 (devam). Ömrünü tamamlamış TO membranlarının yeniden kullanım örnekleri

İnce Film Kompozit LFC-1 membranı	TO olarak kullanımı	$NaOH$, Na_2-EDTA , SDS ve $NaCl$	
TM720-400 (Toray)	Acı su tuzdan arındırma elektrodializi için geri dönüştürülmüş anyon değişim membranı	PA'nın $NaOCl$ ile uzaklaştırılması ve anyon değişim reçinesi ile kaplanması	[56]

4. Değerlendirme

Yapılan çalışma sonucunda ömrünü tamamlamış TO membranlarının poliamid (PA) aktif tabakalarının farklı metotlar kullanılarak ($KMnO_4$ ile uzaklaştırma, $NaOCl$ ile uzaklaştırma, $NaOH$ ile uzaklaştırma, Na_2-EDTA , SDS ve $NaCl$ ile uzaklaştırma) sıyırılması ve nihayetinde elde edilen iyi kalitedeki UF/MF seviyesindeki destek (support) tabakasının farklı amaçlarla (Örn: bahçe geotekstili, UF ve MF olarak yeniden kullanımı, atıksu ön arıtımında ve TO ön

arıtımında kullanımı, nanofiltre olarak direkt kullanımı ve membran bileşenlerinin ayrılması, TO membranı olarak kullanılması, acı sudan arındırma elektrodializi için anyon değişimi membranı olarak kullanımı amaçlarıyla değerlendirilebilmektedir. Tüm bu uygulamaların haricinde ömrünü tamamlamış TO membranı destek tabakalarının teknik tekstil kumaşı olarak kullanımı henüz uygulaması olmayan bir uygulama sahası olarak üzerine araştırma yapılmayı beklemektedir. Özellikle ağır şartlara dayanıklı olan teknik tekstiller, yüksek performans gösterebilmeleri ile birçok sektörde kullanılan ve katma değer yaratan ürünlerdir. Ömrünü tamamlamış TO membranlarının teknik tekstil malzemeleri arasında lamine halde kullanımı ile daha önce uygulama alanı olmayan bir kullanım alanı oluşturulacak olup, dünya çapında yeniden kullanımı daha da yaygın hale gelecektir.

References

- [1] E. Jones, M. Qadir, M.T.H. van Vliet, V. Smakhtin, S. mu Kang, The state of desalination and brine production: a global outlook, *Sci. Total Environ.* 657 (2019) 1343–1356.
- [2] S. Ramamurthy, Major Reverse Osmosis System Components for Water Treatment: The Global Market, 2020. <https://www.bccresearch.com/market-research/membrane-and-separation-technology/reverse-osmosis-components-water-treatment-report.html>. (Accessed 1 December 2024).
- [3] Y.S. Khoo, W.J. Lau, Y.Y. Liang, N. Yusof, A. Fauzi Ismail, Surface modification of PA layer of TFC membranes: does it effective for performance Improvement? *J. Ind. Eng. Chem.* 102 (2021) 271–292, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.07.006>.
- [4] B. Linton, How to maintain a reverse osmosis system, *Water Technol.* (2014). <http://blog.watertech.com/how-to-maintain-a-reverse-osmosis-system/>. accessed June 9, 2021.
- [5] A.M. Gilau, M.J. Small, Designing cost-effective seawater reverse osmosis system under optimal energy options, *Renew. Energy* 33 (2008) 617–630.
- [6] M. Pontie, S. Rapenne, A. Thekkedath, J. Duchesne, V. Jacquemet, J. Leparç, H. Suty, Tools for membrane autopsies and antifouling strategies in seawater feeds: a review, *Desalination* 181 (2005) 75–90.
- [7] Y.S. Khoo, W.J. Lau, Y.Y. Liang, M. Karaman, M. Gürsoy, A.F. Ismail, A green approach to modify surface properties of polyamide thin film composite membrane for improved antifouling resistance, *Sep. Purif. Technol.* 250 (2020), 116976.
- [8] M. Asadollahi, D. Bastani, S.A. Musavi, Enhancement of surface properties and performance of reverse osmosis membranes after surface modification: a review, *Desalination* 420 (2017) 330-383.
- [9] M. Asadollahi, D. Bastani, S.A. Musavi, Enhancement of surface properties and performance of reverse osmosis membranes after surface modification: a review, *Desalination* 420 (2017) 330- 383.
- [10] Judd, S.J., 2017. Membrane technology costs and me. *Water Res.* 122, 1–9.
- [11] S. Robinson, P. Berube, Membrane ageing in full-scale water treatment plants, *Water Res.* 169 (2020), 115212.
- [12] A. Antony, A. Branch, G.L. Leslie, P. Le-Clech, Impact of membrane ageing on reverse osmosis performance – implications on validation protocol, *J. Membr. Sci.* 520 (2016) 37–44.
- [13] S. Robinson, S.Z. Abdullah, P. Berube, P. Le-Clech, Ageing of membranes for water treatment: linking changes to performance, *J. Membr. Sci.* 503 (2016) 177–187.
- [14] X. Zheng, J. Wen, L. Shi, R. Cheng, Z. Zhang, A top-down approach to estimate global RO desalination water production considering uncertainty, *Desalination* 488 (2020), 114523.
- [15] W. Lawler, Z. Bradford-Hartke, M.J. Cran, M. Duke, G. Leslie, B.P. Ladewig, P. Le-Clech, Towards new opportunities for reuse, recycling and disposal of used reverse osmosis membranes, *Desalination* 299 (2012) 103–112.

- [16] J. Sená n-Salinas, A. Blanco, R. García-Pacheco, J. Landaburu-Aguirre, E. García-Calvo, Prospective life cycle assessment and economic analysis of direct recycling of end-of-life reverse osmosis membranes based on geographic information systems, *J. Clean. Prod.* 282 (2021), 124400.
- [17] E. Coutinho de Paula, M.C. Santos Amaral, Environmental and economic evaluation of end-of-life reverse osmosis membranes recycling by means of chemical conversion, *J. Clean. Prod.* 194 (2018) 85–93.
- [18] W. Lawler, J. Alvarez-Gaitan, G. Leslie, P. Le-Clech, Comparative life cycle assessment of end-of-life options for reverse osmosis membranes, *Desalination* 357 (2015) 45–54.
- [19] M. Anshassi, H. Sackles, T.G. Townsend, A review of LCA assumptions impacting whether landfilling or incineration results in less greenhouse gas emissions, *Resour. Conserv. Recycl.* 174 (2021), 105810.
- [20] S.L. Wright, F.J. Kelly, Plastic and human health: a micro issue? *Environ. Sci. Technol.* 51 (2017) 6634–6647.
- [21] A. Lejarazu-Larrañaga, S. Molina, J.M. Ortiz, R. Navarro, E. García-Calvo, Circular economy in membrane technology: using end-of-life reverse osmosis modules for preparation of recycled anion exchange membranes and validation in electro dialysis, *J. Membr. Sci.* 593 (2020), 117423.
- [22] A. Antony, A. Branch, G.L. Leslie, P. Le-Clech, Impact of membrane ageing on reverse osmosis performance – implications on validation protocol, *J. Membr. Sci.* 520 (2016) 37–44.
- [23] A. Antony, R. Fudianto, S. Cox, G. Leslie, Assessing the oxidative degradation of polyamide reverse osmosis membrane—accelerated ageing with hypochlorite exposure, *J. Membr. Sci.* 347 (2010) 159–164.
- [24] R. García-Pacheco, J. Landaburu-Aguirre, A. Lejarazu-Larranaga, L. Rodríguez-Saez, S. Molina, T. Ransome, E. García-Calvo, Free chlorine exposure dose (ppm·h) and its impact on RO membranes ageing and recycling potential, *Desalination* 457 (2019) 133–143.
- [25] E. Coutinho de Paula, J.C.L.Gomes, M.C.S.Amaral, Recycling of end-of-life reverse osmosis membranes by oxidative treatment: a technical evaluation, *Water Sci. Technol.* 76 (2017) 605–622.
- [26] Y.S. Khoo, W.J. Lau, S.W. Hasan, W.N.W. Salleh, A.F. Ismail, New approach of recycling end-of-life reverse osmosis membranes via sonication for microfiltration process, *J. Environ. Chem. Eng.* 9 (2021), 106731.
- [27] S. Torii, T. Hashimoto, A.T. Do, H. Furumai, H. Katayama, Repeated pressurization as a potential cause of deterioration in virus removal by aged reverse osmosis membrane used in households, *Sci. Total Environ.* 695 (2019), 133814.
- [28] B.M. Souza-Chaves, M.A. Alhussaini, V. Felix, L.K. Presson, W.Q. Betancourt, K. L. Hickenbottom, A. Achilli, Extending the life of water reuse reverse osmosis membranes using chlorination, *J. Membr. Sci.* 642 (2022), 119897.
- [29] X. Zheng, Y. Chen, L. Zheng, R. Cheng, H. Hua. Recycling of aged RO membranes as NF/UF membranes: Biosafety evaluation and aging process, *Desalination* 538 (2022), 115845.
- [31] Glater, J., Hong, S-k, Elimelech, M. The search for a chlorine-resistant reverse osmosis membrane. *Desalination* 95 (1994), 325-345.
- [32] Kwon, Y.N., Leckie, J.O. Hypochlorite degradation of crosslinked polyamide membranes: I. Changes in chemical/morphological properties. *J. Membr. Sci.* 283 (2006), 21-26.
- [33] Dow, 2010. In: Manual, T. (Ed.), FILMTEC reverse osmosis membranes.
- [34] Do, V.T., Tang, C.Y., Reinhard, M., Leckie, J.O. Degradation of polyamide nanofiltration and reverse osmosis membranes by hypochlorite. *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012), 852-859.

- [35] Do, V.T., Tang, C.Y., Reinhard, M., Leckie, J.O. Effects of hypochlorous acid exposure on the rejection of salt, polyethylene glycols, boron and arsenic (V) by nanofiltration and reverse osmosis membranes. *Water Res.* 46 (16) (2012), 5217-5223.
- [36] Donose, B.C., Sukumar, S., Pidou, M., Poussade, Y., Keller, J., Gernjak, W. Effect of pH on the ageing of reverse osmosis membranes upon exposure to hypo- chlorite. *Desalination* 309 (2013), 97-105.
- [37] De Paula, E.C., Amaral, M.C.S., 2018. Environmental and economic evaluation of end-of-life reverse osmosis membranes recycling by means of chemical conversion. *J. Clean. Prod.* 194, 85–93.
- [38] Govardhan, B., Fatima, S., Madhumala, M., Sridhar, S., 2020. Modification of used commercial reverse osmosis membranes to nanofiltration modules for the production of mineral-rich packaged drinking water. *Appl. Water Sci.* 10 (11), 1–17.
- [39] Moradi, M.R., Pihlajamäki, A., Hesampour, M., Ahlgren, J., Mänttari, M., 2019. End-of-life RO membranes recycling: reuse as NF membranes by polyelectrolyte layer-by-layer deposition. *J. Membr. Sci.* 584, 300–308.
- [40] Morón-López, J., Nieto-Reyes, L., Aguado, S., El-Shehawy, R., Molina, S., 2019. Recycling of end-of- life reverse osmosis membranes for membrane biofilms reactors (MBfRs). Effect of chlorination on the membrane surface and gas permeability. *Chemosphere* 231, 103–112.
- [41] Tanner J.C. Breathability, comfort and Gore-Tex laminates. *J Coated Fabrics* 1979; 8:312.
- [42] Painter C.J. Waterproof, breathable fabric laminates: a perspective from film to market place. *J Coated Fabrics* 1996;26(2):107–30.
- [43] Holmes D.A., Horrocks AR, Anand SC. Waterproof breathable fabrics and textiles for survival. In: *Handbook of technical textiles*. Cambridge, England: The Textile Institute, Woodhead Publishing Ltd; 2000. p. 282–315. 461–489.
- [44] Sen AK. Coated textiles: principles and applications. Lancaster, Basel: Technomic Publishing Co. Inc.; 2001. p. 133–54.
- [45] Gretton J.C., Brook DB, Dyson HM, Harlock SC. Moisture vapour transport through waterproof breathable fabric and clothing systems under a temperature gradient. *Text Res J* 1998;68(12):936–41.
- [46] Yadav A.K., Kasturiya N, Mathur GN. Breathability in polymeric coatings. *Man-Made Text Ind* 2002;45(2):56–60.
- [47] Save NS, Jassal M, Agrawal AK. Polyacrylamide based breathable coating for cotton fabric. *J Ind Text* 2002;32(2):119–38.
- [48] White PA, Sleeman MJ, Smith PR. (Fixed Constructions, Mining), 2004. Retroflective Fabrics and Method of Production. EP 1402107.
- [49] Gulbinienė A, Jankauskaitė V, Sacevičienė V, Mickus KV. Investigation of water vapour resorption/desorption of textile laminates. *Mat Sci* 2007;13(3):255–61.
- [50] Whelan M.E., Mactattie LE, Goodings AC, Turl LH. The diffusion of water vapour through laminae with particular reference to textile fabrics. *Text Res J* 1955;25(3):197–223.
- [51] Shekar R.I., Yadav AK, Kumar K, Tripathi VS. Breathable apparel fabrics for defence applications. *Man-Made Text Ind* 2003;46(12):9–16.
- [52] Mayer W., Mohr U, Schrierer M. High-tech textiles: contribution made by finishing, in an example of functional sports and leisurewear. *Int Text Bull* 1989;35(2):16–32.
- [53] A. Mukhopadhyay, V.K. Midha, 2- Waterproof breathable fabrics, Editor(s): A. Richard Horrocks, Subhash C. Anand, *Handbook of Technical Textiles (Second Edition)*, Woodhead Publishing, 2016, Pages 27-55, ISBN 9781782424659.
- [54] K. P. Lee, T. C. Arnot, and D. Mattia, “A review of reverse osmosis membrane materials for desalination — Development to date and future potential,” *J. Memb. Sci.*, vol. 370, no. 1–2, pp. 1–22, 2011.

- [55] W. Lawler, A. Antony, M. Cran, M. Duke, G. Leslie, and P. Le-clench, "Production and characterization of UF membranes by chemical conversion of used RO membranes," *J. Memb. Sci.*, vol. 447, pp. 203–211, 2013.
- [56] R.R.D. Putri, I.N. Widiassa, H. Susanto, «A review: End of Life Reverse Osmosis Membrane Conversion to Reconditioned Membrane», *E3S Web of Conferences* 448 (2023), 01006.

Evaluating the Impacts of Water Pressure on Water Meter Accuracy for Sustainable Water Management in Water Distribution Systems

¹Asli Nur Rizvanoglu, ¹M. Batuhan Okumus, *¹I. Ethem Karadirek
¹Akdeniz University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Türkiye

Key words: apparent losses, water distribution systems, water losses, water meter inaccuracies

Abstract

Apparent losses in water distribution systems (WDSs) occur depending on various factors. The main reason of apparent losses is water meter inaccuracies in well-managed WDSs. This study aims to evaluate the impacts of water pressure on water meter accuracy at varying flow rates for sustainable water management. Within the scope, new multi-jet water meters were tested to identify the impact of water pressure on water meter accuracy. The gravimetric method was employed to determine the measurement errors of water meters. The results revealed that water pressure has a relatively lower impact on measurement errors, while water pressure effected the starting flow rates of water meters.

1. Introduction

Managing water losses in water distribution systems (WDSs) is a critical task for ensuring sustainable water management. According to data from the World Bank, 45 million m³ of water are lost in WDSs annually [1]. Water losses consist of real losses and apparent losses (as shown in Table 1). Real losses refer to physical water losses in WDSs, and pressure management is commonly applied to reduce them [3]. Apparent losses, on the other hand, occur when water is used but not paid for, and the main cause of these losses in well-managed WDSs is the inaccuracy of water meters [1, 4, 5]. Factors such as the type, class, size, and age of water meters, improper installation, water quality, and the consumption profile of end users all contribute to apparent losses [1, 3].

Table 1. The international standard water balance developed by IWA [2]

Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption	Revenue Water
		Billed Unmetered Consumption	
System Input Volume	Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non-revenue Water
		Unbilled Unmetered Consumption	
Water Losses	Apparent Losses	Unauthorized Consumption	
		Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors	
	Real Losses	Leakage on Transmissions and Distribution Mains	
		Leakage on Service Connections up to Metering Point	
		Leakage and Overflows at Storage Tanks	

This study aims to investigate the effects of water pressure on the accuracy of water meters in the context of pressure management, a widely used approach to reduce real losses. To determine the accuracy of water meters, 8 new multi-jet water meters, which are commonly installed for metering domestic water consumption, were tested under varying water pressure levels and flow rates in a laboratory setting using the collection method [6].

2. Materials and Methods

New multi-jet water meters (as shown in Table 2.) were tested under varying pressure levels (0.8, 1.5, 3.0, 4.0, and 6.0 bar) and varying flow rates (12, 25, 40, 120, 450, 900, 1250, 2500, 3125 L/h) to determine the impact of water pressure on water meter accuracy.

Table 2. Technical and metrological properties of tested water meters

Type	Te	Acc	Class (Q3/)	Star	/h) (m Q	/h) (m Q	/h) (m Q	/h) (m Q	L	Diam (mm)	Nu	W
Dry chamber	Multi-jet	R160		4064E	0,0156	0,025	2,5	3,125	190	20	8	

Water meter inaccuracies were measured using a volumetric test bench (as shown in Figure 1). The test bench was operated in the laboratory using the collection method [6].

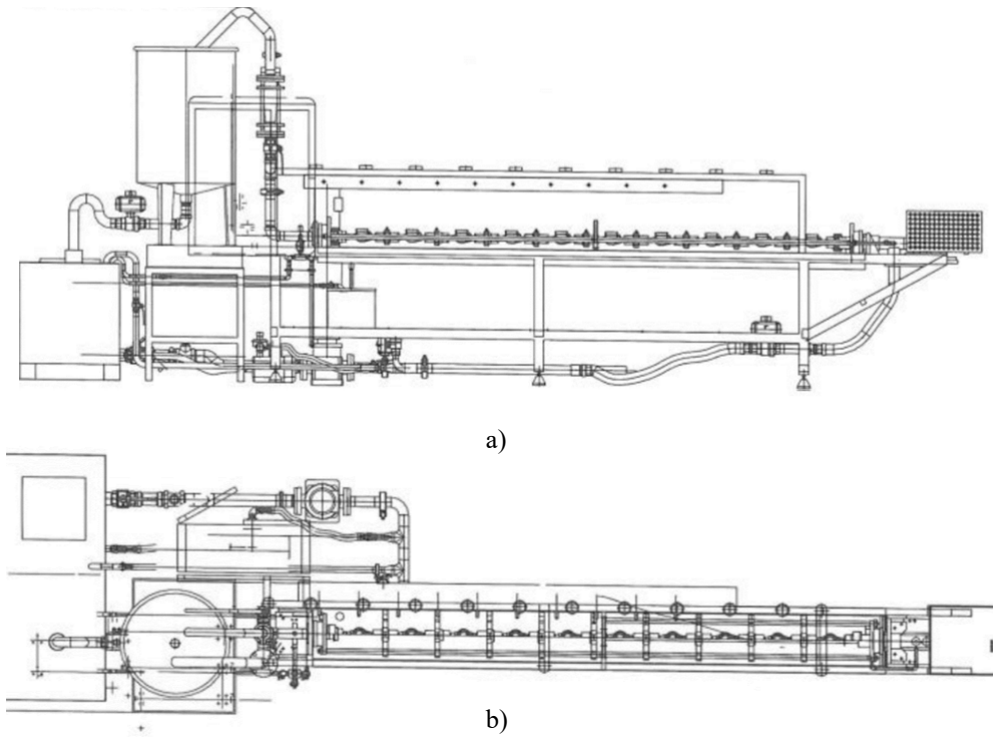


Figure 1. Test bench in laboratory setup; a) side view, b) top view

Water meter inaccuracies were determined using the collection method as follows [6]:

$$\varepsilon = \frac{V_m - V_a}{V_a} * 100$$

where V_m is measured volume by the meter and V_a is the actual volume of water.

3. Results and Discussion

It was observed that measurement errors were high at low flow rates because water meter impeller cannot move at low flow rates, as discussed in previous studies [7, 8]. Notably, the errors became negative at 120 L/h. This means that water meter records less amount of water than actual volume of water, which is called as under-registration. As the flow rate increased, the measurement errors tended to approach zero. However, at high flow rates (900 L/h and above), the impact of pressure differences was minimal (as shown in Figure 2). These findings indicate that the meters are more sensitive to pressure changes at starting flow rates, with measurement errors becoming more pronounced under these conditions. As a result of this study, varying flow rates have a greater impact on water meter performance.

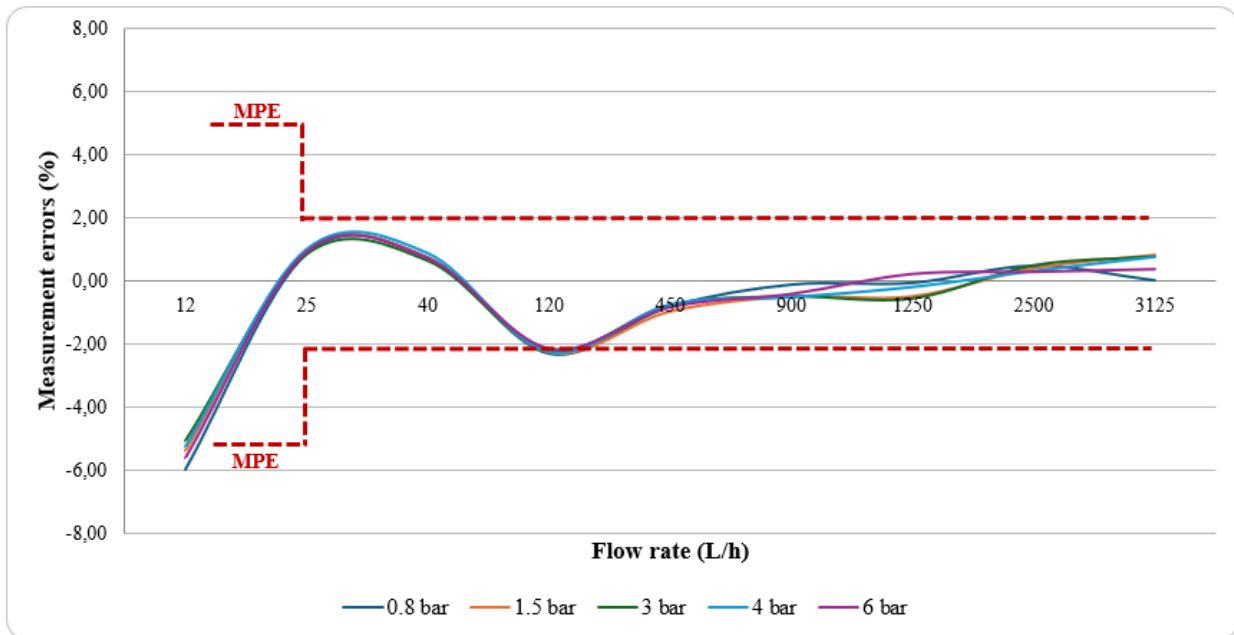


Figure 2. Measurement errors of tested water meters at different water pressure

4. Conclusion

This study presents the results of an experimental study aimed the provide comprehensive analysis of water pressure on accuracy of water meters. The findings suggest that water meters should be tested at varying flow rates and water pressure levels. Furthermore, performance of water meters should be considered for performance evaluation of water distribution systems. Future work can focus on evaluating the impacts of water pressure on different types of water meters.

References

- [1] Karadirek, İ. E., & Aydin, M. E. (2022). Water Losses Management in Urban Water Distribution Systems. In *Water and Wastewater Management Global Problems and Measures* (pp. 53–65). [https:// link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-95288-4_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-95288-4_6)
- [2] Lambert, A. (2002). *Water Losses Management and Techniques*.
- [3] Baader, J., Fallis, P., Hübschen, K., Klingel, P., Knobloch, A., Laures, C., Oertlé, E., Trujillo Alvarez, R., & Ziegler, D. (2011). *Guidelines for water loss reduction - a focus on pressure management*
- [4] Mutikanga, H. E., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2013). Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(2), 166–174. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000245](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000245)
- [5] Arregui, F. J., Gavara, F. J., Soriano, J., & Pastor-Jabaloyes, L. (2018). Performance analysis of ageing single-jet water meters for measuring residential water consumption. *Water (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/W10050612>
- [6] ISO4064-2. (2014). *Water meters for cold potable water and hot water - Part 2: Test Methods*.
- [7] Criminisi, A., Fontanazza, C. M., Freni, G., & La Loggia, G. (2009). Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply. *Water Science and Technology*, 60(9), 2373–2382. <https://doi.org/10.2166/WST.2009.423>

- [8] Mutikanga, H. E., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2011a). Assessment of apparent losses in urban water systems. *Water and Environment Journal*, 25(3), 327–335. <https://doi.org/10.1111/J.1747-6593.2010.00225.X>

2018 ve 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi Öğretim Programlarının Çevre Eğitimi Bağlamında Karşılaştırılması

Comparison of 2018 and 2024 Turkish Language and Literature Curricula in the Context of Environmental Education

* Assoc. Prof. Dr. Celal Aslan

* Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Education, Turkish and Social Sciences Education Department,
Turkish Language and Literature

Anahtar sözcükler: Çevre eğitimi, öğretim programı, Türk Dili ve Edebiyatı öğretim programı, program değerlendirme.

Özet

Bu çalışmanın amacı, 2018 ve 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi Öğretim Programları'nı çevre eğitimi odağında karşılaştırmak ve değerlendirmektir. Araştırmanın çalışma materyalini ve veri toplama araçlarını 2018 ve 2024 yıllarında MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı tarafından yayımlanan TDE Dersi Öğretim Programları oluşturmaktadır. Bu dokümanlardan elde edilen veriler, nitel araştırma yöntemlerinden betimsel analiz deseni kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda 2018 TDE Dersi Öğretim Programı'nda 'çevre' kavramının, ekolojik-çevresel riskleri tanıma ve bu risklere karşı bilinçlilik ve farkındalık oluşturmak amacıyla kullanılmadığı ve öğrenciye kazandırılması gereken bir hedef olarak belirtilmediği görülmüştür. Ayrıca ilgili programda çevre ve tabiat ifadesinin geçtiği 9. sınıf "Destan-Efsane" ünitesi yazma çalışması dışında diğer düzeylerde ve ünitelerde bu ifadelerin yer almadığı tespit edilmiştir. 2018 Programında 'çevre', yazma çalışmalarında kullanılmak üzere bir ortam/mekân olarak tanımlanmıştır. 2024 TDE Dersi Öğretim Programı'nda ise 12. sınıf düzeyinde "Hayatın Dengesi" adlı temada açık bir şekilde çevre eğitimi ve bilinci konusunda farkındalık ve öğrencide çevre bilinci oluşturmak hedeflendiği ancak diğer sınıf düzeylerinde çevre eğitime yönelik farkındalık oluşturacak herhangi bir temaya ve öğrenme çıktısına yer verilmediği tespit edilmiştir. 2018 programıyla karşılaştırıldığında 2024 programında yalnızca bir sınıf ve bir ünite düzeyinde doğrudan çevre eğitime yer verilmesi, ilgili programın yaparak yaşayarak öğrenme stilini merkeze alıp birinci elden öğrenme ile eğitim sürecini destekleme düşüncesinden kaynaklanmış olabilir. 2024 programının, 2018 programına göre çevre bilinci ve eğitiminin öğrencilere kazandırılması açısından nispeten bir farkındalık taşıdığı ancak 9-12. sınıf düzeylerini kapsamadığı ve çevre eğitime daha fazla yer verilmesi gerektiği söylenebilir.

Key words: Environmental education, curriculum, Turkish Language and Literature curriculum, curriculum evaluation.

Abstract

The aim of this study is to compare and evaluate the 2018 and 2024 Turkish Language and Literature Curricula with a focus on environmental education. The study material and data collection tools of the study consist of the 2018 and 2024 Turkish Language and Literature Course Curricula published by the Ministry of National Education Board of Education. The data obtained from these documents were analyzed using descriptive analysis design from qualitative research methods. As a result of the findings, it was observed that the concept of 'environment' in the 2018 TDE Curriculum was not used to recognize ecological-environmental risks and to create awareness and consciousness against these risks, and it was not stated as a

goal that students should acquire. In addition, it was determined that these expressions were not included in other levels and units in the relevant program, except for the writing work in the 9th grade “Epic-Myth” unit in which the expression of environment and nature was mentioned. In the 2018 Program, 'environment' is defined as an environment/space to be used in writing studies. In the 2024 TDE Curriculum, it was determined that in the 12th grade level in the theme named “The Balance of Life”, it was clearly aimed to raise awareness about environmental education and awareness and to create environmental awareness in students, but there were no themes and learning outcomes that would raise awareness about environmental education in other grade levels. Compared to the 2018 curriculum, the fact that only one grade and one unit level of direct environmental education is included in the 2024 curriculum may have resulted from the idea of supporting the education process with first-hand learning by focusing on the learning-by-doing style. It can be said that the 2024 program has a relative awareness in terms of providing environmental awareness and education to students compared to the 2018 program, but it does not cover the 9-12th grade levels and environmental education should be included more.

1. Giriş

Çevre sorunlarının küresel düzeyde görülmeye başlamasıyla birlikte çevre eğitiminin önemli bir mesele haline gelmesi; -tarihsel olarak- “çevre eğitimi” kavramının ilk defa dile getirildiği 1948 yılında “Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği” (IUCN) tarafından Paris’te gerçekleştirilen toplantıyla ilişkilendirilmektedir (Gürbüzöğlü Yalman, 2020: 192). 1960’larda başlayan çevre eğitimine yönelik toplantılar kapsamında özellikle 1977 yılında yapılan Tiflis’teki toplantı; çevre eğitiminin hedefleri, amaçları kapsamında ele alınan kararlar açısından önemli bir dönüm noktası olmuştur. “Tiflis Bildirgesi”nde yer verilen çevre eğitiminin hedefleri, amaçları ve rehber ilkeleri çerçevesinde birçok ülke öğretim programlarını düzenlemeye yönelmiştir. 1992-1993 yıllarından başlamakla birlikte 2004 yılında “yapılandırmacı yaklaşımın” benimsenmesiyle Türkiye Eğitim Sistemi’nde de çevre eğitimine daha fazla yer verilmeye başlandığı gözlenmektedir (Tombul, 2006; Gürbüzöğlü Yalman, 2020).

Kavramsal bağlamda çevre eğitimi yaklaşımının; insanların kendisini doğanın bir parçası olarak görmesini ve doğa ile uyumlu yaşamasını sağlayacak bilinçli ve ileri görüşlü kararlar vermesi için gerekli bilgi ve beceriyi geliştirebileceği ortam sunan yaşam boyu bir süreç (Archie & McCrea, 1996) olduğu söylenebilir. Bireyin yaşamı boyunca sürdürülebilir bir çevre duyarlılığına sahip olmasına yönelik çevre eğitimi yaklaşımına göre çevrenin korunması, ekonomik büyüme ve sosyal adaletin sağlanması için gerekli olan bilgi, tutum ve davranışların bireylere kazandırılması sürdürülebilir bir çevre eğitimi sürecine bağlıdır. Çevre eğitimi ancak böyle bir süreç sayesinde bireylerin hem çevreye yönelik tutum geliştirmelerine hem de tutumlarını davranışa dönüştürmelerine yardımcı olacak bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerinin gelişimini sağlar

Çevre eğitimi; bilgilendirme, bilinçlendirme, uyarma, dengeleme, geliştirme, koruma vb. süreçleri içermekte ve insanlarda bu yönde davranışlar oluşturmayı amaçlamaktadır (Sever & Yalçınkaya, 2018: 12).

İspir, çevre eğitiminin amacını “Çevre eğitiminin temel gayesi, topluma ve kişilere tabiatın ve suni çevrenin karmaşık yapısını; bu yapıyı meydana getiren biyolojik, fiziki, sosyal, ekonomik ve kültürel özelliklerin birbirlerini nasıl etkilediklerini anlatmak; çeşitli maddi ve manevi değerlerin, davranışların ve pratik çözümlerin, çevrenin iyileştirmesine ve çevre problemlerinin çözümüne sorumlu ve etkili bir şekilde katılmalarını araştırmaktır. Diğer taraftan çevre meselelerin ortaya çıktığı alanlar ile eğitim yöntemleri arasında gerekli bağın kurulması, çevre eğitiminin gayeleri arasındadır.” (141) şeklinde açıklamakta ve çevre eğitiminin etkili bir disiplinler arası yaklaşımla gerçekleştirilebileceğine işaret etmektedir. Bu nedenlerle

eğitimin her kademesinde çevre konusu öğrenci seviyesine ve dersin-konunun özelliğine uygun bir biçimde ele alınmalıdır. Çevre eğitimi; bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerin tamamının geliştirilmesine yönelik olmalı ve hem teorik hem de uygulamalı bir biçimde yürütülmelidir (Sever & Yalçınkaya, 2018: 14-15). Bu noktada edebiyat öğretim programı ve derslerinde de çevre eğitimine yer verilmesi bu yaklaşımın bir gereği olarak önem taşımaktadır. Bu araştırmanın amacı 2018 ve 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi öğretim programlarının çevre eğitimi ile ilgili içeriklerini, yaklaşımlarını ve pedagojik stratejilerini karşılaştırarak çevre eğitimi bağlamında hangi programın daha etkili olduğunu analiz etmek ve çevre bilinci oluşturma, çevresel farkındalık kazandırma ve sürdürülebilirlik gibi hedeflere ne ölçüde katkı sağladığını incelemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın problem cümlesi “2018 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi Öğretim Programı ile 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi Öğretim Programı; çevre eğitimi içerikleri ve pedagojik yaklaşımlar açısından ne gibi farklılıklar ve benzerlikler göstermektedir?” şeklinde düzenlenmiş ve bu ana problem altında aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır:

- 2018 ve 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi öğretim programları çevre eğitimi konusunda hangi farklılıkları ve benzerlikleri içermektedir?
- 2018 ve 2024 Türk Dili ve Edebiyatı Dersi öğretim programları, çevre bilincini ve sürdürülebilirlik farkındalığını geliştirme açısından ne kadar etkilidir?

Bu bölümde sürekli tekrara düşmemek için Türk Dili ve Edebiyatı Dersi öğretim programları (TDEÖP) şeklinde ifade edilmiştir.

2. Çalışma Materyali ve Yöntem

Araştırmanın çalışma materyali, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 ve 2024 yıllarında yayınlanmış olan Ortaöğretim Türk Dili ve Edebiyatı Dersi öğretim programlarını içermektedir. Araştırmada incelenen dokümanlar, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının resmî web sayfasından elde edilmiş ve bu dokümanlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

2018 TDEÖP’de çevre kavramının, çevre eğitimi karşılayan bir bağlamda kullanılmadığı görülmektedir. Çevre ve tabiat ifadesinin kullanıldığı 9. sınıf ‘‘Destan-Efsane’’ ünitesi yazma çalışması dışında çevre kavramı yer almamaktadır. Çevre kavramı, ünite kapsamında verilen destan-efsane konusu ile ilgili öğrencilerden yakın çevrelerinde bir derleme etkinliği yaparak bir araştırma çalışması hazırlamaları bağlamında kullanılmıştır (MEB, 2018: 42).

4. ÜNİTE: DESTAN/EFSA NE**Ünite Süresi: 5 HAFTA**

OKUMA	YAZMA	SÖZLÜ İLETİŞİM
<ol style="list-style-type: none">1. Dünya edebiyatının ilk destanlarından bir örnek2. Türk halk edebiyatından bir efsane örneği3. İslamiyet'in kabulünden önceki Türk edebiyatından bir destan örneği4. İslamiyet'in kabulünden sonraki dönemden bir destan örneği5. 1923-1980 dönemi Türk edebiyatından bir yapma destan örneği <ul style="list-style-type: none">• Efsane ve destanların, ait oldukları toplumun millî kimliğiyle olan bağı; tarihî, kültürel ve toplumsal açıdan önemi üzerinde durulur. Türk destanları işlenirken millî ve manevî değerler üzerinde durulur.	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerden yakın çevrelerindeki varlıklar, mekânlar, tarihî olaylar, tabiat olayları ve inanışlarla ilgili efsaneleri sözlü kültür kaynaklarından derlemeleri ve bunları yazıya geçirerek sergilemeleri (sınıf panosu, okul panosu, dergi, gazete, sosyal medya vb.) istenir.• "Bozkurtların Ölümü", "Gün Olur Asra Bedel" gibi eserlerin destan türünden etkilenilerek yazıldığı bilgisinden hareketle "15 Temmuz Demokrasi Zaferi ve Şehitleri" konusunda, öğrencilerin tercih ettiği türde bir yazı yazdırılır.	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerin derleyip yazdıkları efsaneleri sınıfta sunmaları sağlanır.
Dil Bilgisi Konuları: <ul style="list-style-type: none">• Metindeki sıfat tamlamalarını bulur ve bunların metindeki işlevlerini belirler.• Metinler üzerinden imla ve noktalama çalışmaları yapılır.		

2018 TDEÖP 10. sınıf 9. Ünite: Gezi Yazısı başlığı altında; öğrencilerden gezdikleri bir yer hakkında bir gezi yazısı yazmalarını istenmektedir (MEB, 2018: 47).

9. ÜNİTE: GEZİ YAZISI**Ünite Süresi: 2 HAFTA**

OKUMA	YAZMA	SÖZLÜ İLETİŞİM
<ol style="list-style-type: none">1. Divan edebiyatından bir gezi yazısı örneği2. Cumhuriyet Dönemi'nden iki gezi yazısı örneği <ul style="list-style-type: none">• Divan edebiyatından seçilen gezi yazısı Evliya Çelebi'nin Seyahatnâme'sinden alınır.	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerden gezdikleri bir yer hakkında bir gezi yazısı yazmalarını istenir. Yazıyı görsel unsurlarla desteklemeleri önerilir.	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerden yazdıkları gezi yazılarını sınıfta sunmalarını istenir.
Dil Bilgisi Konuları: <ul style="list-style-type: none">• Metindeki cümle çeşitlerini bulur ve bunların metindeki işlevlerini belirler.• Metinler üzerinden imla ve noktalama çalışmaları yapılır.		

2018 TDEÖP 11. sınıf 7. Ünite: Tiyatro başlığı altında; öğrencinin tiyatro salonu veya medya ortamındaki bir tiyatro oyununu seyretmeleri ve bu deneyimi bir tema olarak yazmalarını istenmektedir (MEB, 2018: 54, 47).

7. ÜNİTE: TİYATRO**Ünite Süresi: 5 HAFTA**

OKUMA	YAZMA	SÖZLÜ İLETİŞİM
1. Cumhuriyet Dönemi'nden (1923-1950 arası) iki tiyatro örneği 2. Cumhuriyet Dönemi'nden (1950-1980 arası) bir tiyatro örneği 3. Dünya edebiyatından bir tiyatro örneği	• Öğrencilerden tiyatro salonunda veya medya ortamında seyrettikleri bir tiyatro üzerine inceleme / değerlendirme yazısı yazmaları istenir.	• Öğrencilerden kendi hazırladıkları tek kişilik veya birkaç kişilik bir oyunu canlandırmaları istenir.
Dil Bilgisi Konuları: <ul style="list-style-type: none">• Anlatım bozukluklarıyla ilgili çalışmalar yapılır.• Metinler üzerinden imla ve noktalama çalışmaları yapılır.		

2018 TDEÖP 9, 10 ve 11. sınıf müfredatı içerisinde çevre kavramı, ekolojik bir bağlam içerisinde kullanılmamıştır.

2024 TDEÖP'de ise "Türk Dili ve Edebiyatı Programı'nın Uygulanmasına İlişkin Esaslar" kısmında yer alan 27. madde ile "Türk dili ve edebiyatı öğretimi sadece ders içi etkinliklerle değil ders dışında ve günlük hayatın her safhasına yayılan uygulamalarla gelişen aşamalı bir süreçtir. Bu nedenle dersle ilişkili sınıf dışı etkinlik ve görevler tasarlanmalı, bu süreçte ailelerin de katılımı desteklenmelidir." ifadesiyle programın yaparak yaşayarak öğrenme stilini merkeze alıp birinci elden öğrenme ile eğitim sürecini desteklemesi çevre konusunun eğitim ve öğretimde önemini artırmıştır. Bu durum 2024 TDEÖP incelendiğinde ilk göze çarpan unsurlardan biridir.

2024 TDEÖP'de tema içeriği olarak sunulan tabloda 12. sınıf düzeyinde verilen "3. Tema: Hayatın Dengesi" adlı tema başlığı altında "çevre eğitimi ve bilinci" konusunda farkındalık yaratmak ve öğrencide çevre bilinci oluşturmak hedeflenmektedir (MEB, 2024: 11).

Sınıflar	Tema içeriği	1. Tema	2. Tema	3. Tema	4. Tema
Hazırlık	Öğrencilerin edebiyat ile tanıştığı; edebiyatın güzel sanatlar içindeki yerini belirlediği, insan deneyimlerinin edebiyata yansıma şekillerini incelediği dönemdir.	Sanatın Dili	Sözün Peşinde	Okurun Dünyası	Sözün Ebrusu
9. Sınıf	Öğrencilerin edebiyat ile tanıştığı; edebiyatın güzel sanatlar içindeki yerini belirlediği, edebiyatın önemi ve işlevinin, edebî metinlerdeki metin ve yapı unsurları ile üslup özelliklerini incelediği dönemdir.	Sözün İnceliği	Anlam Arayışı	Anlamın Yapı Taşları	Dilin Zenginliği
10. Sınıf	Türk dili ve edebiyatındaki değişim ve dönüşümlerin ele alındığı, Türk dili ve edebiyatına ilişkin dönemlerin kendilerine özgü özellikleriyle incelendiği dönemdir.	Sözün Ezgisi	Kelimelerin Ritmi	Dünden Bugüne	Nesillerin Mirası
11. Sınıf	Öğrencilerin Türk edebiyatındaki dil farkındalığını edinmesinin istendiği, Türk dünyası ve kültürü ile farklı dönemlerdeki dil yansımalarının incelendiği dönemdir.	Bir Diyeceğim Var!	Kültür Yolculuğu	Yaşamın İzinde	Hayatın Aynası
12. Sınıf	Türk Dili ve Edebiyatı ile günlük yaşam arasında bire bir ilişki kurularak öğrencilerin kişisel gelişim, toplum ve mesleki gelişim bağlamında kendilerini etkili bir şekilde ifade etmesine yönelik uygulamaların yapıldığı dönemdir.	Benim Yolculuğum	Toplumun Ahengi	Hayatın Dengesi	Hayalimdeki Yarın

Bu tema altında verilen çalışmalarla çevre bilinci ve sürdürülebilir bir çevre anlayışının, insan yaşamının önemli dinamikleri arasında yer aldığı ve buna dair öğrencilerin temel düzeyde bir bilinç düzeyine yönlendirilmesi gerekliliğine değinilmektedir (MEB, 2024: 191, 194):

3. TEMA: HAYATIN DENGESİ

"Hayatın Dengesi" temasında edebiyata ait ilgili metinler üzerinden gerek yurtda gerek dünyada kişi ve toplumların kaliteli bir yaşam sürdürmesi, diğer canlılarla yaşadıkları bu ortak yaşam alanını en iyi biçimde korumak için neler yapılması gerektiği vb. konularda öğrencilerde farkındalık oluşturmak amaçlanmaktadır. Edebiyatın yaşamın her alanına dair sahip olduğu kuşatıcı etkinin tema içeriğinde yer alan çevre konusuna yansımaları üzerinden öğrencilerde çevre bilinci oluşturulması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda seçilen metinlerle öğrencilerin hem içerik üzerinden çıkarımlarda bulunmaları hem de metinlerin biçim, yapı ve üslup özelliklerini incelemeleri beklenmektedir.

Bu temada okuma metinleri olarak yaşanan mekânları ve bu mekânların özelliklerini fark etmeyi sağlayan, kültürel ve doğal zenginlikleri yansıtan edebî bir tür olan gezi yazısı ve yaşamın gerçeklerini yansıtan bir hikâye seçilmiştir. Ara metin olarak da broşür seçilmiştir. Dinleme/izleme metni olarak teknoloji ve çevre konusu ekseninde insan ve yaşamla ilgili çeşitli olay ve durumun farklı bakış açıları ile dile getirildiği çok modlu bir haber metni kullanılır. Konuşma becerisi kapsamında, dinleme/izleme metninden hareketle çevre ve teknoloji ile ilgili bir sunum hazırlanıp sunulması; yazma çalışması olarak da okuma metninin içeriğinden hareketle bir anket hazırlanıp uygulanması ve anket sonuçlarının yazılı olarak paylaşılması sağlanır.

Öğretme-Öğrenme Süreç Çerçevesi: Bu süreçte öğrencilerden edebiyatın yaşamı her yönüyle kuşatan bir dil sanatı olduğunu fark etmeleri, içinde buldukları çevreyi tahlil edilen metinlerle anlamlandırılmaları ve çevresel şartların kalitesini ve sürdürülebilirliğini teknolojik gelişmelerle yeniden düşünmeleri beklenir. Bu temada okuma metni olarak edebî türlerden bir gezi yazısı ve bir hikâye tahlil edilir. Ardından teknoloji ve çevre temalı çok modlu bir metin dinletilir/izletilir. Konuşma becerisi üzerine yapılan çalışmalarda öğrencilerden tahlil edilen dinleme/izleme metninden hareketle teknoloji ve çevre ile ilgili güncel bir konuyu/problemi bir sunum vasıtasıyla ele alarak sözlü anlatım gerçekleştirmeleri beklenir. Öğrencilerin tahlil ettikleri okuma metninin içeriğinden hareketle bir anket hazırlayıp uygulayarak anket sonuçlarını yazılı hâle getirmeleri sağlanır. Böylece yazılı bir ürün ortaya çıkarılıp yazma becerilerine işlerlik kazandırılır.

2024 TDEÖP'nin 12. sınıf edebiyat atölyesi içerik çerçevesi, Türk Dili ve Edebiyatının Günlük Yaşamla İlişkisi bağlamında tasarlanmış ve yukarıdaki tabloda gösterilen öğretme-öğrenme uygulamaları kapsamında "3. Tema: Hayatın Dengesi" başlığı altında çevre duyarlılığına yönelik yazma ve araştırma çalışmaları planlanmıştır.

Çevre eğitimi açısından iki program karşılaştırıldığında; 2018 TDEÖP'de "çevre bilinci" ve "çevre eğitimi"nin öğrenciye kazandırılması gereken açık bir hedef olarak yer verilmediği görülmektedir. 2024 TDEÖP'de ise çevre eğitimine ilişkin çalışmaların edebiyat atölyesi kapsamında tasarlandığı ve yazma/araştırma çalışmaları doğrultusunda çevre bilinci konusunun öğretme-öğrenme uygulamalarına dönüştürüldüğü görülmektedir.

4. Sonuç

2018 programında çevre eğitime yönelik bir veriye rastlanmamıştır. 2024 programında ise 12. sınıf düzeyi edebiyat atölyesi çalışmaları kapsamında çevre eğitime sadece bir tema başlığı altında yer verildiği tespit edilmiştir.

Bu tespitler doğrultusunda her sınıf düzeyinde Türk Dili ve Edebiyatı derslerinde çevre eğitime yer verilmesi gerektiği açık bir biçimde söylenebilir.

Kaynaklar

- [1] Gürbüzoğlu Yalmanlı, S. Çevre eğitimi. İçinde: Çetin, Oya Beklan, editör. Çevre sosyolojisi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları; 2020, s. 196-211.
- [2] Tombul, F.. Türkiye'de çevre için eğitime verilen önem (Yayımlanmamış yüksek lisans

- tezi); Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.
- [3] Sever, R. & Yalçinkaya, E. Çevre eğitimine genel bir bakış ve temel kavramlar. İçinde: Sever, Ramazan ve Yalçinkaya, Elvan editörler. Çevre eğitimi. Ankara: Pegem A Akademi; 2018, s.1-20.
- [4] İspir, Eyüp G., Şehirleşme ve meseleleri: Çevre-Mesken-Yönetim, Ankara: Gazi Büro Yayınları, 1991, s. 141.
- [5] MEB (Millî Eğitim Bakanlığı). Ortaöğretim Türk Dili ve Edebiyatı Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı, Ankara; 2018.
- [6] MEB (Millî Eğitim Bakanlığı). Ortaöğretim Türk Dili ve Edebiyatı Dersi Öğretim Programı (Hazırlık, 9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, Ankara; 2024.

Zero Waste, Recycling and Reuse in Solid Wood Industry Masif Ahşap Endüstrisinde Sıfır Atık, Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım

*1 Hızır Volkan Görgün

*1 Istanbul University - Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering Department, Türkiye

Key words: Carbon storage, forest, sustainability.

Abstract

Wood is a natural material and it has numerous advantages for many usage areas. It differs from other natural materials such as stone, metal etc. with being renewable characteristic. Considering forests as a source of raw material, wood is constantly available as long as sustainability requirements are met. However, the pressure of the forest products industries to obtain raw materials from forests threatens its sustainability and ecological advantages. In terms of sustainability, efforts are made to protect it with certificates such as FSC and PEFC. In addition, generally fast-growing tree species are tried to be utilized in forests for industrial purposes. Because other species need to wait longer to be cut for solid wood production. However, the physical and mechanical properties of fast-growing species are not good enough for many wood industry sub-sectors. For this reason, the recycling and reuse approach with zero waste awareness has begun to come to the fore in the wood industry. Nowadays, protecting the ecological benefits of forests becomes even more important with global climate change.

In the solid wood industry, approaches such as recycling, reuse and zero waste manifest themselves in different categories. The production yield in solid wood (lumber) production is around 60%. The remaining part consists of small pieces and sawdust that can't be used in the lumber industry. Small pieces are used as raw materials in the production of new semi-finished wood such as solid panels, blockboard, laminated flooring and joinery. In addition, as people have turned to natural products in recent years, small parts can also be evaluated as wooden toys, accessories, etc. Small particles such as sawdust can be used as a raw material in chip, fiber and other wood-based boards, pellets, etc. production.

Otherwise, solid wood also has the potential to be utilized after it is damaged or ends its life in the place of use. For example, parts obtained from renewed or demolished wooden structures can be reused. In this regard, a guitar company in the USA prefers this method to supply radial wood. Because of its usage and hysteresis history becomes better the acoustic properties. In addition, it is more expensive related to the yield decreases much more in radial lumber production. It can be said that reuse has started to gain a place in the wood industry recently. For example, EPAL (European Pallet Association) has included the used wooden pallets for load carrying purposes in the quality class regulations.

Examples show that productions with cheaper, simpler, cleaner and lower carbon emission can be achieved with zero waste, recycling and reuse approaches in the solid wood industry. In addition, with these approaches, less trees are cut down, and the carbon in it is stored for a longer time by providing a longer material life instead of burning. Due to these and many other advantages, it can be said that these approaches should be considered as an economic and ecological necessity in company, sector and even state policies.

Anahtar kelimeler: Karbon depolama, orman, sürdürülebilirlik

Özet

Ahşap doğal bir malzeme olup birçok kullanım alanı için sayısız avantaja sahiptir. Yenilenebilir olma özelliği ile taş, metal vb. diğer doğal malzemelerden farklılık gösterir. Hammadde kaynağı olarak ormanlar dikkate alındığında, sürdürülebilirlik gereklilikleri sağlandığı sürece ahşap sürekli olarak temin edilebilir niteliktedir. Bununla birlikte orman ürünleri endüstrilerinin, ormanları hammadde elde etme konusundaki baskısı, sürdürülebilirlik ve ekolojik avantajlarını tehdit etmektedir. Sürdürülebilirlik konusunda FSC, PEFC gibi sertifikalarla korunmaya çalışılmaktadır. Ayrıca endüstriyel amaçlı geliştirilen ormanlarda, genel olarak hızlı büyüyen ağaç türleri değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Çünkü diğer türlerin masif ahşap üretimi amacıyla kesilmesi için daha uzun süre beklenmesi gerekmektedir. Ancak hızlı büyüyen ağaç türlerin fiziksel ve mekanik özellikleri, birçok ahşap endüstrisi dalı için yeterli derecede iyi değildir. Bu nedenle ahşap sektöründe sıfır atık bilinciyle geri dönüşüm ve yeniden kullanım yaklaşımı ön plana çıkmaya başlamıştır. Günümüzde ormanların ekolojik faydasını korumak ve küresel iklim değişikliğiyle birlikte daha da önem kazanmaktadır.

Masif ahşap endüstrisinde geri dönüşüm, yeniden kullanım ve sıfır atık gibi yaklaşımlar, farklı kategorilerde kendini göstermektedir. Masif ahşap (kereste) üretiminde randıman %60 civarındadır. Geri kalan kısım, kereste endüstrisinde değerlendirilemeyen ufak parçalar ve testere talaşından oluşmaktadır. Ufak parçalar masif panel, kontrtabla, lamine parke, doğrama gibi yeni yarı-mamul ahşap üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda insanların doğal ürünlere yönelmesi nedeniyle ufak boyuttaki artıklar ahşaptan oyuncak, aksesuar vb. yapımında da değerlendirilebilmektedir. Testere talaşı gibi ufak partiküller ise yonga, lif gibi ahşap esaslı levha, pelet vb. üretiminde değerlendirilebilmektedir.

Bunun dışında masif ahşap hasar gördükten veya kullanım yerindeki ömrünü tamamladıktan sonra da değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Örneğin yenilenen veya yıkılan ahşap yapılardan elde edilen parçalar yeniden değerlendirilebilmektedir. Bu konuda ABD'deki bir gitar firması radyal ahşap temini için bu yolu tercih etmektedir. Çünkü kullanım (çalışma) geçmişi ahşabın akustik özellikleri daha iyidir. Ayrıca radyal kereste üretiminde randıman çok daha fazla düştüğü için daha pahalıdır. Yeniden kullanım ise ahşap endüstrisinde son zamanlarda kendine yer edinmeye başladığı söylenebilir. Örneğin ahşap paletlerin yeniden yük taşıma amacıyla kullanılmasıyla ilgili EPAL (Avrupa Palet Birliği) geliştirdiği kalite sınıfı regülasyonlarında yer vermiştir.

Örnekler göstermektedir ki, masif ahşap endüstrisinde sıfır atık, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yaklaşımları ile daha ucuz, daha basit, daha temiz ve daha düşük karbon emisyonu olan üretimler gerçekleştirilebilir. Ayrıca bu yaklaşımlarla hem daha az ağaç kesilmesi sağlanmaktadır, hem de yanma yerine daha fazla malzeme ömrü sağlanarak, bünyesindeki karbon daha uzun süre depolanmaktadır. Bu ve diğer birçok avantajları nedeniyle bu yaklaşımların şirket, sektör ve hatta devlet politikalarıyla ekonomik ve ekolojik açıdan bir zorunluluk olarak değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir.

1.Giriş

Bu çalışma kapsamında 'Sıfır atık' yaklaşımı ile ortaya çıkan 'geri dönüşüm' ve 'yeniden kullanım' kavramlarının masif ahşap endüstrisinde neden ihtiyaç duyulduğu ve hangi alanlarda kullanıldığına dair açıklamalara yer verilmiştir. Öncelikle bu kavramların tanımlamak gerekirse:

- Sıfır Atık: Atıkların tamamen elemine ederek ortadan kaldırılması (Awogbemi vd., 2023),
- Geri Dönüşüm: Artık durumundaki malzemelerin yeni ürünlere dönüştürülmesi (Koç, 2023),

- Yeniden Kullanım: Atıkların üretim şekli korunarak, temizleme ve onarım dışında herhangi bir işleme tabi tutulmadan, ekonomik ömrü tamamlanana kadar aynı ya da farklı amaçlarla tekrar tekrar kullanılması işlemidir (FZTH, 2024).

1.1. 'Sıfır Atık', 'Geri Dönüşüm' ve 'Yeniden Kullanım'a Neden İhtiyaç Duyulmaktadır?

Gün geçtikçe artan nüfus, talep artışı vb. etmenler nedeniyle tüketim de artmaktadır. Ancak bu tüketimi karşılayan arz olan doğal kaynaklar aynı oranda ve hızda artmamaktadır. Örneğin doğal kaynaklardan meyve, sebze gibi tarımsal ürünler her yıl belirli miktarlarda üretilebilirken, en hızlı büyüyen ağaç türlerinden melez kavak, yetiştirme koşulları optimum düzeyde olduğu durumda dâhi 10-12 yılda kesim çağına gelebilmektedir (OGM, 2024). Ayrıca diğer ağaç türlerinin daha uzun yıllarda kesim çağına gelmekte, masif ahşap endüstrisinin ilk kesim çağındaki çaptan daha geniş çaptaki tomruklara ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle ağaçlarda sürdürülebilir bir üretim yapılabilmesi için geniş alanlarda orman varlığının bulunması ve ağaç kesiminin sınırlı düzeyde yapılması gerektiği söylenebilir. Bununla birlikte bahsedilen doğal kaynaklar sürdürülebilir nitelikte olmasına karşın taş, metal gibi diğer doğal kaynaklarda sürdürülebilirlik söz konusu değildir. Bu kapsamda 'Küresel Limit Aşım Günü' (İng. Country Overshoot Day) olarak tanımlanan bir gösterge geliştirilmiştir ve 'Global Footprint Network' organizasyonu tarafından 'Dünya'nın insanlığa sunduğu bir yıllık doğal kaynakların tamamının tüketildiği gün' olarak referans alınmıştır. 2024 yılında bu 'gün' Dünya için 1 Ağustos'a (GFN, 2024), Türkiye için de 11 Haziran'a (COD, 2024) denk gelmektedir. Diğer bir deyişle, artık bu tarihlerden sonra diğer yılın kaynaklarından tüketilmektedir. Bu durum sürdürülebilirlik açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Ülkelerin yıllık doğal kaynak tüketim (limit aşım) günleri (COD, 2024'ten alınmış ve bazı ilaveler yapılmıştır)

Doğal kaynakların azalması sonucu ihtiyaçları karşılayacak tedarikin sağlanamaması, sadece sorunlardan bir tanesini oluşturmakta ve nispeten diğer sorunlara göre çok daha düşük seviyede kalabilmektedir. Örneğin tarımsal ürünlerin sağlanamaması açlığa sebep olabilecek nitelikte bir sorundur. Ormanların azalmasının ise erozyon, hava kirliliği, biyo-çeşitliliğin azalması, ekolojik dengenin bozulması gibi çok daha kapsamlı sorunlara yol açabilme olasılığı vardır. Yapılan bir araştırmaya göre, bazı ürünlerin tarımsal üretiminin son 30 yılda 1.78 milyon km²'lik alandaki ormanların yok olmasına yol açarak, iklim değişikliğine ve biyo-çeşitlilik kaybına katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu olumsuz katkının azaltılması adına çeşitli kuruluşlar, organizasyonlar ve hatta ülkeler bazında kararlar alınmaya başlanmıştır. Türkiye bu konuda 2024-2028 yılları için geçerli olan 12. Kalkınma Planı'ndaki (SBB, 2023) bazı maddelerde bu konulara yer vererek stratejik hedef olarak ortaya koymuştur. Örneğin planın 274. maddesinde, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, yeşil altyapı, çevre koruma, yeşil teknoloji gibi gelişimlerin yaygınlaştırılmasıyla 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşılması planlandığı belirtilmiştir. 500. maddede ormanların sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerine uygun şekilde yönetilmesi, orman alanlarının artırılması hedeflenmiştir. 501. maddede ise orman kaynaklı ürün ve hizmetlerin sürdürülebilir orman yönetimi ilkeleri çerçevesinde ihracat odaklı çeşitlendirilmesi ve sektörün ekonomideki payının artırılması hedeflenmiştir.

Avrupa Birliği'nde (AB) ise 2023 yılında, ormansızlaşma ve orman bozulmasının önlenmesi amacıyla 'Ormansızlaşmanın Önlenmesi Tüzüğü' yürürlüğe konulmuştur (Ticaret Bakanlığı, 2023). Tüzük ile ormansızlaşmaya ve (ağaç ürünleri için geçerli) orman bozulmasına sebep olan ahşap/ağaç ürünleri ile soya, kakao, kahve vb. hammaddeler ve bunlardan elde edilen belirli ürünleri kullanan çikolata, mobilya gibi ürünler mevzuat kapsamına alınmıştır ve özen yükümlülüğü beyanı zorunlu hale getirilmiştir. Neredeyse tüm ahşap/ağaç ürünleri bu kapsamda yer almaktadır (Tablo 1). Ancak AB'ye doğrudan ihraç edilmeyen ancak taşıma amaçlı kullanılan 4415 GTİP (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu) kodlu ahşap paletler gibi ürünler için de özen yükümlülüğü bulunmamaktadır.

Tablo 1. AB Ormansızlaşmanın Önlenmesi Tüzüğü'ne tabi Ahşap/Ağaç Ürünlerinin GTİP Kodları*

4401	4407	4413	4419	940340
4402	4408	4414	4420	940350
4403	4409	4415	4421	940360
4404	4410	4416	ex 49	940391
4405	4411	4417	ex 9401	940610
4406	4412	4418	940330	

* ex ifadesi, seçilmesi (extract) anlamındadır, ilgili GTİP kodunda sadece ahşap bulunduran ürünleri içermektedir.

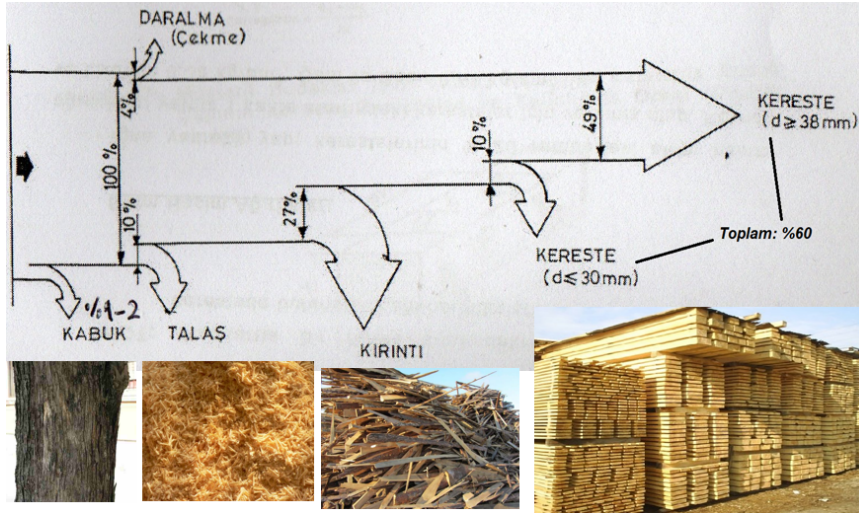
Ayrıca tüzükte yer alan ürünlerin %100 tüketim sonrası üründen geri dönüştürülmüş hammadde kullanılarak üretilmesi halinde özen yükümlülüğü doğmamaktadır. Öte yandan, ürün üretiminde belirli bir miktarda birincil hammadde kullanılması durumunda söz konusu birincil hammadde için özen yükümlülüğü doğmaktadır. Bu çerçevede, çoğunluğu geri dönüştürülmüş materyal olsa bile kağıdı güçlendirmek için düşük miktarda kullanılan birincil selüloz veya üretim artığından geri dönüştürülmüş hammadde özen yükümlülüğüne tabi olacaktır. Özen yükümlülüğü kapsamında AB pazarına arz edilecek veya AB'den ihraç edilecek mevzuat kapsamı ürünlerin aşağıdaki gereklilikleri sağlaması gerekmektedir:

- Ormansızlaşmaya sebep olmaması,
- İlgili ülkenin ulusal mevzuatına uygun üretilmiş olması,
- Beraberinde özen yükümlülüğü beyanı taşınması.

Türkiye'nin AB'deki 27 ülkeye ihracat miktarlarına bakıldığında; tüzük kapsamındaki tüm ürünler bazında 1261 milyon kg, bu emtianın %70,4'ü ahşap olup 1,764 milyar €'ya karşılık gelmektedir (European Commission, 2024).

2. Masif Ahşap Endüstrisinde Çıkan Artıklar

Masif ahşap (kereste) endüstrisinde talaşlı üretim gerçekleştirilmektedir. Diğer bir deyişle, üretimde kullanılan testereleler nedeniyle talaş kaldırılarak ana ve yan ürünlerin üretimi gerçekleştirilmektedir. Randıman maksimizasyonu ile bir tomruktan en fazla ürün veya hacim çıkarılması amaçlansa da, Dünya çapında %20 ila %50 arasında (ortalama %40) zayıt ile çalışılmaktadır (Şekil 2).



*Kantay'dan (2005) alınan diyagrama görseller ilave edilmiştir.

Şekil 2. Kereste üretiminde materyal akışı*

Şekil 2'de görüldüğü üzere masif ahşap endüstrisinde artık olarak genel olarak testere talaşı, kırıntı, kapak, kerestecik, takoz ve ıskarta mal olarak isimlendirilen yan ürünler ve artıklar da oluşmaktadır (bazı ağaç türlerinde kabuk soyularak tomruk temin edildiği için hariç tutulmuştur). TS 654'e (1975) göre artık; "tomruğun keresteye biçilmesi, kerestenin işlenmesi ve onarılması sırasında oluşan ve standartlarındaki boyut ve özellikler dışında kalan, ıskarta mal, testere talaşı, kapak, kırıntı, kerestecik, takoz parçası veya parçacığı" olarak tanımlanmaktadır. Bazı artıklar diğer endüstrilerin hammaddelerinin oluştursalar da, kereste endüstrisi için artık veya zayıt kabul edilirler (Özen, 1978).

Diğer tüm endüstrilerde olduğu gibi 'sıfır atık' yaklaşımının benimsenmesi için, üretici ve tüketici açısından da faydalı olarak görülmesi gereklidir. Tüketici açısından öncelikle bu bakış açısının benimsenmesi gereklidir. Örneğin son kullanıcı geri dönüştürülmüş malzeme kullanarak ihtiyacını karşılarken, aynı zamanda sürdürülebilir ve doğal kaynaklara daha az zarar verdiğine dair bir bilince de sahip olmalıdır. Üretici açısından 'sıfır atık' yaklaşımı için artıkların veya ömrünü tamamlamış malzemelerin belirlenmesi, sınıflara ayrılması, her bir sınıfın niteliğine göre yeniden kullanım alanının belirlenmesi, dönüşüm işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi ilave işlemlerin de uygulaması gereklidir. Mevcut üretim aşamalarına ilave olarak gelen bu iş yükü ve olası maliyetler nedeniyle, üretici açısından sadece doğaya yararlı olma bakış açısı yeterli olmayabilir. Bu nedenle yapılan dönüşümlerin katma değerli olması da, bu yaklaşımın özellikle üreticiler tarafından benimsenmesinde motive edici olacaktır. Bu çalışma kapsamında masif ahşap endüstrisinde çıkan artıkların boyut ve niteliklerine göre küçükten büyüğe doğru olacak şekilde, geri dönüşüm ve yeni kullanım için nasıl değerlendirildiği konusunda anlatım yapılmıştır.

3. Masif Ahşap Üretiminde ‘Sıfır Atık’ Yaklaşımıyla Gerçekleştirilen Faaliyetler

Masif ahşap (kereste) endüstrisinde ‘sıfır atık’ yaklaşımı ekonomik sebeplerle birlikte, kullanılan hammaddenin Dünya’nın ekolojik döngüsünün önemli yapıtaşlarından olan ormanlardan elde edilmesinden dolayı öne çıkarılması gereken bir yaklaşımdır. İhtiyaçların aynı oranda karşılanabilmesi adına daha az ağacın kesilmesi, ancak üretimde çıkan her parçanın değerlendirilmesi ile sağlanabilir. Masif ahşap endüstrisinde farklı üretim şekilleri nedeniyle artan parçaların yani artıkların niteliği de değişmektedir. Bu çalışmada çıkan artıklar büyüklüklerine göre değerlendirildiği yerler ayrılmıştır.

3.1. Partiküllerin Değerlendirilmesi

Kabuk, ince parçalar, testere talaşı vb. masif ahşap endüstrisinde çıkan ufak boyuttaki artıklar (partiküller) genellikle yakılarak tesis içinde ısıya dönüştürülebilmektedir. Bu ısı da fabrikanın ısıtılması veya kereste kurutma gibi proseslerde değerlendirilmektedir. Son yıllarda özellikle ilave gelir için bahsedilen artıklar tesis içinde veya dışında daha ufak ebatlara getirilerek pelet, yonga/lif levha üreten fabrikalara da satılabilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Masif ahşap üretiminde ortaya çıkan küçük boyutlu artıklar (A: Cips, B: Talaş) ve Pelet (C) olarak kullanımı

Artıkların ısı enerjisine dönüştürülmesi, aslında karbondioksit (CO₂) emisyonunu arttırması ve çıkan gazların insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle olumlu bir geri dönüşüm yaklaşımı sayılmayabilir. Bu nedenle ahşap esaslı levha ürünleri olan yonga- ve lif levha gibi ürünlerde kullanılarak karbonun, ürünlerin kullanım ömrü bittikten sonra salınması çok daha doğru olacaktır. İhtiyaç duyulan ısı ihtiyacının elektrik, doğalgaz veya güneş gibi alternatif kaynaklardan sağlanması daha çevreci bir yaklaşım olacaktır. Örneğin kereste kurutma fırınlarında, eğer elektrikliyse ısıtıcılarda, otomasyon sisteminde sistemin ve cihazların kontrolünde ve özellikle fanların çalıştırılmasında yüklü miktarda elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda İtalyan Logica firması, inşa ettiği kereste kurutma fırınlarının çatılarına güneş panelleri ekleyerek yılda 9 ton CO₂ emisyonunu azalttığını ve güneş ile yılda yaklaşık 22593 kWh enerji elde edilebildiğini belirtmiştir. Sisteme ilave şarj istasyonlarının kurulmasıyla, elektrikli araçların şarj edilme imkânının da sağlandığını belirtmiştir (Logica, 2024).

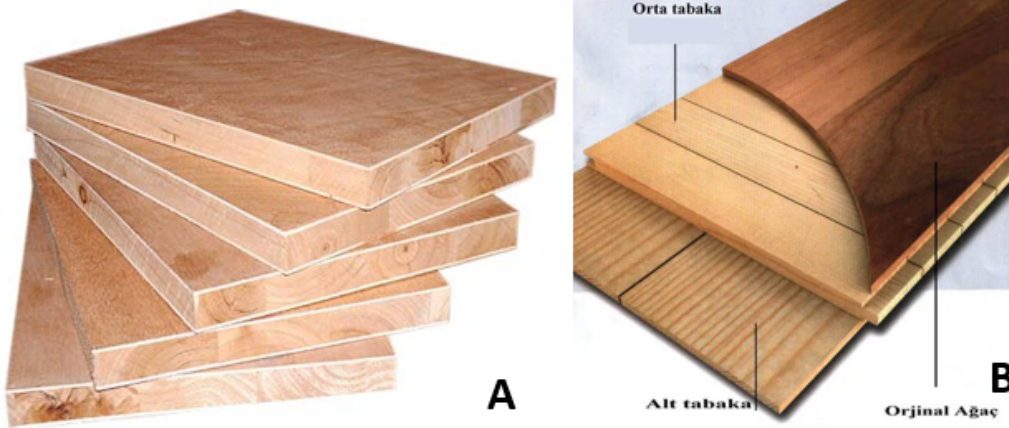
3.2. Ufak Parçaların Değerlendirilmesi

Masif ahşap üretiminde yan alma, baş kesme (uç alma), kapak tahtalarından vb. kısa boy ve/veya dar parçalar çıkabilmektedir. Piyasada talep edilen son ürün ebatlarına uymadığı için bu parçalar ‘artık’ olarak nitelendirilmektedir. Ancak halihazırda bu parçaların değerlendirilmesiyle ilgili masif panel gibi ürünlerden oluşan alt endüstri şubeleri de oluşmuştur. Bu ürünlerde amaç masif ahşaptan geniş yüzeyli levhalar üretilmesidir. Çünkü masif ahşap üretiminde elde edilebilecek parça genişliği, ağacın çapıyla sınırlıdır. Ayrıca çap

çizgisi ağacın ortasından geçtiği için, dairesel yapıdan dolayı aynı tomruktan alınan diğer parçalar bu genişlikten daha dar olacaktır. Geniş çaplı ağaçların çok yaygın olmaması, 100 yılı aşkın sürede bu ebatlara ulaşması vb. doğal gerekçeler nedeniyle, tek parça masif ahşap ürünler belirli genişliğe kadar üretilmektedir. Ancak dolap kapağı, masa tablası, mutfak tezgâhı (Şekil 4) gibi geniş ebatlı yüzeylere de birçok alanda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın masif ahşapla karşılanması için bahsedilen ürünler geliştirilmiştir. Bu tür ürünler çıkan parçaların renk, doku, ağaç türü vb. bütünlüğü sağlayacak şekilde uç uca ve yan yana yapıştırılarak üretilmektedir. Masif panel olarak adlandırılan bu ürün, üstü kaplanarak çeşitli kullanım yerleri için 'kontrtabla', zemin döşemesi için 'lamine parke' olarak da değerlendirilebilmektedir (Şekil 5). Kullanım yerlerine göre kullanılan ağaç türler, üretim yöntemleri (örneğin lamine parkede uç uca ekleme bulunmaması) değişse de, sonuç olarak ufak parçaların birleştirilerek geniş yüzey oluşturma prensibiyle üretilmektedir.



Şekil 4. Masif panel (A) ve kullanım örnekleri (B: Mutfak tezgahı, C: Dolap (Ikea, 2024))



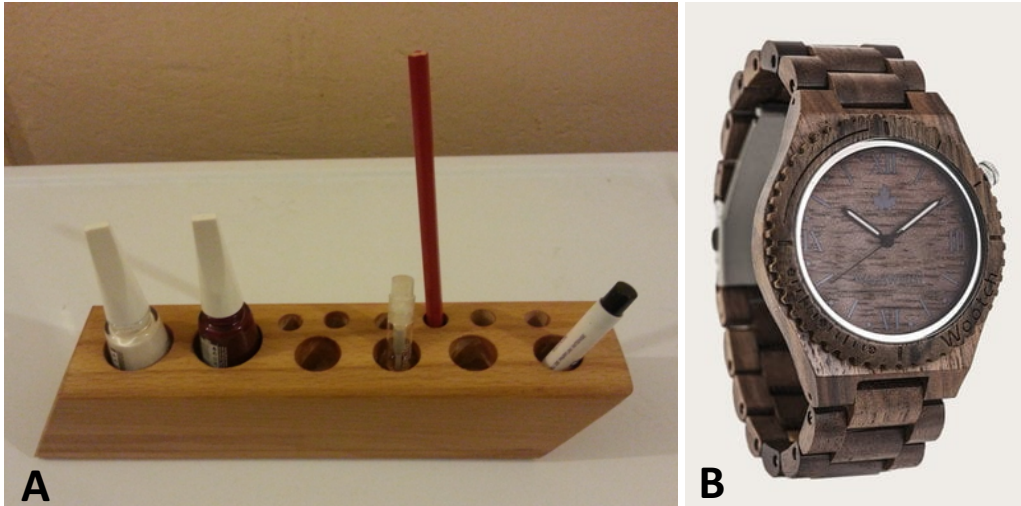
Şekil 5. Kontrtabla (A) ve lamine parke (B)

Masif panel ve masif panel esaslı ürünlerin üretilmesi için, büyük miktarlarda ve benzer özelliklerdeki artıkların temin edilmesi gereklidir. Ancak farklı çeşitlerde ve miktarlarda artık üreten tesislerin, artıkların değerlendirilmesi konusunda daha ufak miktarlarda üretime ihtiyaç duyan, ahşap oyuncak gibi son ürünleri kullanması daha doğru bir yaklaşım olacaktır (Şekil 6).



Şekil 6. Masif ahşap artıklarından üretilen oyuncaklar

Bu tip artıkların yakılması veya çok az bir değişiklikle farklı ürünlere dönüştürülmesinde kritik nokta sağlanan katma değerdir. Katma değer in fazla olması üretici ve hatta son kullanıcı açısından ürünün daha ön plana çıkmasını sağlayabilir. Örneğin bir alışveriş sitesinde ~6000 TL'ye satılan makyaj malzemesi standı ürününün (ETSY, 2024) bir benzeri (Şekil 7), Türkiye'de yaklaşık 1/10'i maliyetle, kullanım ömrünü tamamlamış bir yatağın masif ayağından üretilmiş tir. Eğer katma değerli bir ürün üretimi yerine yakılsaydı, ancak ~2500 Kcal (Tam kuru Kayın ısı değeri 4802 Kcal/kg için (Bozkurt ve Göker, 1996)) ısı değeri elde edilebilecekti. Diğer yandan bu ürün yaklaşık 1,3365 desi (dm³) hacindedir ve 1 desi fiyatı yaklaşık 4489 TL'ye denk gelmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı sırada ürünün üretildiği ağaç türü olan kayının 1 m³'ü 16000TL'ye, diğer bir deyişle 1 desisi 16 TL'ye denk gelmektedir ve ürün ile yaklaşık 280 kat daha fazla değer de satılabildiği söylenebilir. Bir başka örnekte ise, çok daha küçük ebatlardaki masif parçalardan üretilen bir ahşap saat yer almaktadır. Kereste endüstrisinde boyut olarak birçok alanda değerlendirilemeyecek artıklar, bu üründe hammadde olarak kullanılabilmekte ve ~6000 TL'ye satılan bir ürüne dönüştürülebilmektedir.



Şekil 7. Mobilya bacağı artığından yapılan bir makyaj malzemesi standı (A: Fotoğraf - H.V.Görgün), Ahşap saat (B: WoodWatch, 2024)

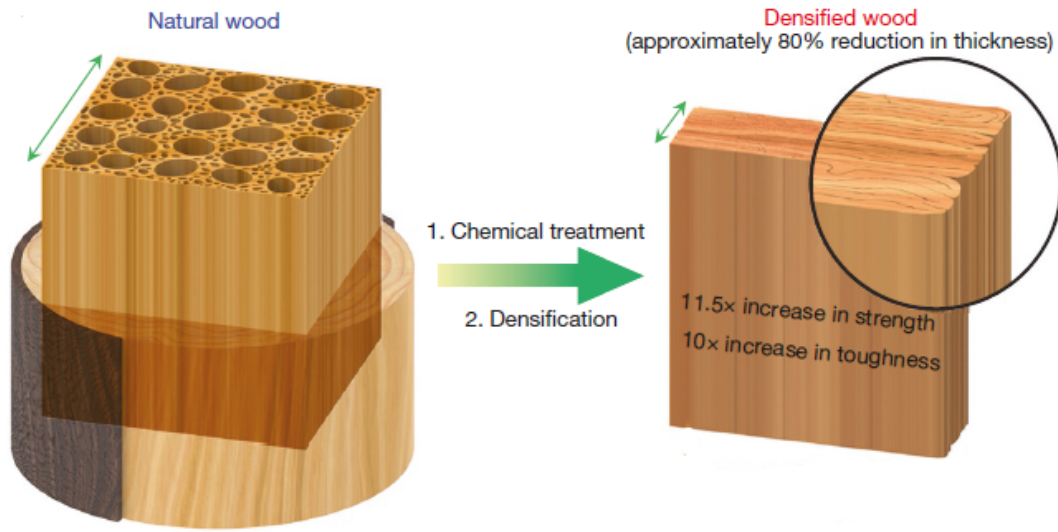
Görgün vd. (2022) yapılan bir çalışmada, kurşun kalemlerin üretildiği hammaddeler olan ahşap lataların, masif ahşap üreticilerinin artıklarına benzer veya daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda yüksek sıcaklık kademelerine (>160°C) maruz bırakılarak ahşabın yapısının değiştirildiği ısıl işlem prosesiyle üretilen ahşap parçaların, kurşun kalem üretimde kullanılabilirliği denenmiştir. Isıl işleml i ahşapların genellikle dış cephe kaplaması, deck (ıslak zemin uygulamaları) vb. alanlarında farklı boyutlarda kullanılması nedeniyle, artan parçaların istenen hammadde boyutlarını karşılamıştır. Ahşabın ısıl işlemle yapısı değiştiği için, üretim

denemeleri yapılmış ve başarılı bir şekilde kalem üretilebildiği için patent başvurusu yapılmış ve kabul edilmiştir (Türk Patent No. 2022/008881) (Şekil 8).



Şekil 8. Isıl işlemlenmiş (üst) ve işlemlenmemiş (alt) ahşaptan üretilen kalemler

Ufak boyuttaki malzemelerin bu tip katma değer üretme potansiyeli nedeniyle bireysel veya küçük ölçekli girişimlerde sıklıkla tercih edilmeye başlamıştır. Bunun dışında daha büyük miktarlarda ve endüstriyel ölçekte geri dönüşüm için de ar-ge faaliyetleri yürütülmektedir. Örneğin kullanılmayan ahşap artıklarının çeşitli modifikasyon yöntemleriyle performanslı malzemelere dönüştürülme işlemleri denemektedir (Dong vd., 2022). Örneğin Song vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada yapılan iki aşamalı modifikasyonla, ahşabın mevcut mukavemeti, tokluğu ve balistik direncinde on kattan fazla artışa ve boyutsal kararlılığında önemli bir artış olan yüksek performanslı bir yapısal malzemesine dönüştürüldüğü belirtilmektedir (Şekil 9).



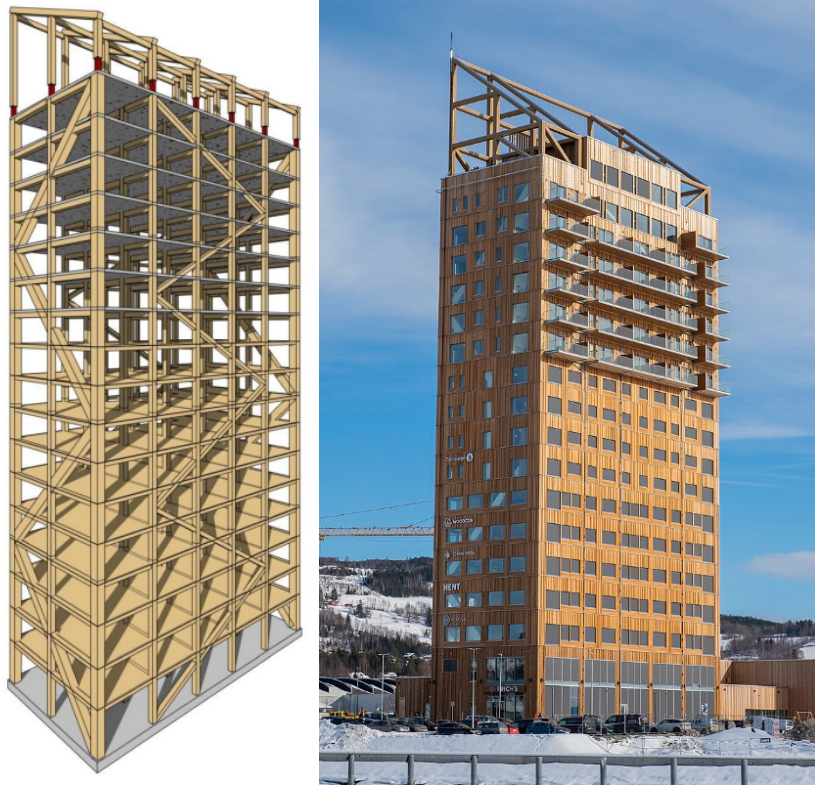
Şekil 9. Modifikasyonla direnci ve boyutsal kararlılığı artırılmış ahşap (Song vd., 2018)

4. Masif Ahşap Kullanan Bazı Endüstrilerde 'Sıfır Atık' Yaklaşımı

Masif ahşabı büyük miktarlarda kullanan alt endüstri şubelerinde 'sıfır atık', 'geri dönüşüm' ve 'yeniden kullanım' yaklaşımları, sadece masif ahşap üreten tesislere göre farklı özelliklerde olmaktadır. Üretilen ara ve son ürün çeşidi daha az olup, buna bağlı olarak çıkan artıklar ve kullanılmış ürünler de daha az çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışma kapsamında yapısal ahşap endüstrisi ile ahşap palet (ambalaj) endüstrisinde 'sıfır atık' yaklaşımı kapsamında yapılan faaliyetler incelenmiştir.

4.1. Yapısal Ahşap Endüstrisinde 'Sıfır Atık' Yaklaşımı

Ahşap yapı endüstrisinde büyük boyutlarda ve büyük miktarlarda masif ahşap tüketimi gerçekleşmektedir. Büyük boyutlu tek parça (masif) yapısal ahşabın üretilmesi için, özellikle masif parçalar, büyük çaplı ağaçlardan üretilmektedir. Günümüzde daha düşük kalitede ve daha küçük boyutta hammaddeye ihtiyaç duymasından ve daha yüksek malzeme performansı vermesinden dolayı CLT, GLULAM gibi tabakalı (lamine) ahşaplardan yapısal malzemeler ve binalar üretilmektedir. Ancak tek parça veya lamine olmasına bakılmaksızın, 20x20, 30x30cm gibi büyük ebatlardaki taşıyıcı yapı malzemelerinin üretilmesi için yine yüksek miktarda ahşap tüketimi gerçekleştirilmektedir. Örneğin yapılan bir çalışmada (Tirth vd., 2019), 120m² bir ev için ortalama 31,2m³ ahşap tüketimi (m² başına 3,84 m³) olmaktadır. Bu rakam bir konut için geçerli olup, yüksek katlı binalarda taşıyıcıların daha fazla ve/veya daha ebatlı olması nedeniyle bu miktarın artabileceği söylenebilir. Örneğin bu çalışmanın yapıldığı zamanda Dünya'nın en yüksek 2. binası olan 85,4 m yüksekliğindeki Mjøstårnet'te (Wikipedia, 2024), 18 kat bulunmakta ve yapımında 2600 m³ ahşap tüketimi gerçekleşmiştir (Abrahamsen, 2017). Kat başına ortalama 144,4 m³ ahşap tüketimi gerçekleştiği söylenebilir. Bununla birlikte, belirtilen 11300 m² net kullanım alanı dikkate alındığında, m² başına 4,34m³ ahşap tüketimi olduğu ve diğer çalışmada belirtilen orandan daha yüksek olduğu söylenebilir (Şekil 10).



Şekil 10. Mjøstårnet binasının yapı sistemi (sol) ve fotoğrafı (sağ)

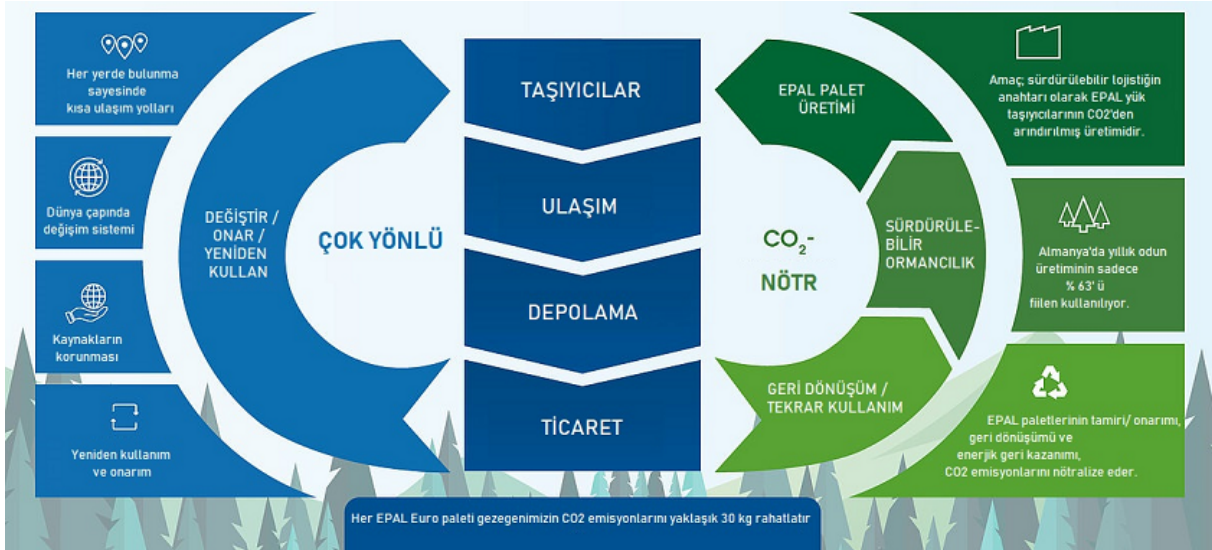
Ahşap yapılarıdaki bu yüksek miktarlardaki tüketim nedeniyle 'sıfır atık' yaklaşımı daha fazla öne çıkmaktadır. Özellikle 'geri dönüşüm' ve 'yeniden kullanım' gibi proseslerle ilgili araştırmalar, yüksek katlı ahşap binaların da yaygınlaşmasıyla birlikte hızlanmıştır. Yapıyı oluşturan parçaların inşaat öncesinde (Görgün ve Dündar, 2018), kullanım sırasında yerinde (Conde vd., 2014) veya sökülen parçaların tekrar kullanılabilirliğinin değerlendirilebilmesi (Ottosen vd., 2021; Chúláin vd., 2023) için tahribatsız değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Pellerin ve Ross (2002)'a göre tahribatsız değerlendirme yöntemleri, incelenen malzemeyi tahrip etmeden ve son kullanım yerini, performansını ve ekonomik değerini değiştirmeden, onun fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleme bilimi olarak

tanımlanmaktadır. Günümüzde görsel sınıflandırma ile akustik (titreşim) esaslı yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşap yapıların restorasyonunda bütün yapıyı yenilemek yerine, sadece işlevini yerine getirmeyen parçaları tespit edip değiştirilmesini sağlayarak, atıkların azaltılması ve daha sürdürülebilir inşaa pratiklerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Bunun dışında ahşap yapı endüstrisinde çıkan parçaların farklı amaçlarla değerlendirilmesi konusunda Amerika'daki bazı gitar üreticilerinin (StoryWood, 2024) yaklaşımı örnek gösterilebilir. Eskimiş ahşabın daha iyi akustik özelliklere sahip olması, ahşap yapılardan çıkan ahşap parçaların enstrüman yapımında kullanılması bakımından öncelikli yaklaşımlardandır. Ayrıca düzgün ses çıkışı için gitarların ses kasasında düzgün lifli ve radyal ahşap tercih edilmektedir. Ancak düzgün lifli masif ahşabın bulunmasının zorluğu, radyal ahşabın diğer ürünlere göre daha düşük randımanlı biçme yöntemleriyle elde edilmesinden dolayı daha pahalı olması vb. nedeniyle gitar üreticilerini uygun malzeme bulmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bazı firmalar, istenen özelliklerdeki ahşabın teminini kolaylaştırmak için, bir ila üç katlı ahşap evlerin yıkım işlerini üstlenmektedir.

4.2. Ahşap Palet Endüstrisinde 'Sıfır Atık' Yaklaşımı

Lojistik sektörünün önemli bileşenlerinden ahşap paletlerin büyük bir kısmı masif ahşaptan üretilmektedir. Diğer malzemelere göre direncine göre daha hafif oluşu, kolay üretilmesi, ürün olarak ucuz olması vb. özellikleri nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Çok sayıda üretilip, kullanıldığı için orman ürünleri endüstrisinde önemli bir paya sahiptir. Örneğin Avrupa'daki ahşap ambalaj ve palet endüstrisi, 2015 yılında 20 milyon m³ kesilmiş kereste tüketmiş ve bu da toplam kesilmiş kereste üretiminin % 20'sini oluşturmaktadır. Yüksek miktardaki tüketim (2023 yılında dolaşımda olan 650 milyon EPAL palet gibi) nedeniyle, ormansızlaşmanın önüne geçilmesi adına bazı tedbirlerin alınması söz konusudur. Yük taşıyan ürünler olmasına karşın basit yapısı nedeniyle, oluşabilecek hatalar standardize edilip 'geri dönüştürülmüş palet' kavramı da geliştirilmiştir. EPAL (The European Pallet Association e.V. - Avrupa Palet Birliği) standartlarındaki paletlerin en az 20 defa kullanım ömrüne sahip olduğu ve lisanslı firmalarla tamir edilen paletlerin ömrünün 7-8 yıla kadar arttırılabildiği belirtilmektedir. Ayrıca bir EPAL Euro paletinin, ahşap ile karbon depoladığı için karbon bütçesini yaklaşık 30 kg azalttığı, 30 kg CO₂'in de bir sıcak hava balonunun hacmine karşılık geldiği belirtilmektedir (EPAL Türkiye, 2024). Bu bir palet için az gözükebilir ama sadece dolaşımda olan 650 milyon EPAL palet olduğu düşünülürse zaman, önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca paletlerin yeniden kullanılabilir (çoklu kullanım) olmasının sağlanmasıyla çevreyi koruduğu da belirtilmektedir (Şekil 11). Bu doğrultuda Avrupa Parlamentosu, 2008 sonunda %15 olan ahşap paletlerdeki geri dönüşüm oranını, 2025 yılı sonunda %25'e, 2030 yılı sonunda ise %30'a çıkmasını hedeflemiştir. Bununla birlikte dolaşımda 650 milyon EPAL sertifikalı palet olmasına ve tüm bu etkin geri dönüşüme karşın, yüksek kalitede geri dönüşüm için ahşap ambalaj yerine, plastik ambalaj malzemelerini de önermiştir. Çünkü taşınan yüklerin zorlayıcı etkileri ve özensiz kullanım nedeniyle, ahşap ambalajlardaki geri dönüşüm oranı plastiğe göre düşük kalabilmektedir.



Şekil 11. EPAL paletlerde ekonomi ve çevre açısından döngüsellik (EPAL Türkiye, 2024).

Sonuç

Dünya'daki kaynakların sürdürülebilir olsa da mevcut nüfus ve tüketim miktarı düşünüldüğünde yetmeyeceği veya sürdürülebilir nitelikte olmadığını birçok veri göstermektedir. Bu nedenle üretim ve tüketimde kaynakların etkin kullanımı kaçınılmazdır. Burada üretici ve tüketiciye ayrı roller düşse de, sonuçta herkesin Dünya'da yaşadığı da unutulmamalıdır.

Bu çalışma kapsamında incelenen sıfır atık yaklaşımı ve onun getirdiği geri dönüşüm ve yeniden kullanım yaklaşımlarının halihazırda belirli oranlarda masif ahşap endüstrisinde kullanıldığı görülmektedir. Ekonomik sebeplerle birlikte kullanılan hammadde olan ağacın sağladığı ekolojik faydalar nedeniyle sorumlu tüketim anlayışının gün geçtikçe arttığı söylenebilir. Ayrıca masif ahşabın yakılmak yerine, farklı bir ürün olarak kullanıma devam ettirilmesi, küresel iklim değişikliğine neden olan karbon emisyonunun azaltılmasına da önemli katkı sunmaktadır. Bununla birlikte üreticiler bakımından bu tür etkiler olumlu olsa da, uzun vadede ve dolaylı olarak gerçekleşmesinden dolayı, genellikle kısa vadede benimsenmesi zordur. Bu doğrultuda geri dönüşüm ve yeniden kullanım ile masif ahşap artıklarının daha katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, bu konuda ar-ge yapılması vb. üreticiyi daha da motive edecektir. Son kullanıcı tarafından da bu tür kavramların önemi benimsendiği takdirde, daha kapsamlı gelişmeler yaşanacaktır.

Kaynakça

- [1] Awogbemi, O., Kallon, D. V. V., & Bello, K. A. (2022). Resource recycling with the aim of achieving zero-waste manufacturing. *Sustainability*, 14(8), 4503.
- [2] Koç, M. (2023). Wood-Based Circular Bioeconomy in the Building Sector: Impacts, Opportunities and Innovations. In Türker, H. B. & Bolat, F. (Eds.). *Architectural Sciences and Ecological Approaches*. 2023, Chapter: 7, 189-217. ISBN: 978-625-367-073-3. Iksad Publications. & Bolat, F.(Eds.).
- [3] FZTH, 2024, 3R KAVRAMI: AZALT - YENİDEN KULLAN - GERİ DÖNÜŞTÜR, Yapılı Çevreler İçin Enerji Verimli Çözümler, From Zero to Hero, Gazi Üniversitesi, <https://fromzerotohero.gazi.edu.tr/site/wp-content/uploads/2021/09/Modul-2-3R-KAVRAMI-1.pdf>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024
- [4] OGM, 2024, Kavak Ağaçlandırma Tekniği, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Kocaeli,

- <https://www.ogm.gov.tr/kavakcilik/e-kutuphane-sitesi/Dokumanlar/Melez%20Kavak%20A%C4%9Fa%C3%A7land%C4%B1rma%20T%20ekni%C4%9Fi.pdf> Erişim Tarihi: 20 Eylül 2024
- [5] GFN, 2024, Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/> , Erişim Tarihi: 20 Eylül 2024
- [6] COD, 2024, 2024 Earth Overshoot Day. Global Footprint Network, <https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/> , Erişim Tarihi: 20.09.2024
- [7] Ticaret Bakanlığı, 2023, AB Ormansızlaşmanın Önlenmesi Mevzuatı, AB Tek Pazar ve Yeşil Mutabakatı Dairesi, Uluslararası Anlaşmalar ve AB Genel Müdürlüğü, Ticaret Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti, <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-dongusel-ve-surdurulebilir-sanayi-politikalari/ab-ormansizlasmanin-onlenmesi-mevzuati>, Erişim Tarihi: 16 Eylül 2024
- [8] SBB, 2023, On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028), Strateji Ve Bütçe Başkanlığı, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/> , Erişim Tarihi: 31 Ekim 2023
- [9] European Commission, 2024, Presentation of ‘Regulation (EU) 2023/1115 on commodities and products associated with deforestation and forest degradation EUDR’, European Commission, 25 June 2024, https://ticaret.gov.tr/data/641d68d913b87680cc7ab3b9/Presentation_EUDR.pdf, Erişim Tarihi: 16 Eylül 2024
- [10] Kantay, R., 2005, Kereste endüstrisi ders notu (yayınlanmamış), Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [11] TS 654, 1975, Kerestelik tomrukların biçilmesi sırasında oluşan artıklar, kayıp ve randıman (terimler, tarifler, ölçme metotları, randıman ve kayıp oranları, saptama ve hesap kuralları), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [12] Özen, R., 1978, Kereste endüstrisinde randıman ve randımanı etkileyen önemli faktörler, Verimlilik dergisi, 8, 1.
- [13] Logica, 2024, Logica Goes Green (#1): Photovoltaic System, Logica H&S, <https://www.logica-hs.it/en/post/logica-goes-green-1-photovoltaic-system>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024
- [14] Ikea, 2024, Inter IKEA Systems B.V, İsveç, <https://www.ikea.com.tr/>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024
- [15] ETSY, 2024, Handmade Pear Wood Makeup Organizer, <https://www.etsy.com/listing/73177647/handmade-pear-wood-makeup-organizer?ref=related-2> , Erişim Tarihi: 20 Eylül 2024
- [16] Bozkurt, A Y, Göker, Y (1996) Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, O.F. Yayın No. 436, ISBN 975-404-420-1.
- [17] WoodWatch, 2024, WoodWatch, <https://www.woodwatch.com/en/>, Erişim Tarihi: 29 Eylül 2024
- [18] Görgün, H.V., Ünsal, Ö., Yusufoglu, Y., Erkut, E., Candan, Z., 2022. Isıl işlem uygulanmış masif ahşaptan kalem üretimi, Türk Patent No. 2022/008881.
- [19] Dong, X., Gan, W., Shang, Y., Tang, J., Wang, Y., Cao, Z., Xie, Y., Liu, J., Bai, L., Li, J., Rojas, O. J. (2022). Low-value wood for sustainable high-performance structural materials. Nature Sustainability, 5(7), 628-635.
- [20] Song, J., Chen, C., Zhu, S., Zhu, M., Dai, J., Ray, U., ... & Hu, L. (2018). Processing bulk natural wood into a high-performance structural material. Nature, 554(7691), 224-228.
- [21] Tirth, V., Algarni, S., Agarwal, N., & Saxena, A. (2019). Greenhouse gas emissions due to the construction of residential buildings in Moradabad, India. Applied Ecology & Environmental Research, 17(5).

- [22] Wikipedia, 2024, Mjøstårnet, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Mj%C3%B8st%C3%A5rnet>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024
- [23] Abrahamsen, R. (2017). Mjøstårnet-Construction of an 81 m tall timber building. In Internationales Holzbau-Forum IHF (Vol. 2017).
- [24] Görgün, H. V., DüNDAR, T. (2018). Strength grading of turkish black pine structural timber by visual evaluation and nondestructive testing. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 20(1), 57-66.
- [25] Conde, M. M., Liñán, C. R., & de Hita, P. R. (2014). Use of ultrasound as a nondestructive evaluation technique for sustainable interventions on wooden structures. *Building and Environment*, 82, 247-257.
- [26] Ottosen, L.M., Jensen, L.B., Ingeman-Nielsen, T., Nøgendahl, K., Karatosun, S, Vind, D.L., Gustafsson, K.F., Samdal, J.S, Petersen, J.L., Brogaard, J., Forsingdal, C.V., Christiansen, A.M.B., Mikkelsen, J., Tybjerg, M.T., 2021, “Enabling business by reuse of basic building components – documentation of quality for second use” Project (2021-2025), Technical University of Denmark – DTU, Denmark, <https://orbit.dtu.dk/en/projects/enabling-business-by-reuse-of-basic-building-components-documenta>
- [27] Chúláin, C. U., Llana, D. F., Hogan, P., McGetrick, P., & Harte, A. M. (2023). Bending characteristics of CLT from recovered spruce. In *World Conference on Timber Engineering* (Vol. 2023, pp. 888-894).
- [28] Pellerin, R.F., Ross, R.J., 2002, *Nondestructive Evaluation of Wood, Forest Products Society Publication*, Madiosun, USA, 1-892529-26-2.
- [29] StoryWood, 2024, StoryWood Music, <https://www.storywoodmusic.com/>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024
- [30] EPAL (2023). Epal Statement on the Discussion of the Packaging and Packaging Waste Regulation in the European Parliament on November 21, 2023, European Pallet Association e.V. (EPAL), Düsseldorf. [Çevrim-içi: <https://www.epal-pallets.org/en/news/news/details/article/epal-statement-on-the-discussion-of-the-packaging-and-packaging-waste-regulation-in-the-european-parliament-on-november-21-2023>], Erişim Tarihi: 14 Kasım 2023.
- [31] EPAL Türkiye, 2024, EPAL Türkiye, <https://www.epalturkiye.com/tr>, Erişim Tarihi: 30 Eylül 2024.

Degradation of Some Medical Metal Wastes By Electrolysis

*¹Kemal Yüce, ²Gülezer Hazar, ^{3,4}Ahmet İsmail Özkan

^{*1} Department of Physiology, Faculty of Medicine, Selcuk University, Konya, Türkiye

² Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

³ Medicinal-Aromatic Plants Application and Research Center, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

⁴ Department of Pharmaceutical Sciences, Graduate School Of Health Sciences, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Key words: Human health, medical metal wastes, electrolysis, degradation, clean environment.

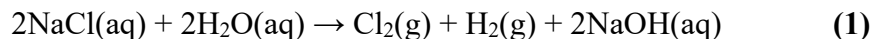
The World Health Organization (WHO) defines healthcare waste (medical waste) as any waste or by-product from hospitals and healthcare facilities for humans and animals used for diagnosis, treatment or vaccination. These wastes include used syringes, needles, metal sharps, bandages, blood samples, body parts, pharmaceutical, chemical, radioactive materials and devices. There are more than 7.5 billion needles and syringes used outside the health system each year. These needles and syringes are used by people with diabetes, migraine, allergies, infertility, arthritis, HIV, hepatitis, multiple sclerosis, osteoporosis, psoriasis or other conditions. Medical waste is only transported by certified medical waste transportation and disposal companies. The waste is then autoclaved and placed in a landfill. Used syringes, scalpels, needles, insulin pump tubing, continuous glucose monitoring tubing and insertion devices are all included in this sorting process and can ultimately expose cleaning workers to needlestick injuries. In fact, needlestick injuries are one of the top three injuries reported in material recovery facilities (MRFs), according to data tracked by waste management companies. Surveillance staff in any public place are also at risk of injury from used needles, syringes, scalpels and insertion devices. There is currently no system in place to track these needlestick injuries, identify the source of the injury or the complications that may arise as a result of these injuries.

The aim of this study is to reduce exposure to injuries such as sticks and cuts from used syringes, scalpels and needles to cleaning workers and to minimize contact with people by ensuring on-site disposal of medical metal waste. Thus, contributing to the creation of a clean environment focused on healthy people.

1.Introduction

Hospital wastes are classified as medical wastes and have a different status than other wastes. These wastes consist of infectious, pharmaceutical, pathological, various chemical and radioactive wastes, sharp and cutting tools. Therefore, they should be collected and processed separately from general wastes. It is important that hospital wastes are stored in a way that will not cause environmental problems. Cutter-Drilling waste is one of the nine categories of hazardous medical waste specified by the World Health Organization [1]. In order for hospital waste not to harm the environment and public health, its final disposal must be carried out. The sterilization capacity is not sufficient during the final disposal of medical waste. For this reason, some of the medical waste can be sterilized and some are disposed of by burying them in household waste [2]. There are various effects of improper treatment. These are poisoning by toxic elements, microbial infections, release of toxins into the atmosphere, soil infiltration, bioaccumulation, leave footprints in the environment, destruction of the living environment. Currently used methods include burning, chemical and mechanical disinfection, autoclave disinfection, and microwave disinfection [3].

Nevertheless it has been reported in the future, hazardous waste may be treated with alkaline solutions as an alternative to disinfection or sterilizing techniques [4]. Solid medical wastes are converted into an aqueous solution by alkaline hydrolysis, which also involves adding and stirring an alkaline solution at a specific temperature to facilitate digestion. This approach efficiently uses NaOH and KOH as alkalis [5]. Both Gram positive and Gram negative bacteria were moderately affected by NaOH [6]. Brine electrolysis mostly yields sodium hydroxide, hydrogen, and chlorine showed at equation 1. During salt water electrolysis, electricity is used to produce chlorine at the anode and to reduce water to hydrogen and caustic soda at the cathode. This process occurs according to the following electrode reactions [7]:



During electrolysis, atoms and ions are displaced by removing or adding electrons. Electrocoagulation occurs during this process [8]. As electrolysis proceeds, hydroxyl ions are produced during electrolysis and react with the positive electrode [9].

The aim of this study is to dispose of medical metal wastes (such as syringes, scalpels and needles) from hospitals via electrolysis. In this way, it is targeted to minimise the risk of hospital wastes on both human and environmental health.

2. Materials and Methods

This study was carried out according to the electrolysis method with minor modifications [9,10]. In this study, scalpels and lancets, which were identified as medical metal waste, were purchased commercially. Distilled water was used as the electrolysis control group. 17 volts was applied as electrical power. NaCl was used as electrolyte and was tested at 2%. Carbon rods, scalpels and lancets were used as electrodes. After electrolysis, the precipitate was separated by centrifugation at 8,000 rpm for 5 min. The pH of the colloidal solution formed as a result of electrolysis was measured with pH strips. It was then washed thoroughly with deionised water (DI) and ethanol. The washing process was repeated three times.

3. Results and Discussion

Within the scope of the study, electrolysis conditions were designed as 17 V and 2% NaCl. In the electrolysis process, NaCl was first dissolved. Distilled water was used as solvent. In the control group, there was no NaCl. In the sample with 2% NaCl, a change in the color of the solution was observed depending on time and various precipitates were formed in the solution environment. After the beginning of the electrolysis process, corrosion and eventually degradation of the medical metals were observed. Figure 1 shows effect of electrolysis on scalpel and lancet. Electrolysis conditions of control and samples are shown in Figure 2. It was observed that the solution was at pH 6 and has magnetic feature. It is shown in Figure 3.

Scalpel and lancet before electrolysis
process (Initial)

Weight scalpel : 448.5 mg
Length scalpel : 4 cm
Weight lancet : 232.5 mg
Length lancet : 4 cm

Scalpel after electrolysis process
(Final)

Weight : 275.1 mg
Length : 2 cm

Lancet after electrolysis process
(Final)

Weight : 108.7 mg
Length : 2 cm

Final weight : 165 mg

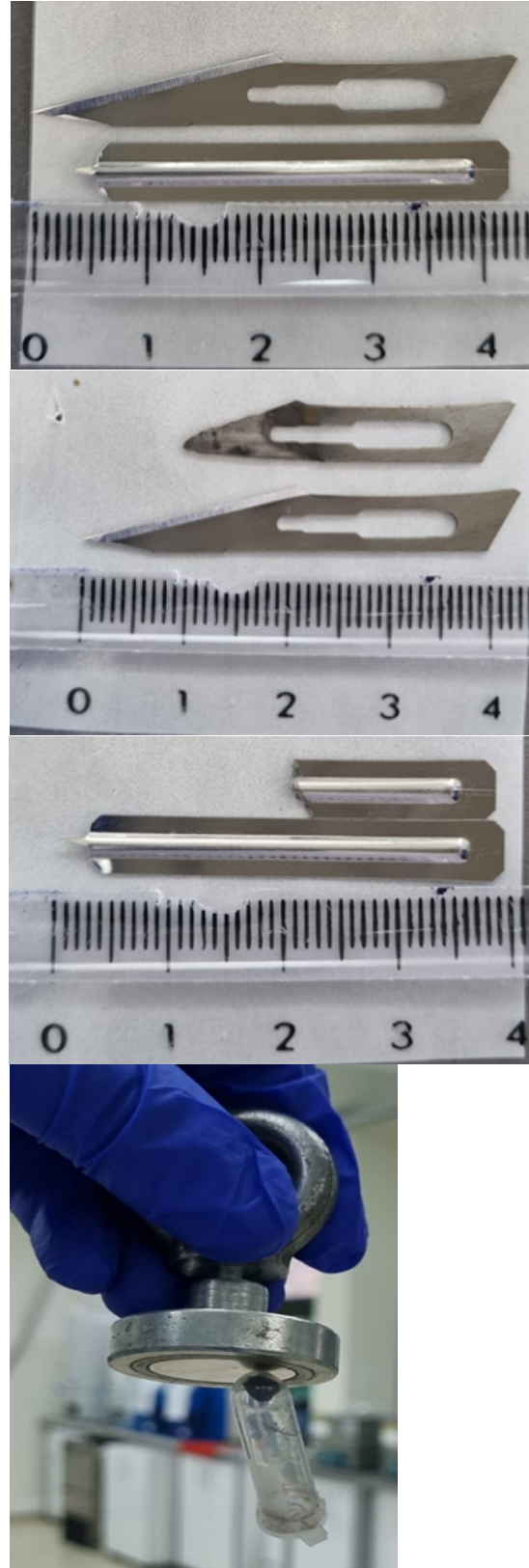
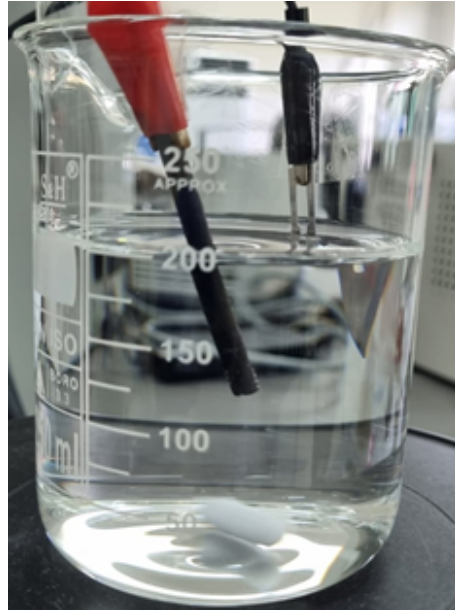


Figure 8. Effect of electrolysis on scalpel and lancet

Control
NaCl 0%
17.0 V
0.0 A



Electrolysis
NaCl 2%
17.0 V
1.37 A



Figure 9.Electrolysis conditions of control and medical metal wastes

pH : 6

Magnetic feature via
external magnet



Figure 10. pH and magnetic features of colloidal metal solution after electrolysis

4. Conclusion

In this study it is shown the possibility to dispose of medical metal wastes (such as syringes, scalpels and needles) from hospitals via electrolysis. As a result of the study, a magnetic colloidal solution was obtained. This solution was created from a scalpel and lancet using 17 volts and a 2% salt solution. These medical metals, which normally have sharp and cutting properties, were transformed into a magnetic colloidal solution as a result of the study. After this process, it can be easily transported and disposed of. In addition, it is thought that the reaction solution, which has a neutral pH, will not have any side effects on nature. As stated in the literatures [7], it is thought that NaOH is formed as a result of electrolysis. It is suggested to investigate the nanoparticle properties of the magnetic precipitate obtained as the final product.

Various (gold, nickel hydroxide, aluminum oxide, silver and tin dioxide) nanoparticles have been synthesized with this method. It has been stated that the size of the nanoparticles obtained as a result of the synthesis is between 96-211 nm [11]. However, as a result of water electrolysis, simple process and high purity hydrogen can be produced [12].

It is thought that various nanoparticles will be formed as by-products as a result of electrolysis of medical metal waste. It is recommended to examine the biological activities of these nanoparticles. As a result it will lead to clean and safe zero waste.

References

- [1] O. İnan, K. Kumaş, and A. Ö. Akyüz, "An overview of the medical waste disposal of Turkey," *Scientific Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, vol. 3, no. 2, pp. 59-62, 2020.
- [2] O. Üçüncü and E. Yazici, "Hospital waste management in trabzon," *Sigma*, vol. 27, no. 1, p. 1, 2009.
- [3] M. Attrah, A. Elmanadely, D. Akter, and E. R. Rene, "A review on medical waste management: treatment, recycling, and disposal options," *Environments*, vol. 9, no. 11, p. 146, 2022.
- [4] S. C. Pinho, O. C. Nunes, A. Lobo-da-Cunha, and M. F. Almeida, "Inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* spores by alkaline hydrolysis applied to medical waste treatment," *Journal of environmental management*, vol. 161, pp. 51-56, 2015.
- [5] H. G. Mazzei and S. Specchia, "Latest insights on technologies for the treatment of solid medical waste: A review," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 11, no. 2, p. 109309, 2023.
- [6] A. A. Rushdy and A. S. Othman, "Bactericidal efficacy of some commercial disinfectants on biofilm on stainless steel surfaces of food equipment," *Annals of microbiology*, vol. 61, pp. 545-552, 2011.
- [7] P. Millet, "Chlor-alkali technology: fundamentals, processes and materials for diaphragms and membranes," in *Handbook of Membrane Reactors*: Elsevier, 2013, pp. 384-415.
- [8] J. Cho, J. Lee, and C. Ra, "Effects of electric voltage and sodium chloride level on electrolysis of swine wastewater," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 180, no. 1-3, pp. 535-541, 2010.
- [9] E. A. Bekele, H. A. Korsá, and Y. M. Desalegn, "Electrolytic synthesis of γ -Al₂O₃ nanoparticle from aluminum scrap for enhanced methylene blue adsorption: experimental and RSM modeling," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 16957, 2024.
- [10] T. Hosoya *et al.*, "Electrolytic synthesis of metallic aluminum nanoparticles in aqueous solution," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 25, no. 8, p. 164, 2023.
- [11] S. Anggraeni and F. Kurniawan, "Synthesis of aluminium nanoparticles using electrochemical method," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1445, no. 1: IOP Publishing, p. 012013.
- [12] Y. Xu, L. Huang, Y. Zhang, and L. Gan, "Enhanced steam electrolysis with exsolved iron nanoparticles in perovskite cathode," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47, no. 58, pp. 24287-24296, 2022.

New Approach to Agarose Gel Electrophoresis: Eastern Type Agarose Gel Electrophoresis

*¹ Kemal Yüce, ^{2,4} Uğur Işık, ^{2,5} Mesut Namlı, ³ Hüseyin Akşit, ^{2,6} Ahmet İsmail Özkan

^{*1} Selcuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Türkiye

² Artvin Coruh University, Medicinal-Aromatic Plants Application and Research Center, Türkiye

³ Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Pharmacy, Department of Basic Pharmaceutical Sciences, Türkiye

⁴ Artvin Coruh University, Institute of Graduate Education, Department of Biology, Türkiye

⁵ Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, Türkiye

⁶ Department of Pharmaceutical Sciences, Graduate School Of Health Sciences, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Key words: Electrophoresis, Agarose gel, Ethidium bromide

Agarose gel electrophoresis was first introduced in 1962 for the separation of DNA. Ethidium bromide (or other fluorescent DNA intercalator) is one of the main component of agarose gel electrophoresis. Ethidium bromide is a fluorescent dye that can be bound for visualization of double-stranded DNA in gels. For 40 years it has been a fundamental experimental technique in any molecular biology laboratory. The interaction between ethidium and double-stranded DNA has been observed to be an intercalation between base pairs with strong experimental evidence. The toxic effects of ethidium bromide are due to its ability to bind to DNA; therefore, all nucleated cells are affected by this agent.

Sybr green can be used as an alternative to ethidium bromide. In this case SYBR Gold and SYBR Green can be purchased commercially as 0.5 ml 10 000× concentrate in DMSO. According to the databases, in the last 5 years, 1455 studies have been conducted on Web of Science, 11488 on ScienceDirect, and 14154 on Nature. Ethidium bromide is expected to be used in future studies.

In this study, our goal is to minimize the use of ethidium bromide by introducing a new approach to agarose gel electrophoresis. This will help maintain a clean environment by reducing ethidium bromide-related environmental pollution.

1. Introduction

Electrophoresis is a sophisticated technique for the classification of proteins, carbohydrates, RNA, and DNA. If necessary, the sorted material can be seen and further identified. The PCR product obtained from amplifying a particular gene or a purified protein can be seen using electrophoresis. Sorting products can be done based on their size, guanine (G) and cytosine (C) content, and conformation (three-dimensional structure). The term "electrophoresis" describes the process of separating particles based on charge using an electric current (Foxman, 2012).

Agarose gel electrophoresis is a simple and highly effective method for the separation, identification and purification of DNA fragments. The agarose gel electrophoresis method is divided into three steps: **(i)** a gel is prepared with an appropriate concentration of agarose to ensure separation of DNA fragments depending on their size; **(ii)** DNA samples are loaded into wells and run at the optimum voltage and time to ensure separation; and **(iii)** the gel is stained or, if ethidium bromide (EtBr) is included in the gel and electrophoresis buffer, examined directly when illuminated with UV light. Agarose content ranges from 0.8 to 1.5% in gels. (Voytas, 2000). The concentration of EtBr in agarose gel electrophoresis is 0.5 µg/ml (Lee et al., 2012).

In gel electrophoresis, the molecules to be separated are pushed by an electrical field through a gel that contains small pores.

The aim of this study was to introduce a new approach to agarose gel electrophoresis via both using less EtBr and reusing agarose gel more than once to run the electrophoresis.

2. Materials and Methods

Agarose gel electrophoresis was performed according to the method of Lee et al. with minor modifications (Lee et al., 2012). Agarose gel was prepared as 1% agarose. 2 sets of 15-well combs were used to make corresponding to each well. DNA ladder was used for DNA migration visualization and EtBr binding. EtBr solution with a stock concentration of 10 mg/ml was prepared to obtain concentration of 0.4 µg/ml EtBr in 100 ml. EtBr in each column was calculated approximately.

3. Results and Discussion

The separation of DNA fragments in column, its encounter with EtBr and the resulting fluorescence are seen in Figure 1. Fluorescence is observed as a result of the binding of EtBr between the DNA double strands. Fluorescence bands obtained indicate that DNA fragments directly encountered with EtBr that added into the well opposite to the well containing the DNA fragments.

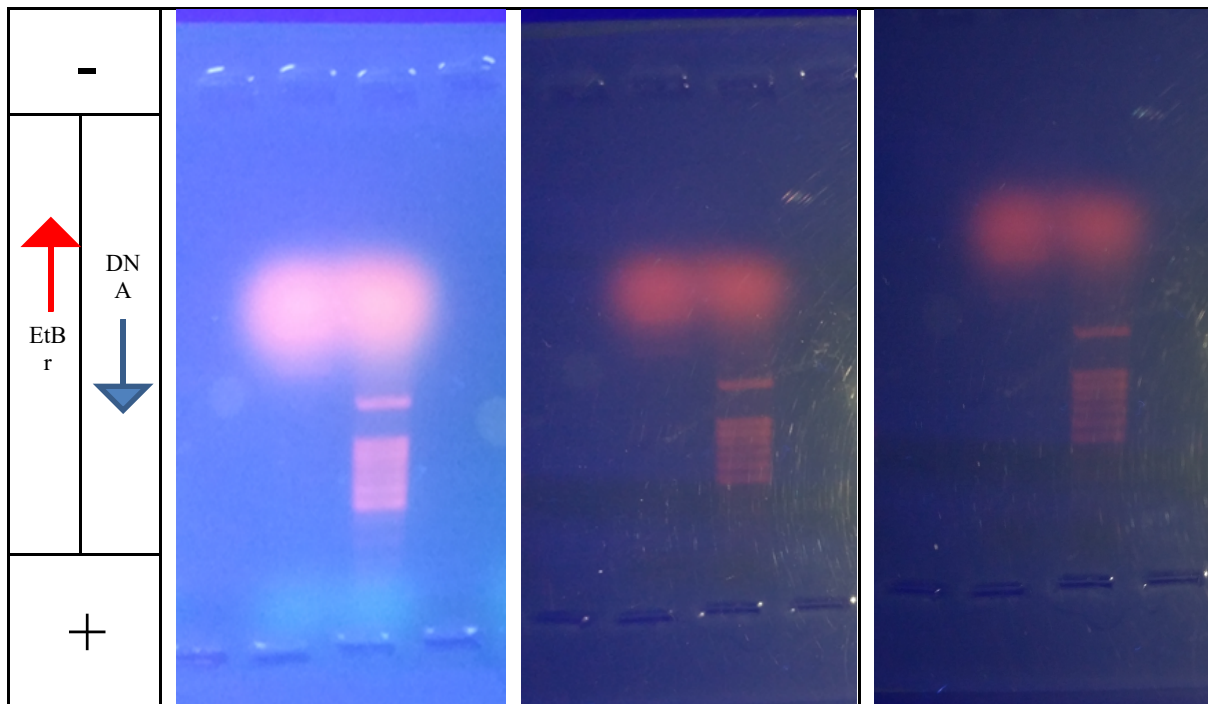


Figure 11. Separation of DNA on columns and fluorescence with EtBr

This method, which has a new approach, prevents the entire agarose gel from being treated with EtBr. In addition, this method allows the agarose gel to be used repeatedly. It is seen in Figure 2. As a result, the rest of the agarose gel will remain clean (uncontaminated) because it has not been treated with EtBr. DNA fragment interaction with EtBr shown in column 5. Column 4 and 12 are used as controls.

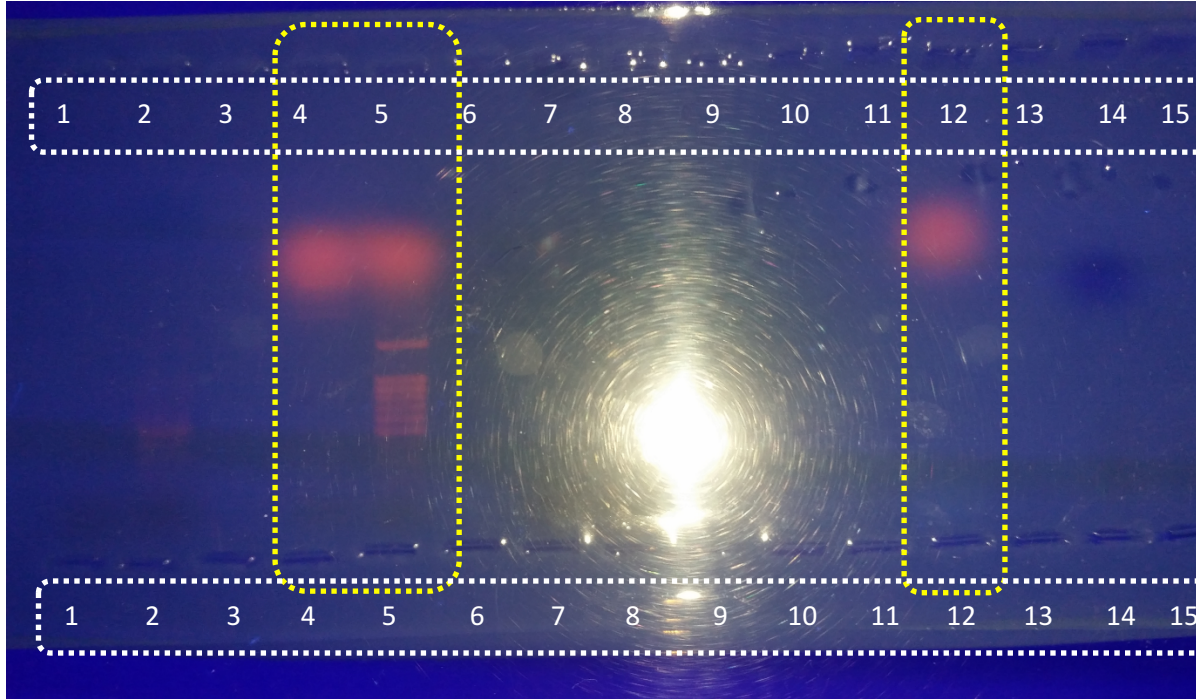


Figure 12. EtBr treated area marked with yellow line. Control (column 4 and 12) and DNA fragments (column 5)

4. Conclusion

There are 2 different types of agarose gel staining methods which are added dye into gel or preparing stain solution. In our study, we used diluted EtBr and added into each column separately. The agarose gel electrophoresis was performed with two sided wells. Thus this new approach named eastern type agarose gel electrophoresis. Optimization studies regarding this method are ongoing.

References

- [1] Foxman, B. (2012). *A Primer of Molecular Biology* (B. Foxman, Ed.). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374133-2.00005-8>
- [2] Lee, P. Y., Costumbrado, J., Hsu, C.-Y., & Kim, Y. H. (2012). Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*(62), e3923.
- [3] Voytas, D. (2000). Agarose gel electrophoresis. *Current protocols in molecular biology*, 51(1), 2.5 A. 1-2.5 A. 9.

Synergistic Antimicrobial Effect of Fluconazole

*¹Ergün Gültekin, ^{2,3}Deniz Canbolat, ^{2,4}Uğur IŞIK, ^{2,5}Ahmet İsmail Özkan

^{*1} Science-Technology Research and Application Center, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

² Medical-Aromatic Plants Application and Research Center, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

³ Department of Medical Biochemistry, Graduate School Of Health Sciences, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

⁴ Department of Biology, Institute of Graduate Studies, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

⁵ Department of Pharmaceutical Sciences, Graduate School Of Health Sciences, Erzincan Binalı Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Key words: Human health, fluconazole, antimicrobial, synergistic activity, environmental health.

Antibiotics are overused in various environments, especially aquaculture, agriculture and clinical settings. As antibiotic use in an environment increase, resistant organisms are more likely to survive. Antifungal resistance, and in particular resistance to azoles, is a clinically significant problem. This resistance has been classified as a serious health threat by the World Health Organization. Long-term and inappropriate use of antifungal drugs may cause fungal resistance. This poses a major challenge in the clinical management of fungal infections. The combination of antifungal and non-antifungal drugs to overcome the problem of fungal resistance has been the focus of research in recent years. Studies have shown that the drug resistance mechanisms of *C. albicans* against azole drugs are mainly overexpression of the membrane efflux pump gene, changes in drug target enzymes, biofilm formation, calcineurin signaling pathway activation, zinc transcription factor mutation and changes in cell membrane permeability. Triazoles exhibit two tautomeric forms on the basis of the attachment of the H atom, such as 1,2,4-triazole and 1,2,3-triazole. These compounds, including 1,2,4-triazole and its derivatives, have been extensively studied for their biological activities, coordination chemistry properties, and medicinal applications. Also, 1,2,4-triazole-5-thiones are significant compounds in medicinal chemistry and have been extensively studied. Moreover, Schiff bases derived from 1,2,4-triazole-5-thione have been synthesized and studied for their biological activities, including antimicrobial, anticancer, and cytotoxic properties.

For these reason, the aim of this study is to investigate the synergistic antimicrobial activity of 1,2,4-triazole-5-thione-Schiff base derivatives with commercial Fluconazole. 1,2,4-triazole-5-thione derivatives were prepared in multiple steps starting from hydrazides. 1,2,4-triazole-5-thione-Schiff base derivatives were obtained from the reaction of 4-amino-1,2,4-triazoles with furan-3-carbaldehyde in the presence of a catalytic amount of acetic acid in ethanolic medium.

1. Introduction

Triazoles exhibit two tautomeric forms on the basis of the attachment of the H atom, such as 1,2,4-triazole and 1,2,3-triazole (Salma et al., 2023). 1,2,4-triazoles are a class of compounds that have gained significant attention due to their diverse applications in various fields. These compounds, including 1,2,4-triazole and its derivatives, have been extensively studied for their biological activities, coordination chemistry properties, and medicinal applications (Guan et al., 2024). Also, 1,2,4-triazole-5-thiones are significant compounds in medicinal chemistry and have been extensively studied (Ding et al., 2009). Moreover, Schiff bases derived from 1,2,4-triazole-5-thione have been synthesized and studied for their biological activities, including antimicrobial, anticancer, and cytotoxic properties (Farghaly et al., 2015). For these reason, we decided to synthesize and biological activity investigation of some 1,2,4-triazole-5-thione-Schiff base derivatives.

2. Materials and Methods

2.1. Synthesis

1,2,4-triazole-5-thione derivatives were prepared in multiple steps starting from hydrazides. 1,2,4-triazole-5-thione-Schiff base derivatives were obtained from the reaction of 4-amino-1,2,4-triazoles with furan-3-carbaldehyde in the presence of a catalytic amount of acetic acid in ethanolic medium. The synthesis reaction shown in Figure 1.

2.1.1. (E)-4-((Furan-3-ylmethylene)amino)-3-methyl-1H-1,2,4-triazole-5(4H)-thione (a)

White powder (88% yield); M.p. 153-154°C; ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆): 3.41 (t, 3H, CH₃), Ar-H: [6.91 (s, 1H), 7.84 (s, 1H), 8.41 (s, 1H)], 9.82 (s, 1H, N=CH), 13.65 (s, 1H, SH); ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆): 11.13 (CH₃), 107.32 (CH), 121.50, 146.03 (CH), 148.63 (triazole C-3), 149.72 (CH), 157.14 (N=CH), 161.57 (triazole C-5).

2.1.2. (E)-4-((Furan-3-ylmethylene)amino)-3-phenyl-1H-1,2,4-triazole-5(4H)-thione (b)

White powder (90% yield); M.p. 179-181°C; ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆): Ar-H: [6.90 (s, 1H), 7.51 (s, 3H), 7.84-7.87 (m, 3H), 8.47 (s, 1H)], 9.57 (s, 1H, N=CH), 14.17 (s, 1H, SH); ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆): 107.45 (CH), 121.32, 125.93, 128.63 (2CH), 129.12 (2CH), 131.06 (CH), 146.21 (CH), 148.79 (triazole C-3), 150.11 (CH), 160.56 (N=CH), 162.78 (triazole C-5).

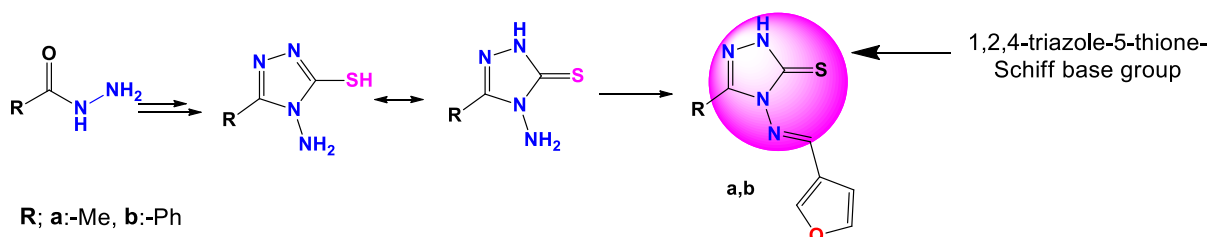


Figure 13. Synthesis steps

2.2. Synergistic Antimicrobial Effect

Synergistic antimicrobial effect was tested according to the disk diffusion method with minor modifications (El Malah et al., 2020). Pathogenic microorganisms (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*) were used in the study. Firstly 100 µL of each microbial culture was carefully spread onto the surface of Nutrient agar (NA) plates via a sterile cotton swab. Then Fluconazole (25 µg/disk) antibiotic disks were placed onto agar surface. Finally, 1,2,4-triazole-5-thione derivative at 400 µg/mL concentration was impregnated onto the Fluconazole disks. After that, all tested NA plates were incubated overnight at 37 °C for bacterial species and 30 °C for fungal species. DMSO was used as control.

3. Results and Discussion

In this study, 1,2,4-triazole-5-thione derivatives were synthesized. The data obtained as a result of the synergistic effect study are shown in Figure 2. It was observed that DMSO used as solvent had no effect on the interaction with Fluconazole. It was observed that compound **b** showed a low antimicrobial effect on the test microorganisms. However, the highest effect was observed on *S.aureus*. compound **a** showed low antimicrobial effect on *S. aureus* and *C. albicans* microorganisms. However, no effect was observed on *E. coli* and *P. aeruginosa*

microorganisms.

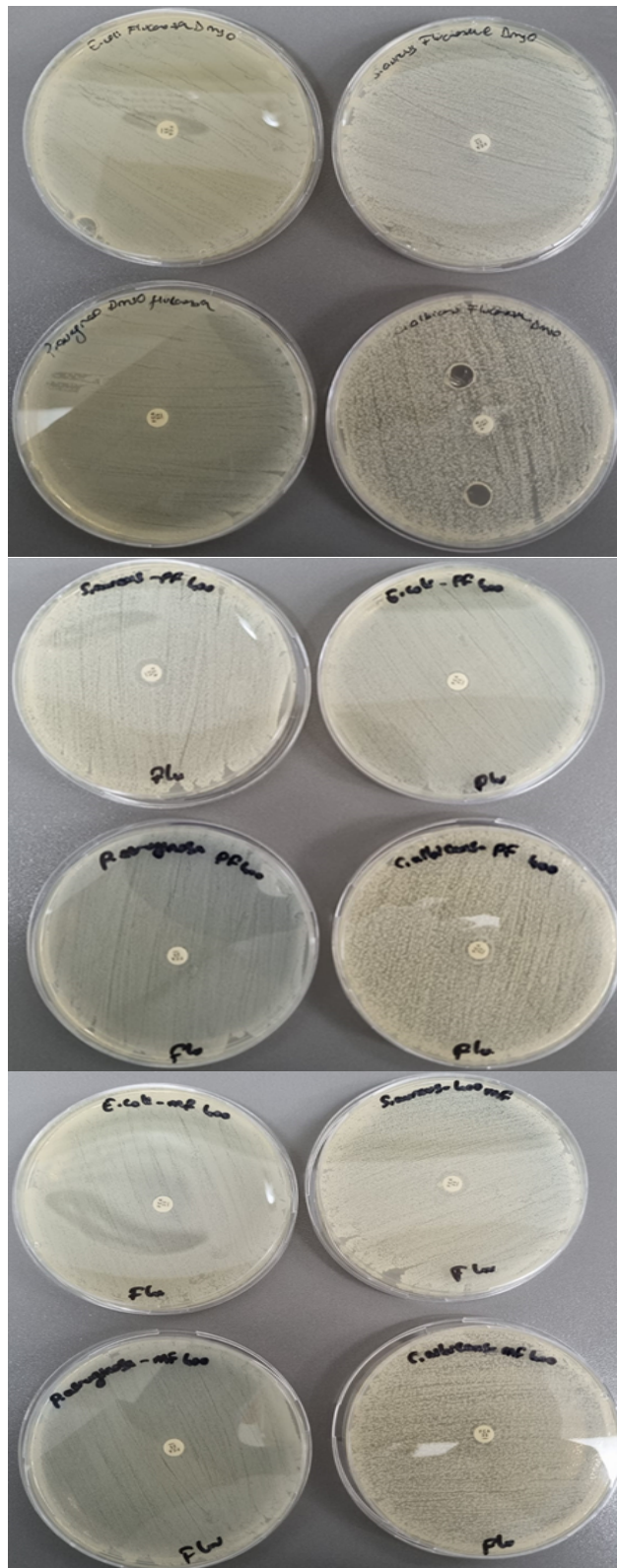


Figure 14. Synergistic antimicrobial effects. Up to down DMSO, PF and MF, respectively.

4. Conclusion

Although the test compounds showed antimicrobial effects on some microorganisms, it is recommended to test the synergistic effects of time kill and various doses. However, it is recommended that different compounds should also be examined with the same test method. Since this test method uses a commercial antibiotic disk, it is thought to be simple, feasible and more reliable. It is thought that this study will pioneer further research.

References

- [1] Ding, Q., Lei, X., Jin, J., Zhang, L., Du, H., & Zhang, H. (2009). Synthesis and structure of novel 1, 2, 4-triazole derivatives containing the 2, 4-dinitrophenylthio group. *Journal of Chemical Research*, 2009(2), 114-119.
- [2] El Malah, T., Nour, H. F., Satti, A. A., Hemdan, B. A., & El-Sayed, W. A. (2020). Design, synthesis, and antimicrobial activities of 1, 2, 3-triazole glycoside clickamers. *Molecules*, 25(4), 790.
- [3] Farghaly, T. A. E.-R., Abdallah, M. A., & MMAHMOUD, H. K. (2015). Synthesis of novel 1, 2, 4-triazoles and triazolo-thiadiazines as anticancer agents. *Turkish Journal of Chemistry*, 39(5), 955-969.
- [4] Guan, Q., Xing, S., Wang, L., Zhu, J., Guo, C., Xu, C., Zhao, Q., Wu, Y., Chen, Y., & Sun, H. (2024). Triazoles in Medicinal Chemistry: Physicochemical Properties, Bioisosterism, and Application. *Journal of Medicinal Chemistry*, 67(10), 7788-7824.
- [5] Salma, U., Ahmad, S., Alam, M. Z., & Khan, S. A. (2023). A review: Synthetic approaches and biological applications of triazole derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 137240.

The Living Artificial Tree: Microalgae Tree

*¹ Hüsamettin Aygün, ^{2,3} Ahmet İsmail Özkan, ⁴ Mehmet DEMİRALAY

*¹ Mimar Sinan Vocational and Technological High School, Mardin, Türkiye

² Medical-Aromatic Plants Application and Research Center, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

³ Department of Pharmaceutical Sciences, Graduate School Of Health Sciences, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

⁴ Department of Forestry Engineering, Faculty of Forestry, Artvin Coruh University, Artvin, Türkiye

Key words: Clean environment, Microalgae tree, Artificial tree, Carbon emission, Human health.

Microalgae are unicellular or simple multicellular photosynthetic microorganisms that can normally be found in aquatic environments such as freshwater, seawater, or extremely saline lakes. Since the 1970s, the use of microalgal as biofuels has been targeted and extensively reviewed due to concerns over oil security and the need to reduce greenhouse gas emissions. Compared to higher plants, microalgae have some advantages, such as higher productivity, lack of seasonality, and non-competition with human food in biofuel production. Their extraordinary biotechnological potential to produce various biocomponents such as pigments, lipids, polysaccharides, biopolymers, proteins, and vitamins has been widely discussed in the literature. Most of these bioproducts are stored intracellularly, and their recovery requires the breakdown of the cell wall. Microalgae can be grown photoautotrophically in closed photobioreactors or open ponds, using sunlight, CO₂ and inorganic nutrients to grow, producing biomass and O₂.

The aim of this study is to present a small-sized tree-shaped microalgae growing device, which we can call a living artificial tree, which can contribute to oxygen production and be used to reduce carbon emissions and is appropriate for both indoor and outdoor use, and to show that microalgae can be growing both indoor and outdoor using this device as a tree.

1. Introduction

Energy problems, pollution and climate change are mostly caused by rapid industrialization and urbanization. In addition, the most important problem today is the gradual depletion of fossil fuel reserves. Therefore, global warming caused by CO₂ emissions from human activities has also become a major environmental problem. Studies show that up to 7% of global CO₂ emissions come from coal-fired thermoelectric power plants [1]. Different technologies, such as the use of amines or solid adsorbents, have been investigated with regard to CO₂ capture and thus the reduction of its emission [2, 3]. Microalgae, another strategy to reduce CO₂ have recently attracted a great deal of attention due to their biological CO₂ reductions, high CO₂ fixing ability and bioactive substances present in their biomass [4-8]. Several studies have shown that microalgae have a better ability to fix CO₂ from the atmosphere or flue gases (10-50 times better) than terrestrial plants [9, 10]. *Spirulina* are multicellular, filamentous, blue-green microalgae that reproduces by binary fission. As it is a photosynthetic microorganism, it is perceived as a microalgae. However, it should be noted that *Spirulina* (cyanobacteria) does not have a membrane-lined nucleus, which makes it possible to categorize it as a bacterium [11]. Due to its high nutritional value and the presence of bioactive compounds, *Spirulina* is one of the most commercially studied microalgae [12]. *Spirulina* is also considered a good candidate for the biofixation of CO₂. For example, *Spirulina* has been reported to have a CO₂ fixation rate ten times higher than land plants [9].

The aim of this study is to present our microalgae-based photobioreactor design, which we call “living artificial tree”. We named our system as a living artificial tree because in the system

we designed, the energy needs of both the microalgae, which are the components of the system, and the system itself will be met by the sun. In addition to the grid system, UV light will be integrated into the inside of the dirty air collection pipes, which are isolated from the outside, in order to prevent contamination problems. With the pilot study, we have produced *Spirulina plantensis* species in a closed system, which represents the basic functioning of the system. On the other hand, we need cooperation with other disciplines and industry sector stakeholders on the macro-scale installation of the system we have designed, the integration of solar panels into the system, real-time monitoring of the quality of the air entering and leaving the system (in terms of CO₂ concentration) (even displaying this with a monitor), and the healthy discharge, harvesting and evaluation of the biomass formed.

2. Materials and Methods

Spirulina plantensis microalgae species used in the study was purchased from Çukurova University, Faculty of Fisheries. *Spirulina plantensis* microalgae species used in the study was purchased from Çukurova University, Faculty of Fisheries. Microalgae were pre-incubated in SP (Culture Collection of Agae and Protozoa) medium.

3. Results and Discussion

For this study, 5 mL microalgae culture was inoculated into 100 mL sterile SP medium and allowed to multiply. The culture was left to incubate at room temperature and sunlight for one week (Figure 1).

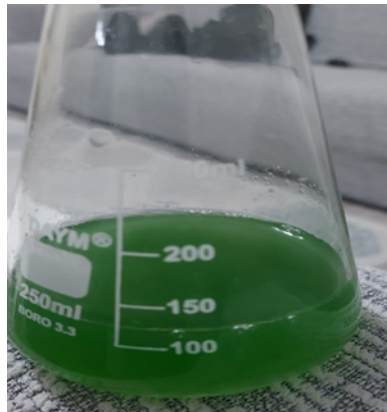


Figure 15. *Spirulina plantensis* culture grown after one week of incubation

When the culture reached the desired density, it was inoculated into a microalgae tank containing 3 liters of SP medium. Appropriate air vacuum velocity and circulation was maintained by two pumps. The culture was allowed to grow for one week at room temperature and sunlight (Figure 2).



Figure 16. Growth of *Spirulina plantensis* in microalgae tank. View during inoculation (1) and after one week (2)

After the proliferation period, the biomass was collected using a filter paper (Figure 3).

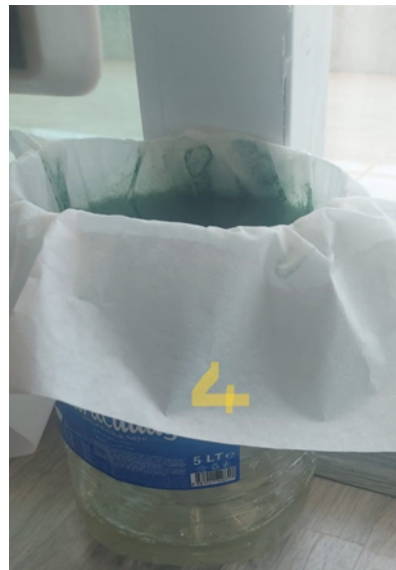


Figure 17. Biomass obtained after one week of reproduction period (3 and 4)

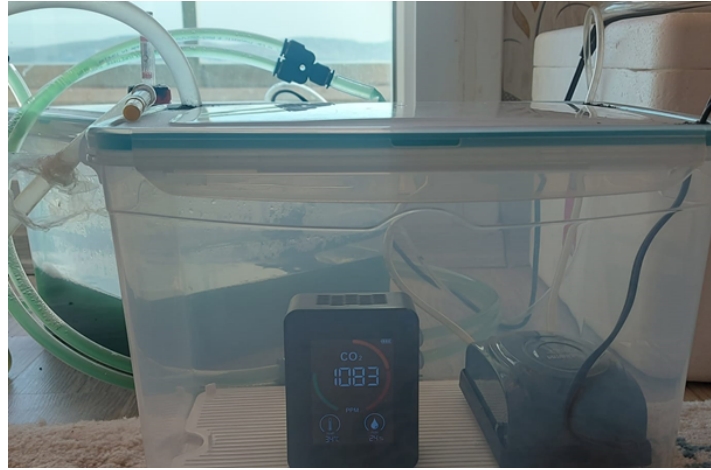


Figure 18. General view of the system

4. Conclusion

Environmental, air and water pollution is the most important problem affecting all people. Türkiye is a country that recently joined the Paris Climate Agreement as a partner. Within the scope of this agreement, it has set future targets for 2030 and 2053. In order to achieve these goals, as a country, we believe that it is necessary to raise social and ecological awareness more recently and widely. Based on this need, we have proposed a project that aims to concretize the concepts of “ecological awareness and sustainability” in our society with its visual design. In this context, we have designed a photobioreactor that we call a “living artificial tree” based on micro algae that works completely with renewable energy. The use of this system in regions and intersections where urban life and vehicle transportation is intense will contribute greatly to achieving the above-mentioned goals. In this context, if such a system turns into a product, the primary target audience will be local governments.

References

- [1] M. G. De Moraes and J. A. V. Costa, "Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor," *Journal of biotechnology*, vol. 129, no. 3, pp. 439-445, 2007.
- [2] A. P. C. Da Rosa, L. F. Carvalho, L. Goldbeck, and J. A. V. Costa, "Carbon dioxide fixation by microalgae cultivated in open bioreactors," *Energy Conversion and Management*, vol. 52, no. 8-9, pp. 3071-3073, 2011.
- [3] C. Sepulveda, C. Gómez, N. E. Bahraoui, and G. Acién, "Comparative evaluation of microalgae strains for CO₂ capture purposes," *Journal of CO₂ Utilization*, vol. 30, pp. 158-167, 2019.
- [4] B. Wang, Y. Li, N. Wu, and C. Q. Lan, "CO₂ bio-mitigation using microalgae," *Applied microbiology and biotechnology*, vol. 79, pp. 707-718, 2008.
- [5] C. Yoo, S.-Y. Jun, J.-Y. Lee, C.-Y. Ahn, and H.-M. Oh, "Selection of microalgae for lipid production under high levels carbon dioxide," *Bioresource technology*, vol. 101, no. 1, pp. S71-S74, 2010.
- [6] M. C. Matsudo, R. P. Bezerra, S. Sato, A. Converti, and J. C. M. de Carvalho, "Photosynthetic efficiency and rate of CO₂ assimilation by *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* continuously cultivated in a tubular photobioreactor," Wiley Online Library, 1860-6768, 2012.
- [7] K. Hancke, T. Dalsgaard, M. K. Sejr, S. Markager, and R. N. Glud, "Phytoplankton productivity in an Arctic fjord (West Greenland): estimating electron requirements for carbon fixation and oxygen production," *PLoS One*, vol. 10, no. 7, p. e0133275, 2015.

- [8] J. H. Duarte, E. G. de Morais, E. M. Radmann, and J. A. V. Costa, "Biological CO2 mitigation from coal power plant by *Chlorella fusca* and *Spirulina* sp," *Bioresource technology*, vol. 234, pp. 472-475, 2017.
- [9] C.-Y. Chen, P.-C. Kao, C.-J. Tsai, D.-J. Lee, and J.-S. Chang, "Engineering strategies for simultaneous enhancement of C-phycoyanin production and CO2 fixation with *Spirulina platensis*," *Bioresource Technology*, vol. 145, pp. 307-312, 2013.
- [10] G. Yadav and R. Sen, "Microalgal green refinery concept for biosequestration of carbon-dioxide vis-à-vis wastewater remediation and bioenergy production: Recent technological advances in climate research," *Journal of CO2 Utilization*, vol. 17, pp. 188-206, 2017.
- [11] M. A. B. Habib, M. Parvin, T. C. Huntington, and M. R. Hasan, "A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals," 2008.
- [12] A. Belay, "The potential application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management," 2002.

Moral Identity in Environmental Education Çevre Eğitiminde Ahlaki Kimlik

* Şayla YILDIRIM

* Inonu University, Institute of Educational Sciences, Department of Social Sciences Education, Malatya, Türkiye

Anahtar sözcükler: Çevre eğitimi, ahlaki kimlik, çevresel kimlik, sürdürülebilirlik.

Özet

Bilim insanları, çevresel bozulmanın ve bunun sonucunda ortaya çıkan küresel iklim değişikliğinin insan ve dünyadaki tüm canlı yaşamı için son derece tehlikeli olduğunu ortaya koyan ikna edici kanıtlar sunmaktadır. Bu doğrultuda, tüm ülkelerde siyasi erkler ve öğretim programları, çevre eğitimi, alternatif çevre paradigmaları ve çevre planlamaları gibi doğal çevrenin korunmasına yönelik farkındalık, duyarlılık ve beceri kazandırmayı hedefleyen birçok uygulama ve yasal düzenleme geliştirmektedir. Ancak, pozitivist paradigmanın biçimlendirdiği modernizmin arka planını oluşturan endüstriyel ilerleme, kalkınma, büyüme ve sınırsız genişleme etkilerinin yıkıcı etkileri, sürdürülebilir bir yaşamı ve çevreyi risk altına almaya devam etmektedir. Buradan hareketle sürdürülebilir doğal çevre adına yürütülen çabaların tam bir karşılık bulamadığı söylenebilir. Çevre sorunlarına ilişkin küresel farkındalığa rağmen, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden uygulamalardan beklenen etkinin alınmaması, bu çabaların ne derece etkili olduğunu sorgulamamıza neden olmaktadır. Bu çalışmada, çevre sorunlarının artmaya devam etmesinin bir nedeninin, bu sorunları ahlaki bir mesele olarak görüp görmememizle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Çevre sorunlarının çözümüne yönelik bir yaklaşım olarak insana “ahlaki kimlik” kazandırılması, çevre felsefesi düşünürleri tarafından yeni bir temel yaklaşım olarak görülmektedir. Ahlaki kimlik, bireyin kendisini etik ve ahlaki değerler doğrultusunda tanımlaması ve bu değerleri günlük yaşamında uygulaması olarak ifade edilir. Ahlaki kimlik, bireylerin ahlaki davranışlarında güçlü bir motivasyon kaynağıdır. Ahlaki kimliğe sahip bireylerin, çevreyle ve doğayla olan ilişkilerinde de ahlaki bir tutum içinde olmaları muhtemeldir. Çevre eğitimi, bir amaç olarak ahlaki kimlik kazandırmayı hedeflediğinde, bireylerin çevre sorunlarını ahlaki bir sorun olarak görmeleri ve kimliklerinin bir parçası olan ahlaki değerlerden hareketle davranışta bulunmaları sağlanabilir. Bu nedenle, bu çalışmada ileri sürülen temel iddia, çevre eğitiminin bireye çevresel bir kimlik kazandırmadan önce ahlaki bir kimlik kazandırmayı hedeflemesi gerektiğidir. Bu çalışma, çevre sorunlarına yönelik bir çözüm önerisi olarak ahlaki kimliğin rolüne ve ahlaki kimlik ile çevresel kimlik arasında nasıl bir ilişki kurulabileceğine dair bir değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır.

Keywords: Environmental education, moral identity, environmental identity, sustainability.

Abstract

Scientists present compelling evidence that environmental degradation and the resulting global climate change pose significant threats to humanity and all living organisms on Earth. In this context, political authorities and educational programs worldwide have developed numerous initiatives and legal regulations aimed at fostering awareness, sensitivity, and skills for protecting the natural environment, such as environmental education, alternative environmental paradigms, and environmental planning. However, the destructive effects of industrial progress, development, growth, and the drive for limitless expansion—rooted in the

positivist paradigm that shaped modernism—continue to jeopardize a sustainable environment and way of life. Accordingly, it can be argued that efforts to achieve a sustainable natural environment have not yielded the desired outcomes. Despite global awareness of environmental issues, the inability to achieve the expected impact from practices promoting environmental sustainability raises questions about the effectiveness of these efforts. This study posits that one reason for the persistent increase in environmental problems may be related to whether these issues are perceived as moral concerns. Instilling individuals with a "moral identity" is regarded by environmental philosophy thinkers as a foundational approach to addressing environmental problems. Moral identity is defined as an individual's self-identification with ethical and moral values and the application of these values in daily life. Moral identity serves as a strong source of motivation for individuals' moral behaviors. It is likely that individuals with a moral identity will adopt an ethical attitude in their relationships with the environment and nature. When environmental education aims to instill moral identity as a goal, individuals can be encouraged to perceive environmental issues as moral problems and act based on moral values that are integral to their identity. Therefore, the central claim of this study is that environmental education should aim to instill moral identity in individuals before imparting an environmental identity. This study seeks to evaluate the role of moral identity as a solution to environmental issues and explore the relationship between moral identity and environmental identity.

1. Giriş

Tarihsel süreçte tüm toplumlar —avcı-toplayıcı, tarım veya endüstriyel— doğa ile kendilerine özgü bir ilişki kurmuş ve toplumsal değişim ve gelişimle birlikte doğaya atfettikleri anlamlar da dönüşüm geçirmiştir. Endüstri ve kapitalizm öncesi toplumlarda, insanın kendisini doğanın bir parçası olarak görmesi, insan ve doğa arasında organik bir bağ kurulmasına olanak sağlarken; modern ve kapitalist toplumlarda bu ilişki, insanın doğayı kontrol etme ve tahakküm altına alma isteği ile şekillenmiştir. Bu değişim, insan ve çevre arasında güç ve kontrol temelli bir ilişkinin ortaya çıkmasına neden olmuş ve çevresel sorunların artmasına zemin hazırlamıştır. Başka bir ifadeyle, sanayileşme ve ekonomik büyüme arayışları, çevre sorunlarının küresel ölçekte hızla artmasına yol açmış ve bu sorunlarla mücadele edebilmek adına çeşitli politika ve düzenlemelerin hayata geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu doğrultuda, çevresel farkındalık, duyarlılık ve sürdürülebilir beceriler kazandırmayı hedefleyen çevre paradigmasının ve politikalarının önemini vurgulayan birçok uluslararası konferans ve toplantı düzenlenmiştir. Toplantılarda belirlenen hedefler doğrultusunda, pek çok ülke çevre politikalarını yeniden gözden geçirmiş ve siyasi karar alma mekanizmalarını, eğitim programlarını bu doğrultuda yapılandırmıştır. Ancak, günümüzde karşı karşıya kaldığımız çevresel felaketlerin boyutu göz önüne alındığında, mevcut girişimlerin ve düzenlemelerin yeterli olmadığını söylemek mümkündür.

Çevre sorunlarına ilişkin küresel farkındalığa rağmen, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden eylemlerin tam anlamıyla karşılık bulamaması, bu çabaların etkinliğini sorgulamamıza neden olmaktadır. Pekâlâ, insanlığın kapısına dayanmış olan çevresel risklerle baş etmenin yolu nedir? Söz gelimi teknik birtakım önlemlerle çevresel risklerin önüne geçilebilir mi yoksa daha büyük bir toplumsal dönüşüme mi ihtiyaç vardır? Elbette teknik önlemlerin de bir değeri vardır ancak günümüzde artarak devam eden büyük endüstriyel kazalara ve büyük ekolojik felaketlere bağlı olarak birçok çevre eğitimcisi, teknik rasyonelitenin aşılamayacak nihai sınırlarının olduğunu savunmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir yaşamı ve çevreyi nasıl sağlayacağımıza ilişkin bir soruya vereceğimiz yanıt, insanın doğa ile kurmuş olduğu ilişkide daha kalıcı çözümler üretmesine yönelik olmalıdır. Peki, nasıl? Bu soruya farklı cevaplar vermek mümkün; ancak burada ileri sürülen düşünce, çevre sorunlarını ahlaki bir mesele olarak ele alıp almamamızın, bu sorunların çözümüne yönelik yaklaşımlarımızı etkileyebileceğidir.

Çevre sorunlarının çözümüne ilişkin bir bakış olarak insana “ahlaki kimlik” kazandırılması, çevre felsefesi düşünürleri tarafından yeni bir temel yaklaşım olarak görülmektedir. Bu yaklaşıma göre, çevre eğitimi yalnızca bilgi vermekle kalmamalı, aynı zamanda ahlaki bir hedef taşımalıdır. Çevre eğitiminin temel amaçları arasında bireyde çevreye karşı bir sorumluluk bilinci oluşturmak bulunsa da, doğru bilgi ile doğru davranış arasında her zaman doğrusal bir ilişki kurulamayabilir. Örneğin, yere çöp atmanın çevreye zarar verdiğini bilmemize rağmen, zaman zaman bunu yapmayı sürdürebiliyoruz veya enerji tasarrufunun çevresel etkileri azaltabileceğini bilmemize rağmen, çoğu zaman ışıkları gereksiz yere açık bırakabiliyoruz. Dolayısıyla, asıl mesele bilgiyi bireysel davranışa dönüştürmektir. Bu noktada çevreye yönelik sorumluluk bilincinin, bireyin kimliği haline gelmesi kritik bir rol oynar. Kimliğe atfedilen ahlaki değerler ve sıfatlar, bireyin çevreye yüklediği değerlerle örtüştüğünde, çevreye yönelik sorumluluk ve eylemlerin daha sürdürülebilir hale gelmesi beklenebilir.

Literatürde çevre eğitiminde ahlaki kimliğin rolünü inceleyen araştırmalar incelendiğinde; Pooley ve O’Connor (2000) çalışmalarında, çevre eğitiminin insanların çevresel sorunlara yönelik tutumlarını nasıl etkilediğini incelerler. Araştırmada, çevresel tutumların yalnızca bilgi ve bilişsel farkındalık yoluyla değil, aynı zamanda duygusal ve inanç temelli süreçler aracılığıyla şekillendiği vurgulanır. Yazarlar, çevre eğitiminde genellikle bilginin ve bilişsel farkındalığın ön planda tutulduğunu, ancak çevreyle ilgili tutum ve davranışların oluşmasında duyguların ve kişisel inançların da kritik rol oynadığını savunurlar. Bu çalışmaya göre, çevre eğitiminin etkili olabilmesi için, yalnızca çevresel bilgilendirme yapmak yeterli değildir; bireylerin duygusal bağlarını ve inançlarını da dikkate almak gerekir. İnsanların çevreye karşı olumlu tutumlar geliştirebilmeleri için çevreye dair güçlü bir duygusal bağ kurmaları ve çevresel sorunları kendi değerleri ve inanç sistemleri çerçevesinde anlamlandırmaları önemlidir.

Kahn (2003) tarafından yazılan “*The Development of Environmental Moral Identity*” başlıklı bölümün temel argümanı, bireylerin çevreye dair tutumlarının ve davranışlarının, çevresel ahlaki kimlikleri ile şekillendiğidir. Kahn, bireylerin çevre ile olan ilişkilerinin yalnızca bilişsel ve duygusal süreçlerden değil, aynı zamanda ahlaki kimlik gelişimi yoluyla da biçimlendiğini savunur. Çevresel ahlaki kimlik, kişinin doğaya karşı sorumluluk hissetmesi ve çevreye zarar veren davranışlardan kaçınması gerektiğini düşünmesi gibi içsel motivasyonlar ile bağlantılıdır. Bu çalışmada çocukların ve yetişkinlerin çevreye yönelik ahlaki kimliklerinin nasıl geliştiği çeşitli yaş grupları ve kültürel bağlamlar üzerinden analiz edilmiştir. Çalışmada, çocukluk döneminde çevreyle kurulan deneyimlerin ve çevresel değerlere yönelik ebeveyn, öğretmen ve toplumun tutumlarının bu kimliğin gelişiminde belirleyici rol oynadığına dikkat çekilmiştir. Kahn, bireylerin çevresel değerlerinin ve ahlaki kimliklerinin gelişmesinde doğayla olan doğrudan etkileşimlerin ve deneyimlerin önemine vurgu yapar. Sonuç olarak, bu çalışmada çevresel kimliğin ve ahlaki sorumluluğun bireyin kimliğinin bir parçası olarak nasıl geliştiğine ve çevre eğitiminin bu süreçteki rolüne ışık tutulmaktadır.

Feinberg ve Willer (2013), çevresel tutumların ahlaki kökenlerini araştırarak, ahlaki değerlerin bireylerin çevreye karşı duyarlılıklarını artırdığını göstermiştir. Benzer şekilde, Winterich ve ark. (2013) ahlaki kimliğin sosyal sorumluluk davranışlarını motive ettiğini belirtmiş, çevresel problemlere karşı duyarlılığın da bu motivasyondan beslendiğini göstermiştir.

Jia ve ark. (2017) ise, çevresel sorunların ahlaki bir mesele olarak görülüp görülmediğini araştırmış ve ahlaki kimlik sahibi bireylerin çevresel koruma ile ilgili daha yüksek farkındalık ve sorumluluk hissettiklerini belirtmişlerdir.

Benzer şekilde Li, Cheng ve Wang (2022) araştırmalarında, ahlaki kimliğin çevre dostu tüketim üzerindeki etkisini incelemektedir. Araştırma, güçlü bir ahlaki kimliğe sahip bireylerin, kendilerini etik ve ahlaki davranışlarla özdeşleştirdikleri için yeşil tüketime daha

yatkın olduklarını öne sürmektedir. Çalışma, ahlaki kimliğin ön plana çıkarılmasıyla bu tür sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının teşvik edilebileceğini vurgular. Ayrıca, sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının gelişmesinde ahlaki değerlerin önemine dikkat çekmektedir.

Salciuviene ve ark. (2022) ahlaki kimliğin sürdürülebilir tüketime katılım üzerindeki etkilerini inceler. Araştırma, bireylerin ahlaki kimliklerinin, çevre dostu ürünler ve sürdürülebilir uygulamalara yönelimlerini nasıl etkilediğini analiz eder. Ahlaki kimliği güçlü bireylerin, sürdürülebilir tüketim konusunda daha motive oldukları ve bu kimliğin sürdürülebilir tüketimi teşvik edebilecek önemli bir etmen olduğu vurgulanır. Çalışma, sürdürülebilir tüketim davranışlarını artırmak için ahlaki kimliğin güçlendirilmesi gerektiğini öne sürmektedir. Bu makalede, yazarlar ahlaki kimliğin sürdürülebilir tüketime katılım üzerindeki güçlü etkisini vurgular. Sonuç olarak, bireylerin ahlaki kimliklerinin sürdürülebilir davranışlara yönelmelerinde önemli bir rol oynadığı belirtilir. Özellikle, yüksek düzeyde ahlaki kimlik taşıyan bireylerin çevre dostu ürünleri ve uygulamaları benimseme eğiliminde olduğu, bu nedenle sürdürülebilir tüketimin artırılması için ahlaki kimliğin güçlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Begum, Liu, Qayum ve Mamdouh (2022) çevre sorunlarının çözümünde sadece bilimsel bilgilerin yeterli olmadığını, ahlaki değerlere dayalı bir eğitim anlayışının da gerekli olduğunu savunmaktadır. Bu bağlamda, bireylerin çevresel etik, sorumluluk ve sürdürülebilirlik konularında bilinçlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Makale, çevresel ve ahlaki eğitimin entegrasyonunun etkili çevrecilik için temel bir unsur olduğunu öne sürer.

Söz konusu çalışmaların ortak noktası, çevre sorunlarını ahlaki bir çerçevede ele alarak bireylerin ahlaki kimliklerinin, çevresel davranışlarını nasıl etkilediğini incelemeleridir. Ahlaki kimliğin bireylerin çevresel sorunlara yönelik tutum ve davranışlarında önemli bir itici güç olduğunu savunurlar. Bu çalışmalar ahlaki kimliğin bireylerin çevre sorunlarını sadece pragmatik değil, aynı zamanda ahlaki bir mesele olarak görmelerini sağlayarak, daha derin bir çevresel farkındalık ve sorumluluk geliştirmelerine katkı sunmaktadır. Sonuç olarak, bu kaynaklar, ahlaki kimliğin çevresel sorumluluk ve davranış üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamakta ve çevre eğitiminin bireylere ahlaki bir kimlik kazandırmasının, çevresel sorunları ahlaki bir perspektiften görme ve çözme sürecinde hayati öneme sahip olduğunu desteklemektedir.

Pooley ve O'Connor'ın araştırması, duyguların ve inançların çevresel tutumların şekillenmesinde ne kadar önemli olduğunu vurgularken, diğer çalışmalar ahlaki kimliğin çevresel sorumluluk üzerindeki etkisine odaklanır. Her iki yaklaşım da bireylerin çevresel sorunlara karşı daha derin ve anlamlı bir sorumluluk hissetmeleri için ahlaki veya duygusal bir bağ kurulmasının gerekliliğini savunur. Sonuç olarak bu çalışmalar, çevre eğitiminin duygusal ve ahlaki boyutlarını ön plana çıkaran bir perspektif sunmaktadır.

Söz konusu örneklerden hareketle bu araştırmanın temel amacı, çevre eğitiminin bireylere/öğrencilere ahlaki bir kimlik kazandırmasının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktır. Çalışma, çevre eğitiminin yalnızca bilgi ve farkındalık kazandırmakla sınırlı kalmayıp, bireylerde çevreye yönelik ahlaki bir bakış açısı geliştirebilme potansiyelini teorik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çevresel sorunların çözümünde ahlaki kimliğin nasıl bir motivasyon kaynağı olarak işlev gördüğü ve bireylerin çevresel tutumlarını nasıl şekillendirdiği üzerine bir değerlendirme sunulacaktır.

2. Çevre Eğitiminde Ahlaki Kimlik

İnsanlar içinde buldukları çevrenin durumu hakkında birçok bilgiye ihtiyaç duyarlar. Çevre sorunlarının çözümüne katkıda bulunma potansiyeli nedeniyle önem kazanan çevre eğitimi sayesinde bu bilgi, kişinin çevresel davranışlarını değiştirmek için önemli bir ön koşul olan çevre bilincinin artmasını sağlamaktadır. Çevre eğitiminin temel hedefi, bireylere içinde buldukları dünyanın bir parçası olduklarını hatırlatmak ve bu bilinçle hareket etmelerini

sağlamaktır (Dreyfes, Wals & van Weelie, 1999). Ancak çevre bilgisi ile çevresel davranış arasında her zaman doğrusal bir ilişki bulunmayabilir. Çevreye dair bilgi sahibi olmak bir şeydir; bu bilgiyi davranışa dönüştürebilmek ise başka bir şeydir. Örneğin, insanlık tarih boyunca büyük bilgi birikimine ve kavrayışa ulaşmasına rağmen, insan kaynaklı hava kirliliği, iklim değişikliği, insan hakları ihlalleri ve ekonomik-ekolojik adaletsizlik gibi sorunlar varlığını sürdürmektedir. Bu noktada şu sorular karşımıza çıkar: Bireyler bu kadar bilgiye sahipken neden ahlaki davranış sergilemiyorlar? Ahlaki yargılarına uygun tutarlı davranışlar geliştirmelerini engelleyen nedir? Bu soruların yanıtı, kişinin ahlaki bilgi ve ahlaki eylem arasında doğrudan bir ilişki kuramamasında yatmaktadır. Kişiler, yeterli bilgiye sahip olsalar bile, bu bilgiyi ahlaki eyleme dönüştüremeyebilirler. Ahlaki kimlik, ahlaki eylemi belirlemede son derece önemli bir motivasyon kaynağı olarak kabul edildiğinden bu noktada, bireyin kimliğinin ahlak merkezli olup olmaması devreye girer. Ahlaki kimliği güçlü olan bireyler, kimliklerinin merkezinde yer alan ahlaki değerlere uygun bir şekilde yaşama motivasyonu geliştirir ve bu motivasyon, ahlaki eylemi destekleyen bir özdenetim mekanizması işlevi görür. Güçlü bir ahlaki kimliğe sahip bireyler, ahlaki kararlarını verirken tutarlı bir şekilde ahlaki ilkelerden hareket ederken, zayıf ahlaki kimliğe sahip olanlar ise belirli durumların ahlaki bileşenlerini tanımada zorlanabilir ve kararlarını daha çok faydacı yaklaşımlara dayandırabilir. Bu bağlamda, ahlaki kimlik, ahlaki eylemi motive eden bir tür özdenetim mekanizması olarak tanımlanmaktadır (Aktürk, 2021a; 2021b).

Ahlaki kimlik, bireyin ahlaki değerlerini sosyal bağlamda nasıl tanımladığı ve bu değerlerle nasıl davrandığını açıklar (Li, Cheng & Wang, 2022). Ahlaki kimliği güçlü olan kişiler, ahlaki değerlere dayalı düşünce ve davranışlarını daha hızlı ve tutarlı bir şekilde hayata geçirebilir (Winterich ve ark., 2013). Blasi'ye göre (1983) ahlaki değerler, bir bireyin kimliğinin ve yaşam öyküsünün merkezinde yer aldığı, benlik sistemiyle bütünleşir. Bir kez içselleştirildiğinde, bu değerler kişinin yalnızca sosyal beklentileri karşılamak için değil, olmak istediği ideal benliği gerçekleştirmek amacıyla benimsediği değerler olarak deneyimlenir. Bu durum çevre eğitimi bağlamında değerlendirildiğinde ahlaki kimliğin bireylerin çevresel sorumluluklarını içselleştirmelerinde temel bir rol oynadığı söylenebilir. Bu nedenle, eğitimin ve özde çevre eğitiminin temel hedeflerinden biri, ahlaki değerleri bireyin kimliği haline getirmeye odaklanmak olmalıdır. Bireyin çevreye karşı sorumluluğunu kendi kimliğiyle bütünleştirebilmesi, onun çevresel sorunları etik bir bakış açısıyla değerlendirmesine olanak tanır.

Ahlaki kimlik, içselleştirme ve sembolleştirme olmak üzere iki boyuttan oluşur. İçselleştirme, bir kişinin ahlaki değerlerini kendi iç dünyasında nasıl benimsediğini ve bu değerlere ne kadar bağlı olduğunu ifade eder. Sembolleştirme ise kişinin ahlaki karakterini dışarıya, başkalarına nasıl gösterdiği ve bu kimliği ne kadar sergilediği ile ilgilidir (Aquino & Reed, 2002). Ahlaki kimliğini yüksek düzeyde içselleştirmiş bireyler, ahlaki davranışları, başkalarının onayını almak için değil, kendi ahlaki değerlerine uygun olduğu için gerçekleştirirler. Buna karşılık, ahlaki kimliği daha çok sembolleştirme boyutunda olan bireyler, ahlaki davranışları sergilerken sosyal onay ve takdir beklentisi ile hareket ederler (Winterich vd., 2013). Bu kişiler, ahlaki eylemlerini başkalarına iyi bir izlenim bırakmak amacıyla gerçekleştirme eğilimindedirler (Aquino & Reed, 2002). Bu durum çevre eğitimi bağlamında değerlendirildiğinde, ahlaki kimliği yüksek düzeyde içselleştirmiş bireylerin çevreye duyarlı davranışlarını yalnızca çevresel değerlere olan içsel bağlılıkları nedeniyle gerçekleştirdiği, ahlaki kimliği daha çok sembolleştirme boyutunda olan bireylerin ise bu tür davranışları toplumda takdir edilme veya çevre dostu bir imaj sergileme amacıyla gösterdiği söylenebilir. Bu nedenle, çevre eğitimi programlarının bireylerin ahlaki kimliklerini içselleştirme düzeylerini artıracak şekilde tasarlanması, uzun vadeli ve sürdürülebilir çevresel davranışların gelişmesine katkı sağlayabilir.

Ahlaki değerler, bireyin kimliğiyle tam olarak bütünleşmediğinde, bireyin bu değerlere

uygun davranmama olasılığı artar. Eğer bir kişi kendisini esasen ahlaki bir varlık olarak tanımlıyorsa, bu ahlaki kimlik onun “gerçek benliği” haline gelir ve kararlarını yönlendiren en önemli ilke olur. Çoğu insan kendisini ilkeli ve ahlaklı biri olarak görmeyi ister ve çoğunlukla bu değerlerle uyumlu davrandığına inanır. Ancak, ahlaki ilkelere teorik olarak sahip olmak olumlu bir nitelik olsa da, günlük yaşamda karşılaşılan çeşitli zorluklar ve karmaşık durumlar, kişiyi bu ilkelere taviz vermeye zorlayabilir. Bu noktada, bireyin ahlaki ilkelere olan bağlılığının gücü, ahlaki inançları ile davranışları arasındaki ilişkinin gücünü belirler. Kişisel bağlılık, bireyin benliğini ahlaki ilkelere bağlayarak, bu ilkelere uygun davranma zorunluluğu ve sorumluluk duygusu oluşturur. Sonuç olarak, birey ahlaki değerlere aykırı davranışları tolere etme ya da bu tür davranışları haklı çıkarma konusunda daha isteksiz hale gelir (Aktürk, 2021a). Bu durum çevre eğitimi bağlamında değerlendirildiğinde, çevresel sorumluluk ve duyarlılık gibi değerlerin bireyin kimliğiyle bütünleşmemesi durumunda, bireyin bu değerlere uygun çevresel davranışlar sergileme olasılığı azalır.

Çevre eğitimi, yalnızca bilgi aktarmakla sınırlı kalmayıp, çevreye yönelik ahlaki sorumlulukların bireyin kimliğinin bir parçası haline gelmesini sağlamalıdır. Birey, kendisini doğaya karşı sorumluluk sahibi bir kimlik olarak tanımladığında, çevreye zarar veren davranışları daha az tolere eder ve bu tür davranışlara karşı durmakta daha kararlı olur. Bu bağlamda, çevre eğitiminin temel hedeflerinden biri, bireylerin çevresel sorumlulukları yalnızca sosyal bir gereklilik olarak değil, aynı zamanda kişisel bir ahlaki zorunluluk olarak deneyimlemelerini sağlamaktır. Başka bir deyişle çevre eğitimi ahlaki bir kimlik kazandırmayı hedeflediğinde, bireylerin çevreye dair etik sorumlulukları bir seçenek olarak değil, bir zorunluluk olarak deneyimlemeleri sağlanabilir. Bu da, çevreye yönelik sorumluluk bilinci ile eylem arasında daha güçlü ve sürdürülebilir bir ilişki kurulmasına yardımcı olabilir. Öyle ki Li, Cheng ve Wang (2022), ahlaki kimliğin, tüketici davranışları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu savunur. Buna göre ahlaki düşünceler, algılar veya iyilik yapma arzusu, bireyin kimliğiyle doğrudan bağlantılı olmadığında, her zaman ahlaki davranışa dönüşmeyebilir (Aquino & Reed, 2002). Ahlaki kimlik, çoğu prososyal davranışı öngörür (Blasi, 1983), çünkü yüksek ahlaki kimliğe sahip tüketiciler, ahlaki benlik şemalarıyla ilişkili ahlaki normlara uymak zorunda hissederler ve bu, temel bir kendilik tutarlılığı arzusu tarafından yönlendirilir. Örneğin, ahlaki kimlik, tüketicilerin kurumsal bağışlarla ilgili algılarını olumlu yönde etkiler. Suçluluk duygusundan dolayı, güçlü bir ahlaki kimliğe sahip tüketiciler, etik markalarla ilişki kurmaya daha yatkındır. Ahlaki kimlik, tüketicilerin yeşil ürünleri tercih etme veya yeşil tüketime yönelme eğilimlerini artırır (Li, Cheng & Wang, 2022).

Eğitim yoluyla insanlarda etik bir duyarlılık geliştirmek ve bu duyarlılığı eğitimin temel amaçlarından biri olarak görmek kaçınılmazdır. Bu şekilde bireyler, etik sorunlara karşı daha hassas olacak ve bu sorunları ahlaki bir bakış açısıyla değerlendirme becerisi kazanacaktır. Eğitim, öğrencilerin çeşitli kapasitelerini sistematik bir şekilde geliştirmeyi hedeflediği gibi, onların ahlaki gelişimlerini de desteklemelidir. Zira bireylerin akademik olarak gelişmeleri ne kadar önemliyse, ahlaki olarak gelişmeleri de aynı derecede önemlidir. Eğitimin hedeflerini yalnızca bilişsel gelişim ve bilgi aktarımıyla sınırlamak doğru bir yaklaşım değildir. Eğitim, aynı zamanda öğrencilerin ahlaki gelişimlerini de içeren bir süreç olmalıdır. Bu nedenle, eğitim yalnızca dış hedeflerle sınırlı kalmamalı, bireyin içsel gelişimini de hedeflemelidir. Eğitim yalnızca olguların ve bilgilerin öğrenilmesi veya aktarılması olarak tanımlandığında, bireyin ‘insan olma’ kimliğini inşa etmesi mümkün görünmemektedir. Salt bilgi aktarımı ile ‘iyi insan’ olma arasında doğrudan bir ilişki kurulamaz. Ahlaki kimlik ile ‘insan olma’ kimliği arasında temel ve vazgeçilmez bir bağ bulunur. Eğitim süreci bu bağa dayandırılmadığında, eğitimin ve özelden çevre eğitiminin anlamlı ve bütüncül bir çaba haline gelmesi beklenemez. Bu nedenle, eğitim aracılığıyla ahlaki bir kişilik inşa etmek ve ahlaki duyarlılığı eğitimin temel amaçlarından biri haline getirmek gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, bireylerin ahlaki sorunlara karşı daha duyarlı hale gelmelerini ve bu sorunları ahlaki ilkeler ışığında analiz

edebilmelerini sağlayacaktır (Aktürk, 2021a; Yıldırım, 2021). Bu bağlamda, çevre eğitimi bireylerin hem bilişsel hem de ahlaki gelişimlerini hedef almalıdır. Salt bilgi aktarımı, bireylerde sürdürülebilir çevresel davranışların oluşumu için tek başına yeterli değildir. Çevre eğitiminde ahlaki kimlik, bireylerin çevresel konuları etik bir sorumluluk olarak görmelerini ve bu sorumluluğu kendi kimliklerinin bir parçası olarak benimsemelerini sağlar. Bu nedenle, çevresel sorunların etik bir bakış açısıyla ele alınması, bireylerin çevresel davranışları sadece sosyal beklentiler doğrultusunda değil, kendi içsel motivasyonlarıyla sergilemelerine olanak tanır.

Öte yandan, bireylerin doğa ve çevre aleyhine gelişecek istekleri ve davranışları “reddedebilme” kapasitesine sahip olacak şekilde eğitilmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu noktada, çevre eğitiminin işlevi, bireylere çevre bilinci, farkındalık ve duyarlılık gibi beceriler kazandırmanın ötesine geçmeli; onlara varoluşsal bir değer de kazandırmalıdır. Çünkü insanın varoluşsal değeri ile sahip olduğu değerler arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır (Aktürk, 2021b). Çevre eğitimi aracılığıyla bireyin varoluşuna yüklenen “sorumluluk” değeri, onun doğaya karşı daha sorumlu bir tutum geliştirmesini sağlar. Bu bağlamda, çevre eğitimi, çevresel riskleri azaltmanın ve çevreyle olan ilişkileri iyileştirmenin yanı sıra, bireylere varoluşsal bir anlam kazandırmayı da hedeflemelidir. Başka bir deyişle, çevre eğitimi, bireyin doğayı anlamlandırmasına katkı sunarken, insanın kendi doğasını da anlamlandırmasına olanak tanmalıdır. Ancak bu şekilde çevresel risklerin önüne geçilebilir. İnsanın doğa ile olan ilişkisinin sağlıklı ve sürdürülebilir olabilmesi için, bireyin kendi doğasına yüklediği anlamın olumlu ve değerli olması gereklidir. Dolayısıyla, çevre eğitimi, bireylere varoluşsal bir anlam ve değer kazandırmayı hedeflemelidir. Bu hedefe ulaşmanın en etkili yolu ise, çevre eğitiminin bireylerde ahlaki bir kimlik gelişimine zemin hazırlamasıdır. Çevre eğitimiyle hedeflenen ahlaki kimlik ile bireyin varoluşuna atfedilen ahlaki değerler, bireyin doğaya karşı etik ve sorumlu bir tutum sergilemesini mümkün kılar. Böylece çevre eğitimi, bireyin çevreye yönelik ahlaki bir bakış açısı geliştirmesine katkı sağlar.

Öneri olarak şunlar söylenebilir: Çevre eğitimi, bireylerin ahlaki kimliklerini geliştirecek şekilde tasarlanmalı, etik ve değer temelli bir yaklaşım benimsenmelidir. Çevresel ahlaki kimlik gelişimi, her disiplinde uygun yöntemlerle desteklenmelidir. Örneğin, okul öncesi dönemde, çocuklara doğa sevgisini kazandırmak için doğayla ilgili oyunlar ve etkinlikler düzenlenebilir; bir ağaç dikme etkinliği ya da hayvanlara yönelik bakım oyunları, öğrencilerde doğaya karşı sevgi ve sorumluluk bilincini güçlendirebilir. Edebiyat derslerinde, çevre temalı şiirler ya da hikayelerle öğrencilerin çevreyle empati kurmaları sağlanabilir; örneğin, bir hikaye kahramanının doğa için verdiği mücadele öğrencilerde ahlaki bir bağ kurulmasına yardımcı olabilir. Fen bilgisi derslerinde, çevre kirliliğinin etkilerini gözlemleyebilecekleri deneyler ya da geri dönüşüm süreçlerini öğrenmelerini sağlayacak projeler, öğrencilerin çevresel sorunlara yönelik duyarlılık geliştirmelerine olanak tanır. Sanat derslerinde, öğrencilerin doğadan ilham alarak resim yapmaları ya da çevre temalı heykeller tasarlamaları, onların çevresel değerleri estetik bir anlayışla içselleştirmelerine yardımcı olabilir. Bu tür disiplinler arası yaklaşımlar, çevre eğitiminin bireylerin hem çevresel farkındalıklarını artırmasına hem de ahlaki kimliklerini pekiştirmesine katkı sağlayabilir.

3. Sonuç

Çevre eğitiminin etkili olabilmesi, bilgi aktarımının ötesine geçerek bireylere çevresel sorunları ahlaki bir mesele olarak değerlendirme becerisi kazandırmasına bağlıdır. Ahlaki kimlik, bireylerin çevreye karşı daha derin bir sorumluluk ve duyarlılık geliştirmelerini sağlayarak çevresel davranışların sürdürülebilirliğini artırır. Bu bağlamda, çevre eğitimi ahlaki ve duygusal boyutları ön planda tutarak, bireylerin çevresel eylemlerini ahlaki değerler temelinde şekillendirmelerini teşvik etmelidir.

Kaynakça

- [1] Aktürk E. Ahlak-benlik bütünlüğü: Ahlaki kimlik. *Şarkiyat*, 2021a; 13 (3): 1126–43.
- [2] Aktürk E. Bireyci ahlak anlayışı ve eğitimde ‘ahlaki muhakeme’. *Felsefe Dünyası Dergisi*, 2021b; 1 (73): 105–42.
- [3] Aquino K, Reed AI. The self-importance of moral identity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2002; 83: 1423–40.
- [4] Begum A, Liu J, Qayum H, Mamdouh A. Environmental and moral education for effective environmentalism: an ideological and philosophical approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022; 19: 15549.
- [5] Blasi A. Moral cognition and moral action: a theoretical perspective. *Developmental Review*, 1983; 3 (2): 178–210.
- [6] Dreyfus A, Wals AE, van Weelie D. Biodiversity as a postmodern theme for environmental education. *Canadian Journal of Environmental Education*, 1999; 4: 155–75.
- [7] Jia F, Soucie K, Alisat S, Curtin D, Pratt M. Are environmental issues moral issues? Moral identity in relation to protecting the natural world. *Journal of Environmental Psychology*, 2017, 52: 104-113.
- [8] Kahn PH Jr. The Development of Environmental Moral Identity. In: Clayton S, Opatow S, editors. *Identity and the Natural Environment: The Psychological Significance of Nature*. Cambridge (MA): MIT Press; 2003, p. 113–34.
- [9] Li, D., Cheng, G., & Wang, C. The influence of moral identity on green consumption. *Frontiers in psychology*, 2022; 13, 1020333.
- [10] Pooley, J. A., & o’Connor, M. Environmental education and attitudes: Emotions and beliefs are what is needed. *Environment and behavior*, 2000; 32(5), 711-723.
- [11] Salciuviene, L., Banytė, J., Vilkas, M., Dovalienė, A., & Gravelines, Ž. Moral identity and engagement in sustainable consumption. *Journal of Consumer Marketing*, 2022; 39(5), 445-459.
- [12] Winterich, K. P., Aquino, K., Mittal, V., & Swartz, R. When moral identity symbolization motivates prosocial behavior: the role of recognition and moral identity internalization. *Journal of applied psychology*, 2013; 98(5), 759.
- [13] Yıldırım, Ş. *Eğitim ve ahlaki kimlik: Bir uygulama örneği olarak sosyal bilgiler dersi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 2021.

Ekomedya Okuryazarlığı ve Eğitimi Ecomedia Literacy and Education

* Şayla YILDIRIM

* İnönü Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Malatya, Türkiye

Anahtar kelimeler: Ekomedya okuryazarlığı, yeşil medya eğitimi, ekolojik ayak izi, ekolojik zihin izi, ekoeleştiri.

Özet

Bu bildiri, güncel ve yeni bir kavram olarak öne çıkan ekomedya okuryazarlığı ve ekomedya eğitiminin tanıtılması amaçlanmaktadır. Yakın zamana kadar çevresel konularla ilgili medya okuryazarlığı eğitimi literatürünün sınırlı olduğu görülmektedir. Bu durum medya okuryazarlığının, çevresel temaları dikkate almadığı anlamına gelmez. Ancak tarihsel olarak medya okuryazarlığı eğitimi içinde tamamen çevresel duyarlılığa dayalı ve kavramsal çerçevesi tanımlanmış teorik bir yaklaşıma son on yıla kadar rastlanmadığı söylenebilir. Bu eksiklik, medya ve çevre ilişkisini tanımlamak için ortak bir kavram dağarcığına duyulan ihtiyacı ortaya çıkarmış ve medya, ekoloji ve okuryazarlık bağlarının yeniden organize edilmesini gerekli kılmıştır. Literatürdeki bu boşluk, ekomedya kavramının gelişmesine zemin hazırlamıştır. Yeni bir okuryazarlık türü olan ekomedya okuryazarlığının kullanım ve uygulama alanı hızla genişlemektedir. Bu yaklaşım, medya okuryazarlığını çevresel bir perspektifle ele alarak bireylerin medya içeriklerini ekoeleştirel bir şekilde değerlendirmelerine ve çevresel bilinçlerini artırmalarına olanak tanır. Ekomedya okuryazarlığı, bireylerin medya mesajlarını çevresel bir bakış açısıyla analiz etme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu yetenek, medya içeriklerinin çevre üzerindeki etkilerini ve bu içeriklerin nasıl üretildiğini anlamayı içerir. Ekomedya, medyanın hem çevresel sorunların bir parçası hem de çözümün bir aracı olduğunu vurgular. Bu kavram, medyayı ekolojik medya olarak yeniden tanımlayarak, medya teknolojilerinin ve iletişim süreçlerinin maddi ve çevresel gerçekliklere gömülü olduğunu kabul eder ve bu ilişkilerin eğitim sürecine dahil edilmesini önerir. Uluslararası literatürde dikkat çekmeye başlayan bu kavramın, ulusal literatürde de yer alması önemlidir. Türkçe literatürde ekomedya okuryazarlığına ilişkin bazı çalışmalar bulunsa da bu çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu araştırmanın amacı ekomedya okuryazarlığını tanıtarak hem Türkçe literatürü zenginleştirmek hem de bu kavramın ulusal eğitim uygulamalarına dönüştürülmesine katkıda bulunmaktır. Bu doğrultuda, ekomedya teorisyenlerinden Antonio López'in görüş ve araştırmalarından hareketle ekomedya kavramının kullanım amacı, medya okuryazarlığı ile ilişkisi ve sürdürülebilir bir çevre için nasıl farkındalık sağlayabileceği kuramsal bir çerçevede ele alınacaktır.

Keywords: Ecomedia literacy, green media education, ecological footprint, ecological mindprint, ecocriticism.

Abstract

This paper aims to introduce ecomedia literacy and ecomedia education, which have emerged as contemporary and novel concepts. Until recently, the literature on media literacy education addressing environmental issues has been limited. This does not imply that media literacy disregards environmental themes. However, historically, a theoretical approach entirely based on environmental sensitivity with a clearly defined conceptual framework had not been observed in media literacy education until the last decade. This gap has highlighted the need

for a common conceptual vocabulary to define the relationship between media and the environment, necessitating the reorganization of the connections between media, ecology, and literacy. This void in the literature has paved the way for the development of the concept of ecomedia. Ecomedia literacy, as a new type of literacy, has rapidly expanded its scope of use and application. This approach examines media literacy from an environmental perspective, enabling individuals to critically evaluate media content through an ecocritical lens and enhance their environmental awareness. Ecomedia literacy can be defined as the ability to analyze media messages from an environmental perspective. This ability includes understanding the environmental impacts of media content and the processes through which it is produced. Ecomedia emphasizes that media is both a part of environmental problems and a tool for solutions. It redefines media as ecological media, recognizing that media technologies and communication are embedded in material and environmental realities, and proposes incorporating these relationships into educational processes. While this concept has begun to gain attention in international literature, it is also crucial to integrate it into the national literature. Although there are a few studies on ecomedia literacy in Turkish literature, they remain quite limited. Therefore, this study aims to introduce ecomedia literacy to enrich Turkish literature and contribute to its integration into national educational practices. Based on the insights and research of ecomedia theorist Antonio López, this study will examine the purpose of using the concept of ecomedia, its relationship with media literacy, and how it can raise awareness for a sustainable environment within a theoretical framework.

Giriş

Ekomedyaya okuryazarlığı, medya ile yaşayan sistemler arasındaki bütünleşik ilişkiyi öğreten, medya okuryazarlığının gelişen bir dalıdır. Başka bir ifadeyle; ekomedyaya okuryazarlığı, medya (televizyon, internet, sosyal medya vb.) ile doğadaki canlı sistemler (ekosistemler, bitkiler, hayvanlar vb.) arasındaki ilişkiyi anlamayı ve öğretmeyi amaçlayan bir öğrenme alanını ifade eder (Lopez, 2019). Söz konusu ilişki, medyanın nasıl doğal dünyayı etkilediğini ve nasıl şekillendirdiğini anlamaya yönelik bir bakış açısını içerir. Ekomedyaya aynı zamanda, medya okuryazarlığının daha yeni ve gelişmekte olan bir alanını temsil eder; yani, geleneksel medya okuryazarlığının ötesine geçerek, çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik gibi konulara odaklanır. Bunun yanında medya ve iletişim teknolojilerinin fiziksel çevre üzerindeki etkilerini eleştirel bir bakış açısıyla inceler ve eğitimcilerin sürdürülebilir davranışları teşvik etmek için çevresel konuları ve kavramları eğitim süreçlerine nasıl dâhil edebileceklerine dair yollar geliştirmeye odaklanır.

Uluslararası literatürde dikkat çeken ekomedyaya okuryazarlığı kavramının, Türkçe literatürde de yer alması önemlidir. Mevcut Türkçe kaynaklarda bu konuda çalışmalar olduğu (Görmez, 2023; Çömez & Büyükalaca, 2023) ancak bunun çok sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Bu araştırma ile ekomedyaya okuryazarlığını tanıtarak Türkçe literatüre katkıda bulunmak ve ulusal eğitim uygulamalarına kazandırmak amaçlanmaktadır. Bu çalışmada Antonio López'in ekomedyaya ile ilgili görüşlerinden yola çıkarak, ekomedyanın medya okuryazarlığı ile bağlantısı ve sürdürülebilir bir çevre için nasıl farkındalık yaratacağı kuramsal olarak ele alınacaktır.

1. Ekomedyaya Okuryazarlığı

Ekomedyaya okuryazarlığı, çevre konuları ile medya okuryazarlığı arasında bir bağlantı kurar. Bu kavram, medyanın Dünya'nın fiziksel çevresini nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olan bir çerçeve sunmaktadır. Ekomedyaya okuryazarlığı, medya ve çevre arasındaki ilişkilerin önemini vurgulayarak iki ana araştırma alanı üzerine odaklanır: medya teknolojilerinin çevreye bıraktığı "ekolojik ayak izi" ve medya aracılığıyla üretilen bilgi ve kültürün insan zihni üzerindeki "ekolojik zihin izi". Bu alanlar, iletişim teknolojilerinin bölgesel ve küresel ekosistemler üzerindeki etkilerini inceler. Örneğin, Afrika'da çıkarılan

"çatışma minerallerinin" (*Conflict Minerals*) çevresel ve insani etkileri, cihaz üretiminin neden olduğu çevresel zararlar, veri işlemeyi sağlayan kömürle çalışan elektrik santrallerinden çıkan karbon emisyonları ve eskimiş ya da atılmış medya teknolojilerinden kaynaklanan elektronik atıkların (E-atık) çevreye verdiği zararlar gibi konular bu araştırma alanlarına girer (Lopez, 2019; 2020b).

Yeşil medya eğitimi olarak da anılan ekomedya okuryazarlığı, medya okuryazarlığı eğitiminin gelişmekte olan bir alanıdır ve iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, gıda sistemlerindeki bozulma, temiz su sorunları, ormansızlaşma, kirlilik ve okyanus asitlenmesi gibi ekolojik krizleri ele alma ihtiyacından doğmuştur (Lopez, 2019; Görmez, 2023). Ekomedya okuryazarlığı, medya araçlarının nasıl üretildiği ve çevreye nasıl zarar verdiği gibi konuları ele alan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, medya araçlarının yapım sürecinden başlayarak, nerede ve nasıl üretildiğini, ne tür çevresel zararlar verdiğini inceler. Örneğin, bu araçların yapımında kullanılan "çatışma mineralleri" önce Kongo gibi ülkelerde çıkarılır, sonra Çin gibi yerlerde üretilip monte edilir ve en sonunda dünyaya dağıtılır. Bu süreçte izlenen her aşama çevreye zarar verir. Ayrıca, internet ve dijital verilerin saklandığı sunucu çiftlikleri genellikle fosil yakıtlarla çalışır ve bu da iklim değişikliğine neden olan karbon emisyonlarına yol açar. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynakları ve çevre dostu teknolojilerin bu emisyonları nasıl azaltabileceği üzerine de düşünülmesi gerektiği vurgulanır. Son olarak, medya araçlarının pazarlanma şekli de eleştirilir. Bu araçlar genellikle hayatımızı kolaylaştıracak ürünler olarak tanıtılır, ancak çevreye olan zararları gizlenir. Ekomedya okuryazarlığı, bu pazarlama taktiklerine dikkat çekerek, çevreye ve topluma daha duyarlı bir bakış açısı geliştirmeyi amaçlar. Ekomedya okuryazarlığı küresel ekosistemlerimizin tehlikede olduğunu kabul eder ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için medya okuryazarlığına müdahalede bulunulması gerektiğini savunur (López, 2019; 2020a; 2020b).

Ekomedya okuryazarlığı, yeni bir okuryazarlık türü olarak hızla yaygınlaşsa da, çevresel konulara odaklanan medya okuryazarlığı eğitimi literatürünün yakın zamana kadar oldukça sınırlı kaldığı görülmüştür. Bu durum, bireysel medya okuryazarlığı uygulayıcılarının çalışmalarında çevresel temaları ele almadıkları anlamına gelmez, ancak tarihsel olarak medya okuryazarlığı eğitimi içinde tamamen çevresel yaklaşımları desteklemeye adanmış, açıkça tanımlanmış bir hareket olmadığı söylenebilir (Lopez, 2014; 2015). Lopez'e göre bu durum medyanın, eğitimciler tarafından nasıl kullanıldığına bağlı olarak farklı anlamlar kazanabilen muğlak bir metafor olmasından kaynaklanmaktadır. Şöyle ki genellikle medya, sadece gerçekliği temsil eden ve fikirleri ileten bir araç olarak görülür. Bu yaklaşım, medyanın maddi olmayan bir şey olduğu ve dolayısıyla çevresel bir etkisi olmadığı varsayımını beraberinde getirir. Oysa "ekomedya" terimi, medyanın doğal olarak çevresel bir boyuta sahip olduğunu vurgular. Medyanın "ekomedya" olarak yeniden adlandırılması, medyanın ekolojik olarak belirsizliğini, yani göz ardı edilen veya fark edilmeyen çevresel etkilerini ele almayı amaçlar. Ekomedya, medyayı çevremizin bir parçası olan somut ve maddi bir gerçeklik olarak yeniden tanımlar (Lopez, 2020a). Burada medyanın üretildiği çevre ve maddi koşullardan bağımsız bir medya olmadığı tezi ileri sürülür. Bir başka ifadeyle; Lopez'e göre medya eğitiminin çevreyle daha uyumlu hale getirilmesinin önündeki engellerden biri, medya çalışmaları ve medya okuryazarlığında çevresel metaforların kullanımıyla ilgili kafa karışıklığıdır. Medya ekolojisi terimi medya çalışmalarında sıklıkla kullanılır, ancak bu terim aslında çevreyi değil, medya teknolojilerinin oluşturduğu "medya ortamlarını" tanımlamak için kullanılır. Bugün, ekosistem metaforu genellikle teknoloji dünyasında kullanılır; örneğin, "Facebook ekosistemi," "iPhone ekosistemi" veya "Android ekosistemi" gibi terimler, belirli platformları ve cihazları tanımlamak için kullanılır. Ancak bu metaforlar, medya teknolojilerinin gerçek dünyadaki ekosistemler üzerinde yarattığı çevresel etkilerden bahsetmez. Ayrıca, bu metaforlar insanların çevreye yönelik davranışlarını ve çevresel ideolojilerini de sorgulamaz veya anlamaya

çalışmaz. Ekomedya okuryazarlığı, bu çevresel metaforların kullanımını yeniden değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda ekoloji metaforunu gerçek, yaşayan ve karmaşık ekosistemleri ifade edecek şekilde yeniden tanımlar. Bu durum, çevresel kaygıların göz ardı edilmesini önlemeye ve bu konulara daha fazla dikkat çekmeye yönelik bir çabadır. Bu bakımdan ekomedya okuryazarlığını besleyen diğer alanlar arasında medya ekolojisi, yeşil medya çalışmaları, ekoeleştiri, çevresel beşeri bilimler, ekolojik ekonomi, ekopsikoloji, teknookuryazarlık, ekosinema çalışmaları ve çevre çalışmaları yer almaktadır (Lopez, 2019; 2020a).

2. Ekomedya Okuryazarlığı Eğitimi

Ekomedya okuryazarlığı, ekolojik farkındalık kazandırmayı amaçlayan bir eğitim yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, ekokuryazarlık, eleştirel ekopedagoji ve sürdürülebilirlik eğitimi gibi diğer çevre odaklı eğitim yöntemlerinden faydalanır.

Ekomedya okuryazarlığı, bireylerin ekolojik ayak izi ve ekolojik zihin izini fark ederek, çevre sorunlarına karşı ekoeleştirel bir tutum geliştirmelerini sağlamayı amaçlayan pedagojik bir yaklaşımdır. Bu kapsamda, bireylere medyanın farkındalık yaratma potansiyeli, çevresel maliyetleri ve bilimsel gerçeklerin manipüle edilme riski gibi konularda eleştirel bir bilinç kazandırılması hedeflenir. Lopez'e göre medya okuryazarlığı ve ekomedya okuryazarlığının bir araya gelmesi, çevresel sürdürülebilirliği ve eleştirel düşünme becerilerini geliştiren etkili bir eğitim aracı sunar. Bu iki yaklaşım, medya teknolojilerinin ve kültürünün ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerini sorgulatarak, öğrencilere doğayla daha bilinçli ve bütünsel bir ilişki kurma imkânı sağlar. Sonuç olarak, eğitim sistemine ekomedya okuryazarlığının dahil edilmesi, hem çevresel farkındalığı güçlendirir hem de sürdürülebilir toplumlar inşa etme sürecine katkı sağlar. Bu doğrultuda medya okuryazarlığı uygulayıcıları tarafından eğitim-öğretim süreçlerinde hâlihazırda sürdürülen bir dizi çalışma alanı, çevresel temaları içerecek şekilde değiştirilebilir.

Lopez'e göre ekomedya okuryazarlığı için gelecekteki araştırma, teori ve yöntemlerde birçok fırsat bulunmaktadır. Öncelikle, öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim programlarına çevre konularının dahil edilmesi önemlidir. Eğitim politikaları, çevre eğitimi daha geniş bir perspektife oturarak, sadece fen bilimleriyle sınırlı kalmaktan çıkarmalıdır. Medya okuryazarlığı kuruluşları, müfredat geliştirme süreçlerinde çevresel temaları ön plana çıkararak, bireylerin medya tüketimlerini gözden geçirmelerine ve medya alışkanlıklarını değerlendirmelerine yardımcı olacak öz-düşünsel uygulamaları da dahil edebilir. Bu süreçte, bireylerin medya tüketimlerini gözden geçirmelerine yardımcı olan yöntemler arasında 'medya orucu' (belirli bir süre medyadan uzak durma) ve farkındalık eğitimi yer alır. Ayrıca, müfredat tasarımında 'Sağlıklı bir medya ekosistemi nasıl olmalıdır?' gibi temel sorulara odaklanan dersler veya kurslar düzenlenebilir. Ayrıca, farklı gelecek senaryoları yazmak, hayali dünyalar oluşturmak, insan ve doğa arasındaki sınırları sorgulamak ve soyut bilgiler yerine yerel ekosistemlerle bağlantılı deneyimler sunmak gibi yöntemler de önemlidir. Öğrencileri, medyayı yaşayan sistemlerin bir parçası olarak görmeye teşvik etmek için ekoloji metaforlarını yeniden ele almak da gereklidir. Bu yaklaşımlar, insan merkezli düşünce yerine Dünya merkezli bir bakış açısını benimsemeyi hedefler. Bu yaklaşımlar, sürdürülebilir bir çevre eğitimi için eğitimciler ve farklı disiplinler arasında daha fazla işbirliği ve araştırma gerektirecektir. Ayrıca, medya okuryazarlığı uygulayıcılarının çevre konularına olan ilgisi arttıkça, müfredatı geliştirmek ve iyileştirmek için daha fazla araştırma ve kaynak paylaşımına ihtiyaç olacaktır. Medyanın çevresel konularla olan bağlantısı daha çok anlaşıldıkça ve küresel ekolojik kriz derinleştikçe, ekomedya okuryazarlığı muhtemelen medya okuryazarlığının önemli bir parçası haline gelecektir (Lopez, 2019; 2020a; 2020b).

3. Ekomedya Okuryazarlığı ve Eğitiminin Düşünsel Temelleri

Ekomedya okuryazarlığı, medyanın çevresel etkilerini ve bu etkilerin arkasında yatan ideolojik, politik ve ekonomik çıkarları eleştirel bir perspektifle değerlendirmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, medyanın pazarlama stratejilerini, algı yönetimlerini ve çevre sorunlarına yönelik söylemlerini eleştirel bir gözle değerlendirme becerisi kazandırmayı hedefler. Öte yandan, ekomedya okuryazarlığı, medyanın çevresel maliyetlerini ve ekolojik zararlarını kabul eder; örneğin, dijital içerik üretiminin enerji tüketimi ve karbon ayak izi üzerindeki ciddi etkileri bu zararların bir parçasıdır. Ancak, dijital bir çağda yaşadığımız ve medyadan tamamen bağımsız bir yaşamın mümkün olmadığı gerçeği göz önüne alındığında, ekoloji ve medya arasındaki uyumu sağlamak bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital çağın gereklilikleri doğrultusunda, medya ve ekolojinin uyumlu bir şekilde bir araya getirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşır. Medyanın sahip olduğu farkındalık yaratma gücü, doğru ve etkili bir şekilde yönlendirildiğinde, küresel çevresel sorunlarla mücadelede etkili bir araç haline gelebilir. Ekomedya okuryazarlığı, bu dengeyi sağlamayı ve bireyleri hem medyanın çevresel zararları hem de toplumsal dönüşüm potansiyeli konusunda bilinçlendirmeyi hedefler. Ekomedya okuryazarlığı ve eğitiminin düşünsel varsayımları şöyle özetlenebilir:

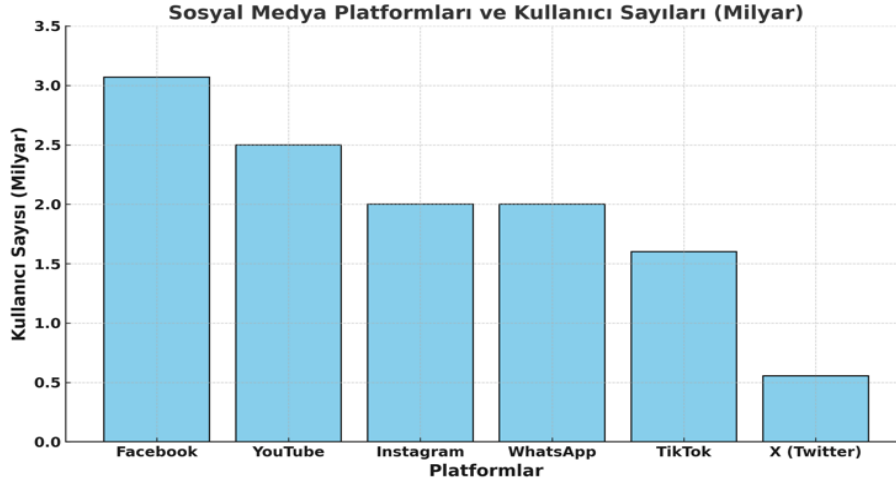
- Medyanın çevre sorunları konusunda farkındalık yaratma potansiyeli bulunur.
- Ancak, paradoksal olarak, medya üretiminin kendisinin de çevresel maliyeti/zararı bulunmaktadır.
- Medya; ideolojik, ekonomik, zihinsel açılardan belli çıkarlar doğrultusunda bilimsel gerçekleri saptırabilir.
- Ekomedya okuryazarlığı pedagojik bir yaklaşım içerir. Bu yaklaşımın hedefi, bireyin/öğrencinin ekolojik ayak izi ile ekolojik zihin izini fark etmesini ve çevre sorunlarına karşı ekoeleştirel bir tutum geliştirmesini sağlamaktır.

3.1.Sosyal Medya Platformları Üzerinden Bir İnceleme

"2024 Yılı Sosyal Medya İstatistikleri ve Trendleri" verilerinden hareketle söz konusu varsayımları inceleyelim;

Platform	Users (Billion)
Facebook	3.07
YouTube	2.50
Instagram	2.00
WhatsApp	2.00
TikTok	1.60
X (Twitter)	0.556

Tablo 1. Popüler Sosyal Medya Platformları ve Kullanıcı Sayıları (URL, 2024)



Tablo 2. Popüler Sosyal Medya Platformları: Küresel Kullanıcı Dağılımı (URL, 2024)

a) Medyanın çevre sorunları konusunda farkındalık yaratma potansiyeli bulunur.

Tablo 1 ve 2, sosyal medya platformlarının milyarlarca kullanıcıya ulaşabildiğini ve çevresel sorunlarla ilgili farkındalık yaratmada önemli bir güç ve erişim kapasitesine sahip olabileceğini göstermektedir. Örneğin, Facebook (3.07 milyar kullanıcı) gibi geniş erişimli platformlar, çevre sorunlarına yönelik bilinç artırıcı içerikler üretme ve bu içerikleri küresel bir izleyici kitlesine ulaştırma potansiyeline sahiptir. Alphabet (Google ve YouTube'un sahibi), Meta (Facebook, WhatsApp ve Instagram'ın sahibi) ve Amazon gibi teknoloji devleri, milyarlarca kullanıcıya ulaşabilen içerik platformlarıyla, çevresel farkındalık yaratma konusunda kritik bir rol üstlenebilir. Örneğin, 2.5 milyar kullanıcıya sahip YouTube, çevre sorunları hakkında belgeseller, eğitim içerikleri ve kampanyalar aracılığıyla farkındalık oluşturma kapasitesine sahiptir. Ancak, bu potansiyelin etkili olabilmesi, medyanın nasıl kullanıldığı ve kullanıcıların içerikleri eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirebilme becerilerine bağlıdır. Bu noktada, ekomedya okuryazarlığı devreye girerek bireylere, bu platformları çevresel bilinç oluşturmak için daha etkili ve eleştirel bir şekilde kullanma becerisi kazandırmayı amaçlamaktadır.

b) Medya üretiminin kendisinin çevresel maliyeti/zararı bulunmaktadır.

Bu platformlar, büyük ölçüde dijital içerik üretimine dayanmakta ve devasa sunucu merkezleri kullanmaktadır. Özellikle YouTube gibi video içerik platformları, her bir video için depolama ve yayın süreçlerinde yüksek miktarda enerji tüketmekte, bu da karbon ayak izine ciddi şekilde katkıda bulunmaktadır. Benzer şekilde, 1.6 milyar kullanıcıya sahip TikTok gibi platformlar da içerik üretimi ve veri depolama süreçleriyle enerji tüketimini artırarak çevresel maliyetlere yol açmaktadır. Bu durum, medyanın farkındalık yaratma potansiyeli ile çevresel etkileri arasında bir paradoks oluşturmaktadır. Medya şirketlerinin ve reklamcılık sektörünün büyüklüğü, bu bağlamda ekolojik açıdan sorgulanması gereken önemli bir unsurdur. Örneğin, 2021 yılında reklamcılık sektörü 763,2 milyar dolarlık bir hacme ulaşmış, Facebook'un gelirinin %97,9'u ve Google'ın gelirinin %80'i reklamlardan elde edilmiştir (Ivakhiv & López, 2023). 2024 yılında ise sosyal medya reklamcılığının hacminin büyük ölçüde artarak daha geniş bir platform çeşitliliği oluşturması beklenmektedir. Örneğin, 2023 yılında 134.9 milyar dolara ulaşan Facebook'un reklam gelirinin, 2024 yılında 147 milyar dolara ulaşması

öngörülmektedir (URL, 2024). Gözetim kapitalizmi altında, kullanıcı verilerinin işlenmesi ve algoritmalara dayalı reklamcılık süreçleri, karbon ayak izini artıran bir yapı oluşturmaktadır (Ivakhiv & López, 2023). Bu bağlamda, medya kullanıcılarının bu sistemlerin ekolojik etkilerini anlaması ve bu farkındalığı tüketim alışkanlıklarına yansıtması önemlidir.

c) Medya; ideolojik, ekonomik, zihinsel açılardan belli çıkarlar doğrultusunda bilimsel gerçekleri saptırabilir.

Kullanıcıların farklı platformlarda aynı kişiler olabileceği düşünüldüğünde, toplam rakam bireysel kullanıcı sayısını tam olarak yansıtmayabilir. Ancak yaklaşık 11 milyar kullanıcıya sahip bu platformlar, çevre sorunları konusunda hem doğru bilgilere hem de yanıltıcı içeriklere yer verebilir. Bu durum, kullanıcıların medya okuryazarlığı becerilerinin geliştirilmesinin önemini ortaya koyar. Algoritmik temelli reklamcılık ve medya platformlarının ideolojik ve ekonomik çıkarlar doğrultusunda çalıştığı göz önüne alındığında, medya içeriklerinin tarafsızlığı sorgulanabilir. Örneğin, 2022 yılında reklam pazarının %80–90'ının Facebook, Google ve Amazon tarafından kontrol edilmesi, medya içeriğinin belirli çıkar gruplarının etkisinde şekillenme riskini artırır (Ivakhiv & López, 2023). Bu durum, bilimsel gerçeklerin çarpıtılması veya göz ardı edilmesi gibi sonuçlara yol açabilir. Bu bağlamda, ekomedya okuryazarlığı bireylerin medyayı ekoeleştirel bir şekilde değerlendirerek manipülatif bilgiden ayırt etmelerini hedefler

d) Ekomedya okuryazarlığı pedagojik bir yaklaşım içerir.

Tablo 1 ve 2 verileri, sosyal medya platformlarının büyüklüğünü ve erişim gücünü göz önüne alarak, bunların eğitim süreçlerinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini anlamamıza yardımcı olur. Bu çerçevede, bireylerin ekolojik ayak izlerini fark etmeleri ve çevre sorunlarına karşı ekoeleştirel bir tutum geliştirmeleri için bir eğitimsel araç sunar. Genç nesillerin Instagram (2 milyar kullanıcı) gibi platformlarda tüketim kültürüne karşı bilinçli bir tutum geliştirerek sürdürülebilir yaşam tarzlarını benimsemeleri, bu pedagojik yaklaşımın etkin uygulanmasına bağlıdır. Ekomedya okuryazarlığı, bireylerin medya platformlarının ekolojik, ekonomik ve ideolojik etkilerini anlamalarına yardımcı olur. Örneğin, oyun sektörünün Hollywood ve müzik endüstrisinin toplamından daha fazla gelir elde ettiği gerçeği, genç nesillerin medya tüketim alışkanlıklarının dikkatle analiz edilmesi gerektiğini gösterir. Bu bağlamda, ekomedya okuryazarlığı, video oyunları, e-sporlar ve sosyal medya platformlarının ekolojik etkilerini değerlendiren ve çevre sorunlarına ekoeleştirel bir bakış açısı geliştirmeyi hedefleyen bir pedagojik çerçeve sunar (Ivakhiv & López, 2023). Sonuç olarak, sosyal medya platformlarının erişim gücü ile çevresel etkileri arasındaki ilişkiyi anlamak, ekomedya okuryazarlığının temel hedeflerinden biridir. Bu yaklaşım, bu ilişkileri analiz edebilen ve çevre sorunlarına duyarlı bireyler yetiştirmeyi amaçlar.

4. Sonuç

Medya okuryazarlığı, bireylerin medyayı eleştirel bir gözle değerlendirmesini sağlarken, ekomedya okuryazarlığı bu sürece çevresel farkındalığı ekleyerek, medyanın ekosistemler üzerindeki etkilerini de dikkate alır. Bu iki alan, eğitim süreçlerinde birleştiğinde, öğrencilerin hem medyanın yapısını anlamalarını hem de çevreye duyarlı bireyler olarak yetişmelerini sağlar. Böylece, medya okuryazarlığına ekolojik bir perspektif kazandırılarak, daha sürdürülebilir bir dünya için gerekli olan bilinçli ve eleştirel düşünme becerileri geliştirilir.

Kaynakça

- [1] Çömez, A., & Büyükalaca, A. A. S. (2023). Medyada eğlence içeriğinde çevre sorunları: Eko-medya okuryazarlığı bağlamında örnek bir çözümleme. *İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi (İNİF E-Dergi)*, 8(2), 52-75.
- [2] Görmez, E. (2023). Ekomedya okuryazarlığı algı ölçeği: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *International Journal of Language Academy*, 11(3).
- [3] Ivakhiv, A., & López, A. (2023). When do media become ecomedia?. In *The Routledge Handbook of Ecomedia Studies* (pp. 19-34). Routledge.
- [4] López, A. (2014). *Greening media education: Bridging media literacy with green cultural citizenship*. New York, NY: Peter Lang.
- [5] López, A. (2015). Ecomedia literacy for environmental sustainability. In J. Singh, A. Grizzle, S. J. Yee & S. H. Culver (Eds.), *Media and information literacy for the Sustainable Development Goals*. Göteborg, Germany: Nordicom.
- [6] López, A. (2019). Ecomedia literacy. *The international encyclopedia of media literacy*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118978238.ieml0210>.
- [7] López, A. (2020a). Ecomedia: The metaphor that makes a difference. *The Journal of Sustainability Education*, 23(7).
- [8] López, A. (2020b). *Ecomedia literacy: Integrating ecology into media education*. Routledge.
- [9] URL (2024). 2024 yılı sosyal medya istatistikleri ve trendleri. *Elmalma Blog*. <https://elmalma.com/blog/2024-yili-sosyal-medya-istatistikleri-ve-trendleri/> (Erişim Tarihi: 6 Ekim 2024).

Management of Environmental Issues Arisen From Rock Blasting During Mining and Construction Excavations in The Residential Area- Some Cases

*¹ Ali Kahrıman, ¹ Sadettin Bağdatlı, ² E. Aysema Dondurmacı, ³ M. Ersev Kuzdan

*¹ Explosive Engineering Master Programme, Istanbul Okan University, Türkiye.

² Akademi Patlayıcı Müh. Ltd. Şti, Istanbul, Türkiye

³ Emlakkonut GYO, Türkiye

Key words: Rock blasting, ground vibration, air blast, mining, construction, damage.

Nowadays, explosive materials and blasting technology are vital and indispensable for fragmentation of rock masses and making them portable by loading them. Blasting excavation, commonly used in mining activities such as mineral, coal, and ore producing and quarrying, as well as in construction activities such as foundation excavations of buildings, road cutting, tunneling, and similar construction operations, is often employed for the excavation of solid and hard rock masses where mechanical excavation methods prove inadequate. The vibration generated by construction or quarry blasting may have an adverse impact on the environment. The vibration effects vary from those disturbing people to structural damage. Scientists and experts in this area agree that the level of excited ground and structure vibrations depends on blasting technology, the type and weight of explosive, delay-timing variations, site geology, scaled distance, parameters of waves at a site, susceptibility ratings of adjacent and remote structures, and other factors. There is a number of state and local regulations of blasting that provide guidelines for assessment of measured vibrations, but there is no universally accepted standard for safe ground vibrations. Till now, the main aim of the researchers is to investigate how we can estimate the magnitudes of the seismic waves during blasting works. In this context, they primarily aimed to identify the blasting process and its possible environmental effects. Later, they focused on creating explosion-vibration prediction methods and widely accepted criteria for preventing damage. This study discusses engineering practices implemented to prevent vibrations generated during blasting excavation conducted within or in close proximity to residential areas from causing damage to nearby structures. This paper analyses the results of the peak particle velocity measurements at the trial, construction, and quarry blasting carried out in different geological formations and rock units. Additionally, a few case studies, such as mini-quarry, foundation excavation of buildings, and tunneling, have been taken into consideration. In these applications, each of which has different environmental restrictions, conditions, and objectives, the manageability of controlled blasting activities has been ensured in such a way that they do not cause environmental and social impacts.

Çevresel ve Sürdürülebilir Etki Değerlendirme Environmental and Sustainable Impact Assessment

.Ayla Bilgin

*¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

Anahtar Kelimeler: Çevresel Etki Değerlendirme, Sürdürülebilir Etki Değerlendirme, Sürdürülebilirlik

Özet

Son teknolojik gelişmeler ile birlikte çevresel problemler hızla artmaktadır. Bu nedenle biyolojik çeşitlilik ve atmosferimizin sürdürülebilirliği üzerinde yarattığı etkinin göz ardı edilmesi mümkündür. İlk olarak 1970'lerde çevre örgütleri tarafından, daha sonra 1985'te Avrupa Birliği tarafından, daha sonra 1989'da dünya Bankası tarafından ve en son 1992 Rio Dünya Konferansı'nda desteklenen çevresel etki değerlendirmeleri (ÇED), dünya çapındaki hükümetler tarafından sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek bir yol olarak benimsenmiştir. Bu nedenle ÇED'ler "kalkınma projelerinin ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğini değerlendirmek için" önemli düzenleyici araçlardır. Etki değerlendirmesinin çeşitli yöntemleri, yaklaşımları ve çerçeveleri vardır (girdi-çıkıttı matrisi, maliyet-fayda analizi, modelleme, geriye dönük değerlendirme, tahmin vb.), ancak birçok uzman sürdürülebilirlik etki değerlendirmesinin üç ana boyutu içermesi gerektiği konusunda hemfikirdir: toplum, ekonomi ve sürdürülebilir etki değerlendirme olarak bilinen bu yaklaşım, OECD dahil birçok program ve birçok kuruluş tarafından desteklenmektedir. Sürdürülebilirlik etkisi, temiz üretim ve sürdürülebilir girişimcilik alanında temel bir konudur ve hızla gelişmektedir. Sürdürülebilir etki değerlendirmenin iki ana işlevi; 1) sürdürülebilir kalkınma boyutunu tam olarak dikkate alan ve uzun vadeli hususları içeren entegre politikaların geliştirilmesine yönelik metodolojik bir yöntemdir; 2) politikaların, stratejilerin, planların ve programların olası ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini, bunlar formüle edilmeden önce değerlendirmektir. Sürdürülebilirlik hedeflerinin ÇED ile birleştirilmesi, çok yönlü projelerin yönetilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle sürdürülebilirlik hedeflerinin standart bir uygulama olarak hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Key words: Environmental Impact Assessment, Sustainable Impact Assessment, Sustainability

Abstract

Environmental problems are rapidly increasing with recent technological developments. Therefore, it is possible to ignore the impact it creates on biodiversity and the sustainability of our atmosphere. Environmental impact assessments (EIAs), first supported by environmental organizations in the 1970s, then by the European Union in 1985, then by the World Bank in 1989, and finally at the Rio World Conference in 1992, have been adopted by governments around the world as a way to promote sustainable development. Therefore, EIAs are important regulatory tools "to assess the ecological, economic, and social sustainability of development projects." There are various methods, approaches, and frameworks for impact assessment (input-output matrix, cost-benefit analysis, modeling, retrospective evaluation, forecasting, etc.), but many experts agree that sustainability impact assessment should include three main dimensions: society, economy, and sustainability impact assessment. This approach, known as sustainable impact assessment, is supported by many programs and organizations, including the OECD. Sustainability impact is a fundamental issue in the field of cleaner production and sustainable entrepreneurship and is rapidly developing. Sustainability impact assessment has

two main functions; 1) it is a methodological method for developing integrated policies that fully take into account the sustainable development dimension and include long-term considerations; 2) to assess the possible economic, social and environmental impacts of policies, strategies, plans and programs before they are formulated. Combining sustainability goals with EIA is important for the management of multifaceted projects. Therefore, sustainability goals should be implemented as a standard practice.

1. Giriş

Doğal çevre üzerindeki insan etkisi, nüfus artışı, hızlı teknolojik gelişme, sanayileşme ve tarımsal genişlemeye yanıt olarak son yüzyılda hızla artmıştır. Toplumu ve dünya ekonomisini sürdürülebilir bir temele dönüştürmek, yirmi birinci yüzyıl için en önemli zorluğu oluşturmaktadır. Çevre koruma arayışı, Brundtland Raporu'nda (WCED 1987) Ortak Geleceğimiz (1987) başlıklı tanımlandığı gibi, "Mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan, ancak gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmayan gelişme" olan iyi bilinen sürdürülebilir kalkınma kavramıyla sonuçlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın genel hedefi, ekonomik, çevresel ve sosyal kaygıların demokratik ve bilgilendirilmiş karar alma süreci boyunca bütünleştirilmesiyle ekonominin ve çevrenin uzun vadeli istikrarının sağlanmasıdır (Ratanachai 1991).

Çevresel Etki Değerlendirmeleri (ÇED) Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1969 tarihli Ulusal Çevre Politikası Yasası, önerilen projelerin çevresel etkilerini analiz etmek için oluşturmuştur. Avrupa Birliği'nde, ÇED 1985'te bir direktifle tanıtılmış ve 1997'de değiştirilmiştir. ÇED prosedürü, bir karar alınmadan önce projelerin çevresel etkilerinin belirlenmesini ve değerlendirilmesini sağlar. Halk, değerlendirme prosedürü sırasında görüşlerini dile getirebilir. 1990'larda, AB içinde ÇED'in yalnızca projelere değil, aynı zamanda planlara ve programlara da uygulanması konusunda çok fazla tartışma yaşandı. 2001'de, bu amaçla Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Direktifi kabul edildi. SÇD belirli plan ve programların hazırlanması sırasında ve karar alınmadan önce çevresel sonuçlarını belirleyen ve değerlendiren prosedürleri içerir. Yine, SÇD sürecinde kamu katılımı öngörülmektedir. Yıllar boyunca, SEA'lar bazen politikaların çevresel etkilerini değerlendirmek için de kullanılmıştır ve bazı durumlarda sosyo-ekonomik yönler dahil edilmiştir (OECD 2008)

2. Sürdürülebilir Etki Değerlendirme

Avrupa Komisyonu'nun etki değerlendirme sistemi ilk olarak 2002 yılında kurulmuş ve yıllar içinde sürekli olarak güçlendirilmiştir (European Union (2016)). Sürdürülebilirlik Etki Değerlendirmesi (SED), programların, faaliyetlerin, süreçlerin veya ürünlerin etkinliğini değerlendirmek için kanıta dayalı bir süreçtir. Kuruluşlar için, performanslarının sürdürülebilir kalkınmanın üç ayağı olan çevre, sosyal ve ekonomi üzerindeki etkisini değerlendirmeye yönelik resmi bir süreci içerir. Sürdürülebilir kalkınmanın bu üç yönünün bütünleştirilmesi, SED'yi diğer etki değerlendirme biçimlerinden, yani Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) ve diğerlerinden ayırır. SED, önceden veya sonradan yapılabilir. Önceden değerlendirme, önerilen bir sürecin, ürünün, projenin veya teknolojinin sürdürülebilirlik potansiyelini değerlendirirken, sonradan değerlendirme, halihazırda var olan programların sürdürülebilirlik etkilerini ölçer. İkincisi, değerlendirme konusunun veya analiz biriminin, elde etmeyi amaçladığı sonuçlara ne kadar ulaştığını analiz eder (Gurtoo and Jain 2021).

Sürdürülebilirlik etki değerlendirmesi (SED), sürdürülebilirliğin üç ayağı olan çevre, ekonomi ve toplum üzerindeki politika kararlarının etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla çeşitli bilimsel disiplinlerden gelen bilgileri birleştiren, yorumlayan ve ileten disiplinler arası ve katılımcı bir süreç olarak tanımlanabilir (Sieber et al. 2018). SED hem bir süreç hem de karar alma aracı olarak analiz edilebilir. Bir süreç olarak, her biri kendi hedefleri, kısıtlamaları ve yöntemleri olan iyi sınırlanmış pratik operasyonlar dizisine ayrıştırılabilir. Bir karar alma aracı olarak SED, optimum bir çözümün söz konusu olmadığı bir tür çok kriterli karar alma durumu olarak anlaşılabilir (Paredis et al. 2006). Sürdürülebilirlik Etki Değerlendirmesi disiplinler arası bir vizyonla ve sürdürülebilirliğin üç boyutunu göz önünde bulundurarak, OECD tarafından ele alınan, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlara odaklanan, stratejik düzeyde politikalar ve programlardan önceden, politikaların potansiyel etkilerini uygulama öncesinde analiz eden ve olası riskleri ve fırsatları uyararak karar vericilere alternatifler sunan bir metodolojidir (Mendonca and Laques 2017).

Değerlendirme konuları veya uygulama düzeyleri ÇED, SÇD ve SED'lerde farklıdır (Tablo 1). SED'ler en kapsamlı olanlardır ve stratejileri, politikaları, planları, programları ve projeleri içerir. Referans çerçevesi de farklıdır: ÇED'ler ve SÇD'ler çevre politikasına sektörel bir odaklanmaya sahiptir, ancak SED'ler Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Stratejileri veya benzer sürdürülebilir kalkınma politika çerçeveleri biçiminde stratejik politika planlamasıyla ilgilidir. Buna göre, ÇED'ler ve SÇD'lerin değerlendirme kapsamı tek bir politika alanına daraltılırken, SED'ler sürdürülebilir kalkınma politikası entegrasyonuna odaklanır. Son olarak, ÇED'ler ve SÇD'lerin pratik uygulamasıyla ilgili kapsamlı deneyim vardır, ancak AB düzeyinde ve birkaç Avrupa ülkesinde SED'lerde entegre etki değerlendirmesiyle ilgili daha az deneyim vardır(OECD 2008).

Tablo 1. Etki Değerlendirme Yaklaşımlarının Özellikleri (OECD 2008)

	Çevresel Etki Değerlendirme	Stratejik Çevresel Değerlendirme	Sürdürülebilir Etki Değerlendirme
Değerlendirme Konusu	Potansiyel olarak önemli çevresel etkileri olan projeler	Potansiyel olarak önemli çevresel etkilere sahip planlar ve programlar (bazen politikalar)	Sürdürülebilir kalkınma üzerinde potansiyel olarak önemli etkileri olan stratejiler, politikalar, planlar, programlar ve projeler
Referans Çerçevesi	Çevre politikası	Çevre politikası	Ulusal sürdürülebilir kalkınma stratejisi ve/veya Sürdürülebilir kalkınma politikası çerçeveleri
Değerlendirme kapsamı	Çevresel yönler	Çevresel yönler, bazen sosyoekonomik yönler de atıfta bulunur	Sürdürülebilir kalkınma konuları (ekonomik, sosyal ve çevresel), odak noktası olarak politika entegrasyonu
Devletler tarafından uygulanması	Ulusal ve bölgesel hükümetlerin çoğunda uygulanmaktadır	Giderek artan sayıda ulusal ve bölgesel hükümette uygulanmaktadır	AB düzeyinde ve birkaç Avrupa ülkesinde tanıtıldı

SED'nin amacı yalnızca kuruluşların sürdürülebilir kalkınma için mevcut performansını değerlendirmek değil, aynı zamanda daha sürdürülebilir politika, program, strateji ve eylem planları geliştirmelerini sağlamaktır (Şekil 1). 1996'da geliştirilen ve Pinter, Hardi, Martinuzzi ve Hall (2012) tarafından yeniden ele alınan Sürdürülebilirlik Değerlendirme ve Ölçüm İlkeleri olarak bilinen temel ilkeler tarafından yönlendirilir (Gurtoo and Jain 2021). Sürdürülebilir değerlendirilmenin temel prensipleri aşağıdaki gibidir (Sala et al. 2015)

1) Rehberlik vizyonu. Sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerleme ve bunu gelecek nesiller için güvence altına alma hedefi tarafından yönlendirilmelidir.

2) Temel hususlar. Sistemin bir bütün olarak altında yatan sosyal, ekonomik ve çevresel bileşenler ve bunların etkileşimleri dikkate alınmalıdır.

3) Yeterli kapsam. Sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerlemenin değerlendirilmesi, mevcut politika kararlarının ve insan faaliyetlerinin hem kısa hem de uzun vadeli etkilerini ele almak için uygun bir zaman ve hem yerel hem de küresel etkilerini yakalamak için uygun bir coğrafi kapsam benimsemelidir.

4) Çerçeve ve göstergeler. Sürdürülebilir değerlendirme şunlara dayanmalıdır: temel göstergeleri ve ilgili güvenilir verileri, projeksiyonları ve modelleri belirlemek için bir kavramsal çerçeve; eğilimleri çıkarmak ve senaryolar oluşturmak için en son veriler; karşılaştırılabilirliği sağlamak için mümkün olan her yerde standartlaştırılmış ölçüm yöntemleri. Son olarak, mümkün olan her yerde gösterge değerlerinin hedefler ve kıyaslama ölçütleriyle karşılaştırılması yapılmalıdır.

5) Şeffaflık. Sürdürülebilir değerlendirme bağlamında, verilerin ve veri kaynaklarının, modellerin, göstergelerin ve sonuçların şeffaflığı ve sonuçlara kamunun erişebilmesi hayati önem taşır. Değerlendirmenin sonuçlarını belirleyen seçimler, varsayımlar ve belirsizlikler açıkça belirtilmelidir

6) Etkili iletişim. Sürdürülebilir değerlendirmede etkili iletişimi sağlamak ve mümkün olan en geniş kitleyi çekmek ve kötüye kullanım riskini en aza indirmek için açık ve sade bir dil kullanmaları gerekir; güven oluşturmak ve yorumlamaya yardımcı olmak için bilgiler adil ve nesnel bir şekilde sunulmalı ve yenilikçi görsel araçlar ve grafiklerle desteklenmelidir;

7) Süreklilik ve kapasite. Sürdürülebilir değerlendirmede sürekli bir izleme aşamasıyla tamamlanmalarını gerektirir. Bu nedenle, tekrarlanan ölçüm ve değişime yanıt verme gereklidir. Bu nedenle yeterli kapasiteyi geliştirmek ve sürdürmek için yatırımlar gereklidir (örneğin, sürekli öğrenme ve iyileştirme yoluyla).

8) Geniş katılım. Sürdürülebilir değerlendirmede meşruiyeti ve alaka düzeyini güçlendirmek için uygun yollar bulmalı, değerlendirmenin kullanıcılarıyla erken etkileşim kurmalı, kamuoyunun görüşlerini yansıtırken aktif liderlik sağlamalıdır.

Uygunluk Analizi	Adım 1: Önerinin İncelenmesi	Sürdürülebilirlik etkisi değerlendirmesini gerektiren ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlardaki önemli çatışmaları belirlemek için bir politika teklifinin hızlı bir şekilde taranması
	Adım 2. Değerlendirmenin kapsamını belirleme	Önerinin önemi ve olası etkileriyle orantılı olarak değerlendirilmenin derinliği ve kapsamının belirlenmesi
Tanımlama	Adım 3. Kapsama uygun araçları veya metodolojileri seçme	Sürdürülebilirlik etki değerlendirmesinin farklı aşamaları için en uygun araç ve yöntemlerin seçimi
	Adım 4. Paydaş katılımının sağlanması	Sürdürülebilirlik etki değerlendirmesinin farklı aşamalarında paydaşların çeşitli yollarla katılımı
Etki Analizi	Adım 5. Ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerin analizi	Politika önerisinin ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerinin değerlendirilmesi
	Adım 6. Bu etkiler arasında sinerjileri, çatışmaları ve uzlaşmaları belirleme	Belirlenen ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler arasındaki sinerjilerin, çatışmaların ve uzlaşmaların belirlenmesi
Optimizasyon	Adım 7. Olumlu sonuçları optimize etmek için hafifletici önlemler önermek	Ekonomik, çevresel ve sosyal kaygıları daha iyi dengelemek için değişiklik veya tamamlayıcı önlemlerin sıralanması
	Adım 8. Sonuçları ve seçenekleri politika yapıcılara sunma	Sürdürülebilirlik etki değerlendirmesinin sonuçlarının, uzlaşmalar, hafifletici önlemler ve seçenekler dahil olmak üzere politika yapıcılara sunulması

Şekil 1. Sürdürülebilir Etki Değerlendirmenin Adımları (OECD 2008)

3.Sonuç

Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte giderek doğal kaynaklarımız tükenme ve kirlenme tehlikesi tehditi altındadır. Çevresel etkileri azaltmak için 1970’li yıllardan itibaren uygulanan ÇED çalışmaları tüm dünya devletleri tarafından çıkarılan yasa ve mevzuatlar ile uygulanmaktadır. Son yıllarda sürdürülebilir kalkınma konusu gündeme gelmiş ve çevredeki etkileri azaltmak için sürdürülebilirliği düşünmemiz gerektiği konusu kabul görmektedir. Bu nedenle günümüzde kurum ve kuruluşların sürdürülebilirlik raporları hazırlanması ve bunun yanında da sürdürülebilir etkilerinde değerlendirilmesi konusu birlikte değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- [1] Gurtoo A, Jain A (2021) Sustainability Impact Assessment Knowledge Brief. 1–4
- [2] Mendonca SB de, Laques A-E (2017) Sustainability Impact Assessment – An Overview with a Holistic and Transdisciplinary Perspective towards Agricultural Research. Environ Manag Sustain Dev 6:211. <https://doi.org/10.5296/emsd.v6i2.11333>
- [3] OECD (2008) Conducting Sustainability Assessments
- [4] Paredis E, Heyerick A, Doom R, et al (2006) Final Report: Methodology and Feasibility of Sustainability Impact Assessment. Case : Federal Policy-making Processes. 1–110
- [5] Ratanachai C (1991) Environmental Impact Assessment as a Tool for Risk Management. Toxicol Ind Health 7:379–391. <https://doi.org/10.1177/074823379100700541>
- [6] Sala S, Ciuffo B, Nijkamp P (2015) A systemic framework for sustainability assessment. Ecol Econ 119:314–325. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.015>
- [7] Sieber S, Amjath-Babu TS, Reidsma P, et al (2018) Sustainability impact assessment tools for land use policy advice: A comparative analysis of five research approaches. Land use policy 71:75–85. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.042>

- [8] European Union (2016), Handbook for trade sustainability impact assessment, https://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2016/april/tradoc_154464.PDF.

İsrafın Kelebek Etkisi ve Modern Kölelik

* Kısmet ÖNEN

* Ekonomist, İhale ve Sözleşmeler Şefi, İZAYDAŞ İzmit Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş., Türkiye.

Anahtar kelimeler: Çevre, israf, modernizm, ahlak, kelebek etkisi.

Özet

Bu çalışmanın amacı, özellikle yirminci yüzyılın ortalarından itibaren endüstriyelleşmenin artması ile belirgin hale gelen insan ve çevre arasındaki sorunun kök nedenlerini ele alıp çözüm önerileri getirmektir. Ülkeler arası ticaretin de artması ile globalleşen dünyamızda çevre sorunu yaygınlaşmış ve tüm varlıkları olumsuz yönde etkiler hale gelmiştir. Bu kapsamda, çevremizi etkileyen almış olduğumuz bazı kararların ve yaptığımız faaliyetlerin, geleceğimize ne gibi izler bırakacağının belirsizliği, bizleri bugünden birtakım önlemler almak hususunda hazırlıklı olmaya sevk etmektedir.

Çevresel sorunların kelebek etkisi ile gelecekte karşımıza çıkabilecek kat be kat olumsuz etkileri olabileceği gibi alacağımız çevresel tedbirler ile olumlu ve güzel sonuçlarla da karşılaşabiliriz. Bireysel ve toplumsal olarak yapacağımız vicdani, ahlaki ve kanuni düzenlemelerle geleceğimize güzel bir iz bırakmak mümkündür. Öncelikli olarak “En güzel temizlik, kirlilememektir.” düsturu ile hareket etmek çözüme büyük ölçüde yardımcı olacaktır. Çevre kirliliğinin başında gelen israf hususunu ise sorunun kaynağında yok edilebilmesi için ayrı bir başlıkta değerlendirmek ve önem vermek gerekir. Modernleşme ile birlikte görülen tüketim alışkanlıklarındaki değişikliklerin çevre sorunlarına ve israfa neden olan etkilerini azaltabilmek ise eğitim ve bilinçlendirmenin kalıcı hale getirilmesi ile mümkün olacaktır.

Yüce Allah Kur'an-ı Kerim'de “İnsanların kendi işledikleri kötülükler sebebiyle karada ve denizde bozulma ortaya çıkmıştır. Yanlıştan dönmeleri için Allah yaptıklarının bazı kötü sonuçlarını (dünyada) onlara tattıracaktır” (Rum, 30/41) buyurarak iklim değişikliği, çevre felaketleri ve çevresel sorunların tek sebebinin insan olduğunu apaçık bize bildirmiştir. “İnsan değişir, dünya değişir” görüşü doğrultusunda sorunun nedeni ve çözümün anahtarı olan insan üzerinden bu konuyu ele alacağız. Gelecek nesillerin bizlere emaneti olan yer küremizi ve üzerindeki tüm yaşam kaynaklarımızı sürdürülebilir kılmak için gerekli olan hususları insan, inanç ve modern yaşam çerçevesinde konuyu değerlendirerek çözümü sorunların kaynağında arayacağız.

Key Words: Environment, waste, modernism, morality, butterfly effect.

Abstract

The aim of this study is to address the root causes of the problem between humans and the environment, which has become evident with the increase in industrialization, especially since the mid-twentieth century, and to propose solutions. With the increase in international trade, environmental problems have become widespread in our globalizing world and have negatively affected all assets. In this context, the uncertainty of what kind of traces some of the decisions we make and the activities we carry out that affect our environment will leave on our future drives us to be prepared to take some precautions today.

While environmental problems may have many times more negative effects in the future due to the butterfly effect, we can also experience positive and good results with the environmental

measures we take. It is possible to leave a good mark on our future with the conscientious, moral and legal regulations we make individually and socially. First of all, "The best cleaning is not to pollute." Acting with the principle will greatly contribute to the solution. The issue of waste, which is one of the leading environmental pollution issues, should be evaluated and given importance under a separate heading in order to eliminate the problem at its source. Reducing the effects of changes in consumption habits that occur with modernization, causing environmental problems and waste, will be possible by making education and awareness permanent.

Almighty Allah says in the Holy Quran: "Destruction has appeared on the land and the sea because of the evil that people have committed. By saying "Allah will make them taste some of the bad consequences of what they have done (in the world) so that they turn back from their mistakes" (Rum, 30/41), he clearly informed us that the only cause of climate change, environmental disasters and environmental problems is humans. In line with the view that "people change, the world changes", we will discuss this issue through humans, who are the cause of the problem and the key to the solution. We will look for the solution at the source of the problems by evaluating the issues necessary to make our earth and all our living resources, which are entrusted to us by future generations, sustainable within the framework of people, faith and modern life.

1. Giriş

Dünyamızda var olan kısıtlı doğal kaynaklar ile insanoğlunun sonsuz taleplerinin yerine getirilmesi, geçmişten günümüze giderek büyüyen bir sorun yumağı halinde karşımıza çıkıyor ve sürdürülebilir bir yaşam için gerekli tedbirleri almanın zorunluluğu kendini iyiden iyiye hissettiriyor.

Doğal kaynak dediğimiz olgu sadece hava, su, toprak değil, çevreyi ve insanı da içine alan daha geniş bir kavramı ifade eder. Neticede, bu kaynakların nihai tasarrufunu elinde bulunduran ve düşünebilen tek varlık olarak insan, bu olgunun öznesini teşkil eder.

Yüce Allah, yeryüzündeki tüm nimetleri insanlığın hizmetine vermiştir. Öyle ise insan, kendisine sunulan doğal kaynakların ve çevrenin korunmasına önem vermelidir. Doğal yaşam, insan olmadan varlığını sürdürebilir ama doğal yaşam ve çevre olmadan insan varlığını sürdüremez.

Çevre açısından, bizim için basit ve önemsiz görünen almış olduğumuz bazı kararların ve eylemde bulunduğumuz faaliyetlerin, geleceğimize ne gibi izler bırakacağını tahmin etmek bugünden zordur. Buna rağmen, geçmişte yaşanan olumlu-olumsuz durumlardan ders çıkarmak ve gerekli önlemleri almak, sürdürülebilir bir yaşam için mümkün ve gereklidir.

Bu çalışmamızda, sürdürülebilir bir yaşam ve çevre için sorunların neler olduğu hususuna değineceğiz ve çözümü, modern yaşamın etkisi altındaki insanın inanç ve ahlak yapısı üzerinden ele alacağız.

2. Modern Yaşamın İnsana ve Çevreye Etkisi

Günümüzde toplum, tüketim toplumu olmaktan çıkmış, aldıklarını tüketme fırsatı dahi bulamadan sürekli satın almaya kodlanmış, bunları karşılayabilmek içinde daha fazla çalışmak zorunda kaldığı modern kölelik girdabında kendini kaybederek tükenmiş bir topluma dönüşmüştür.

Hayatı kolaylaştırmak adına geliştirilen ürünlerin reklamları, insanların kendilerine daha çok zaman ayırabilmesi üzerine kurgulanmıştır. Hakikatte ise insanlar, bu ürünlerin bedelini ödeyebilmek ve üretimini yapabilmek adına, kendi için (tarımcılık, hayvancılık..v.b.) çalışmayı bırakıp başkaları için çalışma pozisyonuna (işçi, memur..v.b.) geçmiştir. Bu durum bize, köleliğin hiçbir zaman kalkmadığını, sadece modernleştiğini ve şekil değiştirdiğini gösteriyor.

İnsanların kendi aralarında konuştuğu mevzuların içeriği de bu değişimden nasibini almış, gerçek duyguların ötelendiği; giyim-kuşam, elektronik eşya, araba, cep telefonu...v.b. konular üzerine

paylaşımların ön plana çıktığı yüzeysel ilişkiler toplumların tüketim alışkanlıklarına yön vermiştir. Daha çok beğenilme güdüsü ile eskimeyen veya bozulmayan eşyaların, değişim hızının giderek arttığı modaya göre yenilenmesi, dünyamızı daha büyük bir çöplüğe dönüştürmüştür.

Bu duruma örnek olarak; ülkemizde, TÜİK verilerine göre nüfus artışı Aralık 2003-Ocak 2024 arası % 27,1 oranında ve taşıt sayısındaki artışın ise % 225,2 oranında gerçekleşmesi, tüketimin geldiği boyutu bir kez daha gözler önüne seriyor. Nüfus artış oranının yaklaşık sekiz katı fazlası taşıt sayısında artış olması trafik sorunu, yakıt tüketimi ve çevre kirliliği açısından olumsuz etkileri de beraberinde getiriyor.

Peki, yapılan hesapsız harcamalar ve tüketimlerin sonucunda, satın aldığımız ürünlerin doğada yok olma süreleri hakkında ne kadar bilgimiz var? Yeni model olsun hevesiyle 2-3 yılda bir değiştirdiğimiz cep telefonunun doğada yok olma süresinin 1000 yıl olduğunu ve ortalama 3-4 aylık asgari ücret bedeli karşılığında satın alabildiğimizi aklımızın bir tarafından tutabilsek bu kadar rahat harcama yapabilir miyiz? Bir taraftan ömrümüzün 3-4 ayını vererek maddi-manevi yıpranıyoruz, diğer taraftan eski telefonun çöpe atılması ile doğada 1000 yıllık tahribata neden oluyoruz.

İnsanoğlu, ihtiyaçlarının bir kısmını tabiatta hazır halde bulunan ve herhangi bir ücret ödemediği serbest mallardan (güneş ışığı, hava..v.b.) karşılar, diğer kısmını ise kıt kaynaklarla üretilen ve belli bir ücret ödeyerek satın aldığı ekonomik mallardan karşılar. İronik olan husus ise, ekonomik malların tüketimi ile serbest mallar diye ifade ettiğimiz doğamızı ve en önemlisi hiçbir şeyle ölçemeyeceğimiz ve yerine koyamayacağımız ömrümüzden tüketiyoruz.

Bilinçli tüketici, ihtiyaçların karşılanmasında ortaya çıkacak olumlu-olumsuz etkileri hesap edebilmekle ve bunun için de iyi bir eğitim altyapısının oluşturulması ile mümkün olacaktır.

3.İslam Dininde İsrâf, Çevre Ve Ahlak

Çevre açısından israfı, doğal kaynakların gereksiz yere tüketilmesi ve bu kaynaklardan yararlanabilecek gelecek nesillerin haklarının bugünden gasp edilmesi şeklinde tanımlayabiliriz.

Yüce Allah Kuran-ı Kerim’de şöyle buyurmuştur;

“Yiyiniz içiniz, fakat israf etmeyiniz. Zira Allah israf edenleri sevmez” (A'râf, 31)

“Size rızık olarak verdiğimiz temiz ve helâl nimetlerden yiyin. Bu hususta azgınlık ve nankörlük yapmayın; aksi halde gazabım tepenize iner. Kimin de üzerine gazabım inerse, artık o helâk uçurumuna yuvarlanıp gider.” (Tâha, 81)

Rabbimizin sunduğu nimetlerden ihtiyacımız ölçüsünde yararlanmayıp insanların ve diğer canlıların rızıkını hesapsızca tüketmekle kul hakkına da girildiğini idrak etmiş oluyoruz. İnsanların, tükettiklerinin yerine yenisini koyma gayreti içerisinde olmaması, özellikle de doğanın dengesinin bozulmasına neden oluyor. Bu durum doğal afetler, iklim değişikliği, salgın, açlık ..v.b. sorunların başlıca sebebi olarak karşımıza çıkıyor.

Peygamberimiz bir hadisinde şöyle buyurmuştur;

“Ümmetimin iyi ve kötü bütün amelleri bana arz edilip gösterildi. İyi amelleri arasında, yoldan atılmış olan “eza”yı gördüm. Kötü amelleri arasında ise yere gömülmemiş tükürük de vardı.” (Müslim, Mesâcid, 57, I, 390)

İnancımız gereği hem çevre temizliğine, hem de her türlü manevi ve ahlâki temizliğe dikkat etmek bir mü'minin temel sorumlulukları arasındadır. Yani, maddi-manevi temizlik bir bütündür, ayrı tutulamaz.

Dinimiz, öncelikli olarak yaşadığımız çevrenin korunmasının ve tahrip edilmemesinin önemine dikkat çeker. Yapılacak en ufak bir iyilik ya da kötülükten hesaba çekileceğimizi hatırlatarak bilinçli ve duyarlı olmamız konusunda bizi uyarır. Bu noktada maalesef ahlakın şekil değiştirdiğini ve insani değerlerin giderek önemini yitirdiğini görüyoruz. Davranışlardaki özensizlik, sosyal hayatta da kendini gösteriyor. Elimizdeki çöpü, çöp kutusu buluncaya kadar

elimizde tutmak yerine fütursuzca yere atarak dar anlamda kul hakkına, geniş anlamda da kamu hakkına giriyoruz ve bundan da pişmanlık duymuyoruz.

Ağaç dikiminin teşvik edilmesi, sit alanı oluşturulması, doğanın ve canlıların hayatının korunması ve uymayanlara ceza verilmesi hususunda en güzel örnekler Peygamberimizin zamanına aittir.

Hz. Peygamber Medine yakınlarındaki “Zureybu’t-Tavil” ismiyle bilinen alanın ormanlaştırılması için çaba göstermiş ve bu konuda “Kim buradan bir ağaç keserse onun karşılığı bir ağaç diksin” (Ebû Davûd, “Edeb”, 162) buyurmuştur. Ayrıca Medine’nin merkezinden itibaren 12 mil mesafelik sahayı “haram” ilan ederek ağaçlarının kesilmesini, yapraklarının ve otlarının koparılmasını, hayvanlarının öldürülmesini yasaklamıştır (Müslim, “Hac”, 458; Buhari, “Cihad”,71). Mekke ve Medine’nin yeşillendirilmesi ve ağaçlandırılmasıyla ilgili olarak da şunları ifade etmiştir: ”Ya Rabbi! Hz. İbrahim Mekke’yi haram kıldığı gibi, ben de Medine’yi haram kıldım. Onun iki kayalığı arası haram bölgesidir. Ağaçları kesilmez, havanları avlanmaz, otu yolunmaz, ağaçlarının yaprağı koparılmaz” (Ebu Dâvud, “Menâsik”, 96). Peygamberimiz Taiflilerle yaptığı anlaşmada, çevredeki ağaçların korunmasını, av hayvanlarının avlanmamasını şart koşmuş, bu hükümlere uymayanların cezalandırılacağını belirtmiştir. (Coşkun, Kayseri-1986, s:307, 308, 310).

Peygamberimiz hadislerinde şöyle buyurmuştur;

“Bir Müslüman bir ağaç diker veya bir bitki ekerse, ondan kuş, insan veya hayvan yerse, bu onun için sadaka olur” (Buhârî, Hars ve Muzara’a, 1, III, 66)

“(İnsanlara) eziyet verici bir şeyi yoldan kaldırmak sadakadır.” (Müslim, Zekat, 56, I, 699)

Yola atılan taş, egzozdan çıkan duman, trafik gürültüsü, yüksek sesle konuşma, her türlü atık, giyim-kuşamda özensizlik..v.b. maddi ve manevi rahatsız edici olan her unsuru ortadan kaldırmak ve çevreyi temiz tutmak sadaka vermeye denk tutulmuştur.

Öte yandan Erich Fromm’un, insan çevre ilişkisinde geliştirdiği “sahip olma” veya “emanet olarak görme” teorisine göre, tabiatı egoist bir biçimde kendisine ait kılan ve doğadaki varlıklardan faydalanmada sınır tanımayan insan tabiata zarar vermektedir. “Kullan, tüket ve at” anlayışıyla insan tabiatın karşısındadır. Buna karşın, kâinatı emanet olarak algılayan kimse, varlığa hükmederek onu ele geçirme yerine onun mutlak sahibi olmadığının farkına varır ve hayatını devam ettirdiği süre içerisinde onun kendisine verilen bir emanet olduğunu düşünür. Çevresindeki varlıkların emanet edildiğini, dolayısıyla onda başkalarının da hakkı olduğunu düşünen insanda sorumluluk bilinci gelişir. Emanet bilinciyle insan, çevrenin sadece kendine ait olmadığını anlar ve ondan kendi payına düştüğü kadar istifade eder. (Erich Fromm, İstanbul 1991, s.237)

Sonuç olarak, çevre duyarlılığının oluşturulması ve israfı karşı mücadeleyi sadece inanca bağlayamayız. Ancak, dini hassasiyetlerle kulluk bilincinde olan insan, tabiattaki yerini kavrar ve sorumluluklarının farkına varırsa, aynı ölçüde çevre ahlakı da gelişmiş olacaktır.

4. Çevre Ve İsrâf Yönünden Kelebek Etkisi

Söz konusu yaklaşım 1960’larda Edward Lorenz’in meteoroloji çalışmaları sırasında keşfettiği ve adına kelebek etkisi dediği kavramla bilim dünyasında çığır açmıştır. Kaos kuramının temelini oluşturan, Lorenz’in şans eseri fark ettiği ve klasik bilim anlayışına yeni bir soluk getirmesiyle önemi artan kelebek etkisi, Brezilya’da bir kelebeğin kanat çırpmasıyla havada oluşacak dalgaların dünyanın bir diğer ucunda bir müddet sonra kasırgaya neden olması olarak tanımlanmaktadır. (Bülbül, 2007, s. 24)

Çevre sorunu açısından ele aldığımızda, verdiğimiz bazı kararlar veya davranışlar gelecekte geri dönülemez olumsuz etkilerin küçük kanat çırpışları olabilir. Bu küçük kanat çırpışlarını görmezden gelmek, bugün için kendimizi, zamanla da aileyi, sosyal çevreyi, ülkeyi ve sonunda dünyayı da etkileyebilecek boyutta bir “Kelebek Etkisi” oluşturabilir. Buna benzer durum ve olaylarla son zamanlarda daha sık karşılaşılıyor.

İnsanın yerküreye verdiği zararlar bazen basit bir çevre kirliliği ile açıklanamayacak boyutlara ulaşmaktadır. Örneğin, 20 Nisan 2010 tarihinde Meksika Körfezinde meydana gelen patlamada ABD tarihinin en büyük petrol sızıntısı ortaya çıktı. BP Deepwater Horizon petrol sızıntısı olarak bilinen felaketten Missisipi Deltası da etkilendi. Kaza sonrasında uzun bir süre kapatılmayan petrol kuyusundan varillerce petrol Meksika Körfezine sızdı. Patlamanın etkisiyle İsrail büyüklüğündeki alan petrol altında kaldı ve doğal hayat yok oldu. (The Guardian, 2011, 20 Nisan)

Kelebek etkisi, olumsuz olayların sonuçlarının katlanarak nelere sebep olabileceğini gösterdiği gibi olumlu olayların veya durumların da ne gibi güzel sonuçlar doğurabileceğini ifade eder. Çevre açısından kelebek etkisi, alınan tedbirlerin ve eğitimlerin çok ötesinde katkı sunar. Kişilerde çevre bilincinin yerleşmesi ile kendi çevremiz için düşündüğümüz kelebek etkisi, bir süre sonra daha geniş çevreye yayılacak ve daha fazla kişinin veya canlının hayatına dokunup yarar sağlayarak kendini hissettirecektir. Kişilerde oluşturulacak çevre bilinci, canlılara ve insanlara sağladığı yarar ile “mutlu insan, mutlu çevre” fikrini zihinlere işleyecektir.

Kelebek etkisini israf konusu ile birlikte değerlendirdiğimizde ise dünyada ve ülkemizde israfın korkunç boyutlara ulaştığını gözlemliyoruz.

Yüce Allah Kuran-ı Kerim’de şöyle belirtmiştir;

“(Rahman’ın gerçek kulları), harcadıklarında ne israf ne de cimrilik ederler; ikisi ortasında orta bir yol tutarlar.” (Furkan, 67)

Allah’ın yeryüzündeki emanetçisi kullarına düşen görev ise, emanete saygı gösterip korumaktır. Doğal kaynakları kullanırken kesinlikle israf etmemektir.

İslâm’ın israf ve savurganlığı bu kadar şiddetle yasaklamasının elbette ki nedenleri vardır. Şöyle düşünelim: Bugün dünyamızda yaklaşık olarak 7 milyar insan yaşamaktadır. Her bir insanın bir defacık canı istediği veya eğlence için bir ağaç kestiğini veya bir hayvanı öldürdüğünü düşünün. Yedi milyar ağaç veya yedi milyar hayvan! Ya da israf ettiği suları, çöpe döktüğü ekmekleri ve diğer gıda maddelerini bir düşünün? Ufak bir hareketin ne kadar büyük sonuçlar getirdiği açıktır. Üstelik kirlettiğimiz, yok ettiğimiz ve tahrip ettiğimiz bu kaynakların büyük bir bölümünü tekrar elde etmek mümkün değildir. (Özdemir, 2018, s.25)

Olaya bu perspektiften bakıldığında, bireysel olarak yapılan israfın küresel etkisi bizleri bu sorunu gidermeye yönelik projeler üretmeye ve geliştirmeye sevk ediyor.

Ülkemizde yürütülen “Sıfır Atık Hareketi” kapsamında israftan kaçınılması, atığın önlenmesi, azaltılması, yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bu hareket ülke içerisinde olduğu kadar, uluslararası düzeyde de biliniyor ve diğer ülkelere örnek bir proje olarak tanıtılıyor.

Sıfır Atık Hareketi kapsamında yapılan çalışmalar ile;

- 2017 yılı Haziran ayından bu yana sıfır atık yönetim sistemine geçen bina/yerleşke sayısı yaklaşık 185 bine ulaşmıştır.
- Sıfır atık konusunda yaklaşık 21 milyon kişiye eğitim verilmiştir.
- 2017’de % 13 olan geri kazanım oranımız 2021 yılında % 27,2’ye; 2022 yılında % 30,13’e; 2023 yılında % 34,92’ye yükselmiştir.
- Geri kazanım oranımızın 2035 yılında % 60’a çıkarılması hedeflenmektedir.
- Proje başlangıcından bu yana 29,3 milyon ton kağıt-karton, 7,8 milyon ton plastik, 2,9 milyon ton cam, 3,7 milyon ton metal ve 16,2 milyon ton organik ve diğer geri dönüştürülebilir atıklar olmak üzere toplamda yaklaşık 59,9 milyon ton geri kazanılabilir atık, Bakanlığımızdan lisans almış işletmelerce işlenerek ekonomiye kazandırılmıştır.
- Toplanan atıklardan; 185 milyar TL ekonomik kazanç sağlanmış, 2,6 milyar kWh enerji tasarrufu, 819 milyon m³ su tasarrufu, 104 milyon m³ depolama alanından tasarruf sağlanmış, 5,9 milyon ton sera gazı salımı önlenmiş, 498 milyon ağaç kurtarılmış, 127

milyon varil petrolden tasarruf edilmiştir. (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024, 29 Mart)

Görüldüğü üzere, bu ve benzeri projeler kısa sürede toplumsal bilinç oluşumunu sağlamada ve tasarrufun insanların belleğinde yer etmesine büyük katkı sağlayacaktır.

İsrafın temel nedenleri arasında eğitimsizlik, bilgisizlik, moda uymak, gösteriş merakı, emek sarf etmeden kazanç elde etmek...v.b. birçok madde sıralanabilir. Verilecek eğitimlerle gerekli bilincin bireysel düzeyde kazandırılmaya çalışılması, diğer nedenlerin ortadan kalkmasını sağlayacaktır.

Bu bilgiler ışığında, çevre ve israf konusunda üzerimize düşen görevlerimizi yerine getirirken, bir kelebeğin kanat çırpmasıyla oluşan etkiyi aklımıza getirmeli ve bireysel olarak yapabileceklerimizi azımsamamalıyız.

5. Pandemi ile Geçmiş Yolculuk

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından küresel bir salgın olduğu 11 Mart 2020 tarihinde duyurulan COVID-19 pandemisi, hayatın her alanında dünyayı etkisi altına almış ve yapılan araştırmalar, insan sağlığını tehlikeye atan bu salgının, toplumdaki kısmi ve tam kapanmalar ile çevre üzerinde geçici de olsa olumlu etkiler bıraktığını ortaya koymuştur.

Endüstriyel, turistik, ticari, ulaşım faaliyetlerinin durması ve kısıtlanması sonucunda, bu ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri de belli ölçüde azalmıştır. Ancak, bu durum başta çevresel açıdan avantaj gibi düşünülse de yapılan endüstriyel faaliyetlerin tekrar devam etmesi sebebiyle kalıcı bir etki bırakmadığı da görülmüştür. İlk baştaki etkilerin yalnızca hava kirletici emisyonlardaki düşüş değil ilaveten, insanların evlere kapanmasıyla birlikte şehirlerde görmeye alışık olmadığımız bazı hayvanların şehre inmesi, deniz ve okyanusların pandemi öncesine göre nispeten kendini temizlemeye başladığı, suların berraklaştığı, özgürce hareket edebilen yunusların, ve bazı sucul canlıların sahil kenarından da daha fazla görünmeye başladığı görülse de bu durum çok uzun vadeli olmamıştır. İlk çalışmalar, çevre ve hava kalitesi üzerinde dolaylı olarak pozitif bir etki bulunduğunu öngörmektedir. Bir taraftan iklim uzmanları sera gazı emisyonlarının II. Dünya Savaşı'ndan bu yana daha önce hiç görülmemiş oranlara düşebileceğini tahmin etse de bunun sosyal mesafeli politikalarla kaynaklandığı ve geçici olacağı da düşünülmektedir (Zambrano-Monserrate ve diğ., 2020)

Bu deneyimden yola çıkarak, sosyal hayatımızı kısıtlamadan daha dingin bir yaşam tarzının benimsenmesi ve endüstriyel faaliyetlerin artmasının başlıca sebebi olan tüketim alışkanlıklarımızın gözden geçirilmesi ile kalıcı ve sürdürülebilir bir şekilde dünyamızı daha yaşanabilir kılmak mümkün olacaktır.

Sonuç

Doğanın kendi içerisinde bir dengesi ve düzeni olduğunun bilincinde olan ve doğa içerisindeki yerinin ve sorumluluğunun farkında olan toplumlarla, çevresel sorunlara daha çözümcü yaklaşmak mümkün olacaktır.

Yaşadığımız dünyayı çevre kirliliğine karşı korumanın ilk şartı, verilecek eğitimlerle çevre ahlakının bireylerde yerleşmesini sağlamak ve sonucunda israfın önüne geçmektir. Buna rağmen zorunlu ihtiyaçlar için sarfiyat yapılacak ise, öncelik atığın kaynağında önlenmesi ve azaltılması için yeniden kullanım imkânlarını değerlendirmek veya kullanılabilir durumda ise ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasını sağlayarak atıkların azaltılmasına katkıda bulunmak olmalıdır. Buna yönelik geliştirilen projeler ile şehir hakkı, çevre hakkı...v.b. kavramları gelecek nesillere aktarmak öncelikli görevimiz olmalıdır.

Yeryüzü, karşılıklı ilişki kavramı için de önemlidir. İnsanlar yeryüzünün iki unsurundan yaratılmıştır: Toprak ve Su. Böylece insanın tabiata ve yeryüzüne yabancılaşması kendi özüne de yabancılaşmasıdır. O, yeryüzünün efendisi ve hâkimi değil, mütevazı bir üyesidir. Sahip olduğu özellik ve üstünlükler ise, onun sorumsuzca bu güzellikleri ve kaynakları tahrip etmesini

ve tüketmesini değil, büyük bir sorumlulukla hareket etmesini gerektirmektedir. (Özdemir, 2018, s.8)

Yaşanan bu süreçte, çevreye karşı başlıca iki görevimizin ön plana çıktığını gözlemliyoruz. Birincisi maddi-manevi her anlamda temizlik, ikincisi ise bize sunulan nimetleri ihtiyacımız nispetinde kullanmak.

İnsanlık yararına sunulan tüm nimetlerin Allah'ın bize emaneti olduğunu, aynı zamanda da imtihan vesilesi olduğunu unutmaz, emanete sahip çıkarsak, çevre sorunlarına daha duyarlı bir toplum olma yolunda ilerleyebiliriz. Çevreye karşı duyarlı olmak bizim hem bireysel hem toplumsal yükümlülüğümüzdür.

Yüce Allah Kuran-ı Kerim'de şöyle buyurmuştur;

“Doğrusu biz sizi yeryüzüne yerleştirdik ve orada size geçim kaynakları sağladık. Ne de az şükrediyorsunuz” (Â'raf, 7/10).

Sunulan nimetlerin payımıza düşen kadarını kullanmak ve şükretmek aynı zamanda da kulluk vazifemizdir. Şükretmeyip daha fazlasını istemek ve elde etmek, farkında olmadan başkalarının hakkına girmemize neden olabilir. Bireysel olarak yaşantımızda ihtiyaçtan fazlasını tüketmekten kaçınılmalı ve israfın kişiyi Allah'ın rızasından uzaklaştırdığını da unutmamalıyız.

Çevre bilinci, inanç ve vicdan çerçevesinde oluşturulacak siyasi ve sosyo-ekonomik politikalar sayesinde kalıcı hale gelebilir. Bu konunun devletler, uluslararası kurum-kuruluşlar ve sivil toplum kuruluşları tarafından da desteklenmesi ve güçlü bir irade ortaya konması zorunluluktur. Bizlere düşen ise, kişisel çabalarla her şeyin değişebileceğine olan inancımızı korumak, yaptığımız işi azımsamamak ve bu psikolojik savaşı kazanma çabasını göstermektir. Temizliğe öncelikle kendi vicdanımızdan, inancımızdan ve kapımızın önünden başladığımızda topluma olan etkisine biz bile inanamayacağız. Unutmayalım ki, “İnsan değişir, dünya değişir”..

Bireysel ve toplumsal olarak vicdani, ahlaki ve kanuni düzenlemelerle çevremize sabırla öreceğimiz koza, gelecek nesillere renkli iki güzel kanat olacaktır.

Kaynakça

- [1] Ahmet Coşkun, “Çevre Kirlenmesi Problemine İslâmi Açıdan Bir Bakış”, Erciyes Ü. İ. F. Dergisi, S:3,
- [2] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (29.03.2024). <https://cygm.csb.gov.tr/sifir-atik-ile-geri-kazanim-orani-35e-ulasti.-haber-286897> adresinden alındı.
- [3] Erich Fromm, Sahip Olmak ya da Olmak, çev. Aydı Arıtan, Arıtan Yay., İstanbul 1991, 237-8. Ayrıca bkz. Güncel Önkal, “İnsan Doğaya Egemen midir?” Yeni Yüksektepe Felsefe Derneği, Ankara
- [4] İbrahim Özdemir, “İlahi Bir Emanet Olarak Çevre”, İstanbul - Mayıs 2018
- [5] M.Şahin Bülbül, M. Ş. (2007). Kaos ve eğitim. Ankara: Beyazkalem Yayıncılık.
- [6] The Guardian. (2011, Nisan 20). www.theguardian.com/environment/2011/apr/20/deepwater-horizon-key-questions-answered adresinden alındı.
- [7] Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., Sanchez-Alcalde, L. (2020) Indirect effects of COVID-19 on the environment. Sci. Total Env., 138813

Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Ülke Geneline Belediye Hizmetlerine Yönelik Bir Saha Araştırması

Sustainable Development and Environment: A Field Research on Municipal Services Across the Country

* Ömer Faruk Aslan

* Atatürk Üniversitesi, İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu, Erzurum, Türkiye

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir kalkınma, çevre sorunları, belediyeler, bireyler, endüstrileşme.

İnsanlığın başlangıcından itibaren çevreyle hep iç içe konumda olduğu görülmektedir. Bireyler yaşamını idame ettirmeleri için tarımla uğraşmak zorunda kalmaktadır. Ancak Sanayi Devrimi sonucunda endüstrileşmenin artması ve savaşların çevreye vermiş olduğu zararlarla birlikte çevre sorunları karşımıza çıkmaktadır. İnsanlık nüfusunun hızlıca artması da kaynakların orantısız olarak tüketilmelerine doğaya olan tahribatın oluşmasına neden olmaktadır. Çevreye insanoğlunun bu denli zarar vermesine rağmen çoğu devlet koruma önlemleri konusunda herhangi bir maliyete katlanmamaktadır. Birçok devlet diğer devletlerin bu önlemleri almasını beklemektedir. Büyük sermaye sahip devletler girdi maliyetlerin ucuz olması, üçüncü dünya ülkelerin yer tahsisi, vergi muafiyeti vb. avantajlarını sunması ve üretim tesislerinin çevresel zararlarını kendi ülkelerinde yaşanmaması için fabrikaları başka ülkelerde kurmaktadır. Bu da çevreye verilen zararların genel olarak üçüncü dünya ülkelerinde yaşanmasını sağlamaktadır. Çevreye verilen zararlar sonucunda üretim yapılan yerlerde yaşayanlar daha sağlıklı ve kalitesiz yaşam sürmektedir. Bundan dolayı çevre sorunları ülkelerin hep gündeminde olmuştur. Çevreye verilen zararları yok etme adına Birleşmiş Milletler nezdinde 2015 yılında 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri belirlenmiştir. Buna taraf olan devletler bu amaçlar doğrultusunda önlemler alma yükümlülüğü getirilmiştir. Çalışmada ülkemizin de taraf olduğu Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden çevrenin korunmasına yönelik belediyeler tarafından alınan tedbirlerin tespit edilmesi ve bu konuda vatandaşın hükümetten beklentilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ülke genelinde 754 kişiye anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular IBM SPSS Statistics 20 programı vasıtasıyla analiz edilmiştir. Katılımcıların çevre sorunlarına olan duyarlılığına ve belediyelerin çevreye ilişkin yapmış oldukları hizmetlerine ilişkin sorular yöneltilmiştir. Son bölümde sürdürülebilir kalkınmada çevrenin önemi hakkında bulgu toplanmıştır. Katılımcıların çevre sorunlarına olan duyarlılığının olduğu, belediye hizmetlerin yeterli seviyede bulunmadığını ve sürdürülebilir kalkınmada çevrenin yadsınamaz bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

Key words: Sustainable development, environmental problems, municipalities, individuals, industrialization.

Abstract

It seems that humanity has always been intertwined with the environment since its beginning. Individuals have to engage in agriculture to survive. However, environmental problems arise with the increase in industrialization as a result of the Industrial Revolution and the damage caused by wars to the environment. The rapid increase in the human population also causes disproportionate consumption of resources and destruction of nature. Despite human beings causing so much damage to the environment, most states do not bear any costs for protection

measures. Many states expect other states to take these measures. States with large capital enjoy cheap input costs, land allocation from third world countries, tax exemption, etc. They establish factories in other countries to offer their advantages and to avoid the environmental damage of their production facilities in their own countries. This ensures that environmental damage is generally experienced in third world countries. As a result of the damage caused to the environment, those living in places where production takes place are living more unhealthy and poor quality lives. For this reason, environmental problems have always been on the agenda of countries. In order to eliminate damage to the environment, the 2030 Sustainable Development Goals were determined by the United Nations in 2015. States parties to this are obliged to take measures for these purposes. The aim of the study is to identify the measures taken by municipalities to protect the environment from the Sustainable Development Goals, to which our country is a party, and to determine the citizens' expectations from the government in this regard. In this context, a survey was conducted to 754 people across the country. The findings were analyzed using the IBM SPSS Statistics 20 program. Questions were asked about the participants' sensitivity to environmental problems and the environmental services provided by municipalities. In the last section, findings were collected about the importance of the environment in sustainable development. It was concluded that the participants were sensitive to environmental problems, municipal services were not at an adequate level and the environment was an undeniable factor in sustainable development.

Recovery and Cost of Textile Wastewater with MBR+RO System

*¹Türker TÜRKEN

*¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Abstract

The textile industry is a major contributor to water consumption, with wastewater production ranging from 100 to 400 m³ per ton of textile products. This study investigates wastewater recovery methods utilizing integrated advanced membrane processes, particularly Membrane Bioreactors (MBR) and Reverse Osmosis (RO) systems. These methods address the complex chemical compositions of textile wastewater, including high pH, biological oxygen demand (BOD), and the presence of dyes, salts, and heavy metals.

By employing a combination of biological treatment, ultrafiltration, and reverse osmosis, the recovery process achieved remarkable pollutant removal efficiencies of over 99% across various parameters. The system demonstrated a recovery efficiency of 92%, converting treated water into reusable process water, while maintaining sustainable operational costs of \$0.55 per m³.

This approach aligns with global sustainability frameworks such as the Zero Discharge of Hazardous Chemicals (ZDHC) initiative, which aims to minimize the environmental impact of textile production. Adoption of such technologies not only enhances water reuse but also ensures compliance with environmental policies, positioning facilities as preferred suppliers in international markets. The findings emphasize the critical role of membrane-based treatment systems in achieving both environmental sustainability and industrial efficiency.

Özet

Tekstil endüstrisi, su tüketimi açısından önemli bir sektör olup, ton başına 100 ila 400 m³ arasında atıksu üretmektedir. Bu çalışmada, tekstil atıksularının geri kazanımı için ileri entegre membran prosesleri, özellikle Membran Biyoreaktörler (MBR) ve Ters Ozmoz (RO) sistemleri incelenmiştir. Bu yöntemler, yüksek pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), boyar maddeler, tuzlar ve ağır metaller gibi karmaşık kimyasal bileşimlere sahip tekstil atıksularına yönelik etkili çözümler sunmaktadır.

Biyolojik arıtma, ultrafiltrasyon ve ters ozmoz kombinasyonu kullanılarak, çeşitli parametrelerde %99'un üzerinde kirlilik giderim verimliliği sağlanmıştır. Sistem, %92 geri kazanım verimi ile arıtılan suyu yeniden kullanılabilir proses suyu haline dönüştürmüş ve metreküp başına 0,55 \$ işletme maliyeti ile sürdürülebilir bir çözüm sunmuştur.

Bu yaklaşım, tekstil üretiminin çevresel etkilerini en aza indirmeyi hedefleyen Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı (ZDHC) girişimi gibi küresel sürdürülebilirlik çerçeveleri ile uyumludur. Bu tür teknolojilerin benimsenmesi, suyun yeniden kullanımını artırmakla kalmayıp, çevre politikalarına uyumu da sağlar ve tesislerin uluslararası piyasalarda tercih edilen tedarikçiler olarak konumlanmasına katkıda bulunur. Bulgular, membran tabanlı arıtma sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik ve endüstriyel verimlilik elde edilmesindeki kritik rolünü vurgulamaktadır.

Introduction

The textile industry is one of the largest consumers of water and a major contributor to industrial pollution worldwide. Traditional wastewater treatment methods often fail to completely remove complex pollutants, leading to environmental degradation and freshwater scarcity. Therefore, innovative treatment technologies are essential for ensuring the sustainable operation of this vital sector.

Technologies for Textile Wastewater Treatment

1. Physical Methods:

Filtration, sedimentation, and adsorption are widely used for removing suspended solids and certain dye molecules. Advanced membrane technologies, such as nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO), have shown promising results in purifying textile effluents for reuse (Muthuraman et al., 2020; Kumar et al., 2018).

2. Chemical Treatments:

Techniques like coagulation-flocculation, advanced oxidation processes (AOPs), and ozonation are highly effective in breaking down recalcitrant organic compounds and reducing color intensity in wastewater (Gupta et al., 2015; Tijani et al., 2021).

3. Biological Treatments:

Bioreactors using specialized microbial consortia can degrade organic pollutants and even certain synthetic dyes, offering an eco-friendly alternative to purely chemical treatments (Ali et al., 2019).

4. Hybrid Systems:

Combining physical, chemical, and biological methods, hybrid systems enhance treatment efficiency, reduce costs, and optimize resource recovery (Arslan et al., 2017).

Recovery and Reuse Applications

Treated textile wastewater can be reused in various industrial processes, including dyeing, washing, and cooling systems. Additionally, resource recovery, such as extracting valuable dyes, salts, or energy from effluents, has become a growing focus, contributing to circular economy practices in the textile industry (Khandegar & Saroha, 2019). Recovering textile wastewater reduces freshwater consumption, minimizes effluent discharge, and lowers treatment costs in the long term. Implementing such practices aligns with global sustainability goals and helps industries comply with stringent environmental regulations (Peydayesh & Rahbar-Kelishami, 2021).

Material and Method

1. Description of the wastewater treatment processes of the textile factory

The full-scale system was designed and operated as a membrane bioreactor system and RO system for the recovery of wastewater caused from a textile industry illustrated at Fig. 1. First step of the treatment processes is pre-treatment which includes screening to protect the membranes and the other mechanical equipments. The membrane bioreactor system provides higher removal efficiencies and capacity in a smaller area by operating the activated sludge system at higher sludge ages and MLSS concentrations. Submerged type reinforced ultrafiltration membranes were used to separate the biological flocs formed in the aeration tank from the water. The permeate collected from two parallel membrane tank is directly fed to the 3-stage reverse osmosis (RO) unit for recovery. The effluent of the RO is used directly as process water in the production.

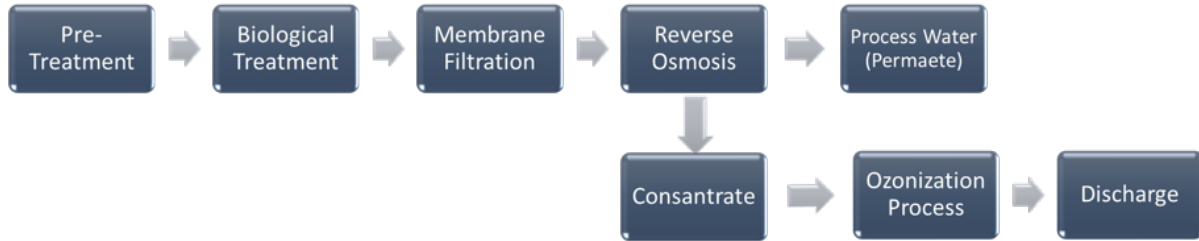


Figure 19. Textile Wastewater Recovery System Flow Diagram

2. Wastewater source and characteristics

Average capacity of the treatment plant is 2000 m³/day. The COD and conductivity values of the raw wastewater are 6760 mg/L and 5683 μ s/cm, respectively. The average COD and conductivity values of the RO influent are 338.6 mg/L and 17 μ s/cm. Influent wastewater parameters for MBR and RO is given with Table 1.

Table 4. Influent Characteristics of MBR and RO

PARAMETER	UNIT	MBR INFLUENT	RO INFLUENT
ph	-	8.7	8.52
Conductivity	μ s/cm	5683	5640
COD	mg/L	6760	338.6
Colour	Co-Pt	1445	1355
TKN	mg/L	53	<5
Sulfate	mg/L	450	507
Sulfur	mg/L	<0,1	<0,1
Nitrate	mg/L	<0,1	<0,1
Chloride	mg/L	1380	1372
Bicarbonate	mg/L	950	1150
TSS	mg/L	503	<2
Hardness	mg/L	495	505
Calcium	mg/L	203	207.5
Magnesium	mg/L	34	30
Silica	mg/L	18.4	17.97
Sodium	mg/L	1540	1567

3. Operational conditions

Sludge retention time (SRT) of the biological system is 20 days during the operation. Operational MLSS concentration of the aeration tank and the membrane tank is 10 g/L and 13 g/L, respectively. Operational flux value of the system is 13 LMH. Filtration cycle of the membrane filtration system is 9-minute filtration and 1 minute backwashing. For obtaining a stabilised performance of the membrane cassette, system operates with cleaning processes including backwashing with permeate and chemical enhanced backwashing. Sodium hypochlorite and citric acid chemicals are used for cleaning processes. Since the RO system is used as a 3-stage, recovery rate is obtained as approximately 92%. Ozonization process was used to meet discharge criteria in the discharge of reverse osmosis concentrate.

Results

In this study, data were collected for an average of 1 year. Cost analysis was carried out according to the obtained operating data and chemical consumption. A graph showing the

amount of water passing per unit time through the unit area of the membrane obtained during the operation of the MBR system is shared (Figure 1). The red line shows the pressure (TMP) steadily increasing over time, with fluctuations that become more pronounced in the later weeks. The flux (blue and green data) remains relatively stable at the beginning but starts fluctuating more as time progresses. Looking at the flux value, accumulation of particles, colloids, or organic matter on the membrane surface could lead to temporary decreases in flux. Periodic cleaning or backwashing likely restores the flux, leading to the observed spikes. Variations in feedwater quality (e.g., turbidity, TSS, or organic content) may contribute to the flux fluctuations.

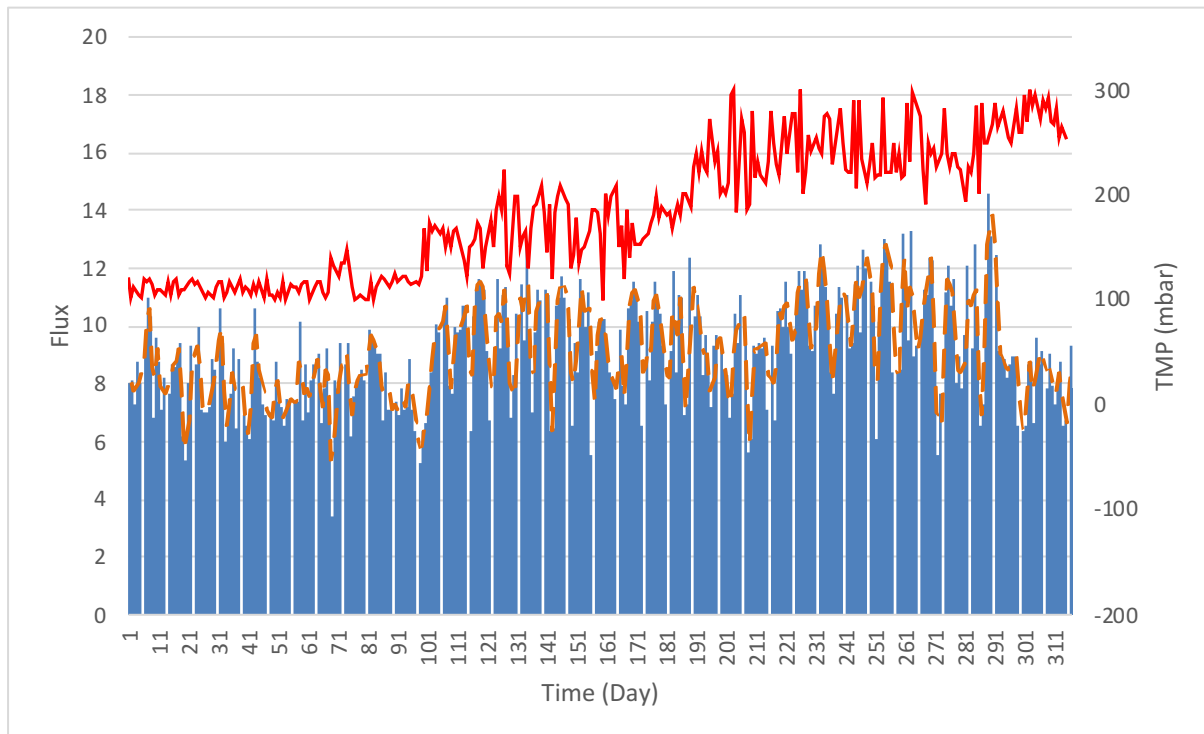


Figure 2. Flux and TMP Trend of System

The flux typically ranges between 6-10 L/m²·h, suggesting stable operation in this range under normal conditions. The minimum flux values drop to approximately 3-4 L/m²·h, while the maximum flux reaches around 13-14 L/m²·h. There is no clear downward trend in the flux over time, indicating that the membrane's performance remains relatively stable, possibly due to regular maintenance. Also, this graph highlights the relationship between flux and pressure in a membrane system, showing clear signs of fouling over time. An increase in TMP often indicates fouling or clogging, which causes resistance to flow. This can result in either a decrease in flux or the need to increase pressure to maintain flux levels. Here, the pressure increases while the flux does not show a consistent decline, suggesting the system compensates by applying higher pressure to maintain flux.

Recovery rates in the reverse osmosis system applied to recycle wastewater are given in Figure 2. It is seen that the recovery rate of the reverse osmosis system is 93% on average. Since most of the energy consumption occurs in reverse osmosis systems, energy consumption data based on recovery is given in Figure 3.

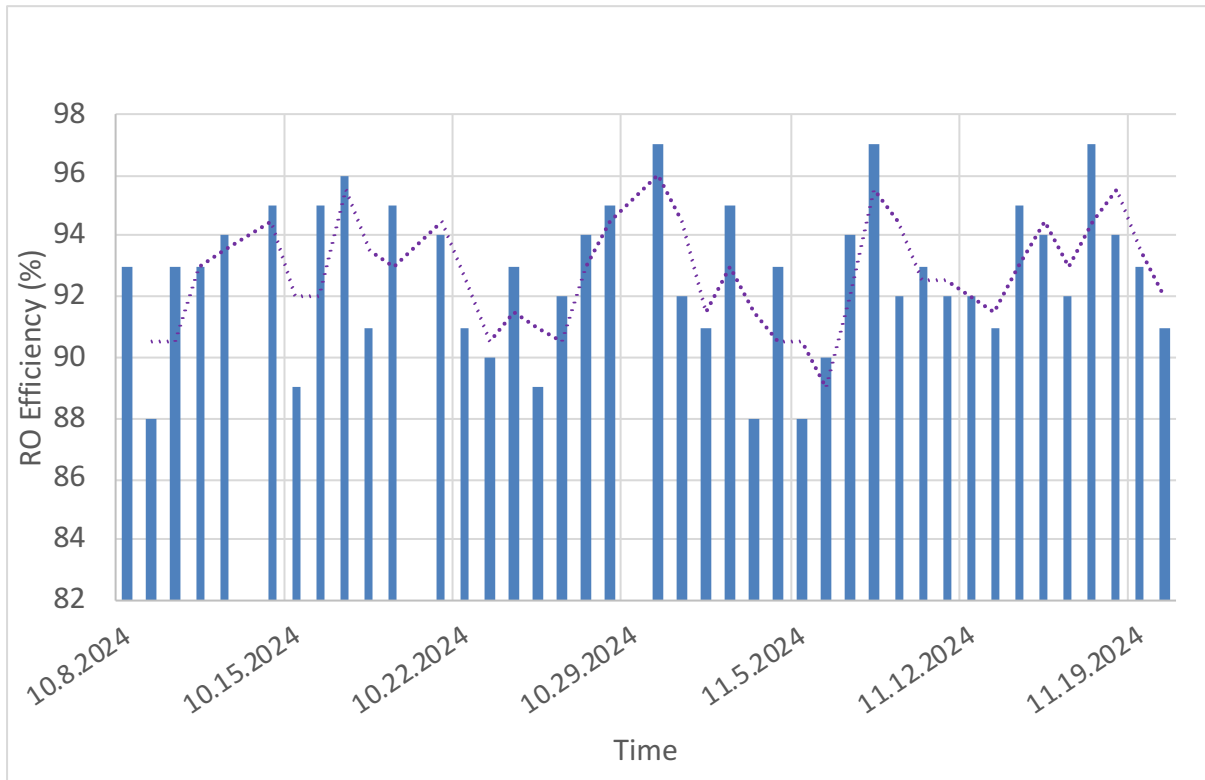


Figure 3. RO System Recovery of System

According to Figure 3, the energy consumption fluctuates between 5.05 kWh/m³ and 5.18 kWh/m³ over the 12 months. These values indicate relatively stable energy requirements for the membrane system operation. Energy consumption may rise when the system compensates for fouling, scaling, or reduced membrane performance, requiring higher pressures or flow rates to maintain target flux. Cleaning cycles or maintenance events could temporarily lower energy usage when the system efficiency improves.

The energy consumption graph reflects stable operation of the membrane system with minor fluctuations likely caused by fouling, cleaning cycles, or seasonal factors. Monitoring and optimizing system performance, especially during periods of higher energy usage, can help maintain efficiency and reduce operational costs.

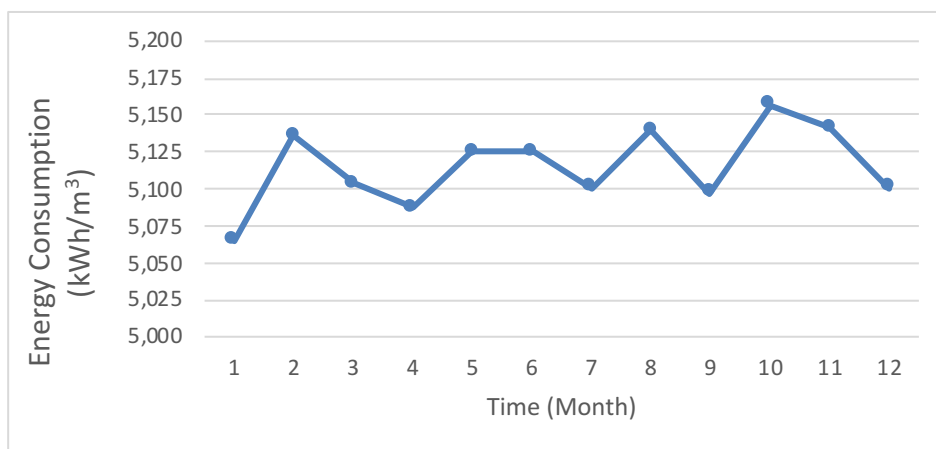


Figure 4. Energy consumption

The operating cost was calculated by adding up the energy consumption and chemical consumption throughout the operation. The operating values of the system for one year m³ of treated water are given in Table 2.

Table 2. Operational Cost of System

Electricity Consumption Cost per m ³ Wastewater	\$ 0.52
Chemical Consumption Cost per m ³ Wastewater	\$ 0.028
Total Cost per m ³ Wastewater	\$ 0.55

Conclusion

The recovery and reuse of textile wastewater represent a vital step toward sustainable industrial practices. By adopting innovative technologies and emphasizing resource efficiency, the textile sector can significantly reduce its environmental footprint while contributing to global water security. In this study, it was seen that it was possible to recover textile wastewater at 92% efficiency with the combination of MBR + RO. At the end of 1 year, the operating TMP values of the MBR system were found to be around 300 mbar. The treatment cost per m³ treated water was 0.55 USD. Usable wastewater recovery was achieved in the process with a minimum 99% removal efficiency in all pollution parameters.

References

1. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2019). Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869-881.
2. Arslan, I., Balcioglu, I. A., & Bahnemann, D. W. (2017). Advanced oxidation of raw and biotreated textile effluents by the O₃, H₂O₂/O₃, H₂O₂/Fe²⁺/O₃, and TiO₂/UV processes. *Environmental Science & Technology*, 34(3), 430-437.
3. Gupta, V. K., Carrott, P. J., Ribeiro Carrott, M. M., & Suhas. (2015). Low-cost adsorbents: Growing approach to wastewater treatment—a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(10), 783-842.
4. Khandegar, V., & Saroha, A. K. (2019). Electrochemical oxidation for the treatment of textile industry wastewater and its reuse. *Water Science and Technology*, 79(4), 607-619.
5. Kumar, P. S., Joshiba, G. J., & Varshini, P. (2018). Textile wastewater treatment using advanced oxidation processes. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 100-109.
6. Muthuraman, G., Venkatesan, S., & Balaji, S. (2020). Membrane filtration and advanced treatment techniques for textile wastewater. *Environmental Technology Reviews*, 9(1), 33-51.
7. Peydayesh, M., & Rahbar-Kelishami, A. (2021). Adsorption as a reliable method for textile wastewater treatment: A review. *Environmental Research*, 201, 111534.
8. Tijani, J. O., Fatoba, O. O., & Petrik, L. F. (2021). A review of combined advanced oxidation technologies for the removal of organic pollutants from water. *Water*, 13(8), 1089.

Municipal Solid Waste Management Cost of Waste to Energy Technologies and Comparison with Landfilling

*¹ Kadriye Elif Maçın, ¹ Serra Selin Övez

*¹ Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, İstanbul, Türkiye

Key words: cost, landfill, municipal waste solid, waste to energy technologies (WtE).

The world's municipal solid waste (MSW) production is currently around 2.01 billion tons per year, with most of it being landfilled. It is expected to rise to 3.4 billion tons per year by 2050. The focus on landfill diversion policies has been on energy recovery or waste-to-energy (WTE) of MSW. WTE includes processes like incineration, gasification, and pyrolysis, as well as biochemical processes like anaerobic digestion (AD). Despite WTE's potential for reducing environmental impacts, the high costs are often a major obstacle. The purpose of this study is to investigate the MSW management cost of WTE and comparison with landfilling. The research was conducted by reviewing Turkish and English literature related to cost of WTE and landfilling. Operational expenditure (OPEX) namely; all the costs during operation of the WM system, revenues from sales of products, energy and capital expenditures (CAPEX) of WM facilities were included in the study. Incineration has a higher CAPEX (400-700 €/ annual ton MSW) than landfilling (20-55 €/annual ton MSW) and AD (250-600 €/ annual ton MSW), but it is cheaper than gasification (700-1100 €/ annual ton MSW). Although landfilling has the lowest operating cost, it also has an additional cost for landfill gates, which is not obligatory in all countries and can range from 10 to 150 € per ton MSW. Furthermore, there is uncertainty about the revenue of technologies like energy price and digestate market value. Understanding the performance and developing new strategies with the current cost analysis of MSW is crucial, even as regulatory framework changes and landfilling is being phased out.

Deprem Bölgesi Konut Temel Kazılarında Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunlarının Tahmini ve Risk Analizi Esaslı Giderilmesi: Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları Örneği

*¹ Ali Kahrıman, ¹ Sadettin Bağdatlı, ¹ Enver Alan, ¹ Elif Aysema Dondurmacı, ² Ramazan Renksiz, ² Furkan Civelek, ² Salih Yıldırım, ³ Mehmet Ersev Kuzdan, ³ Tacettin Şeker, ³ Fatih Gökmen, ³ Polat Yerlikaya, ³ Ahmet Öztürk

*¹ İstanbul Okan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Patlayıcı Mühendisliği Programı, Türkiye
² Akademi Patlayıcı Mühendisliği İnşaat Madencilik Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Türkiye
³ (Emlak Konut Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., Türkiye)

Anahtar kelimeler: Deprem, Adıyaman, konut, patlatmalı kazı, çevresel etki.

Özet

Patlatmalı kazı yöntemi, kaya kazılarında ekonomik ve hızlı bir yöntem olması sebebiyle inşaat projelerinde de sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntem, özellikle kaya kazı hacminin büyük olduğu ve hızla sonuçlandırılması gereken projeler için önemli ve vazgeçilmez alternatif bir yöntemdir. Patlayıcı ve patlatma mühendisliği tekniklerindeki gelişmelerle birlikte son yıllarda; kentsel dönüşüm projeleri, deprem konut projeleri vb. kısa sürelerde tamamlanması gereken çalışmalarda da patlatmalı kazılar sıkça tercih edilmektedir. Yöntemin avantajlarının yanında; yer sarsıntısı, gürültü, hava şoku, kaya fırlaması, toz ve gaz konsantrasyonu gibi olumsuz çevresel etkiler de mevcut. Bu etkilerin indirgenmesi veya yok edilebilmesi için akıl ve bilim rehberliğinde çalışılması, patlatma kaynaklı risklerin öngörülmesi, kontrollü patlatma tekniklerinin uygulanması, kontrol edilebilir faktörlere müdahale edilmesi ve emniyet tedbirlerinin alınması önem arz etmektedir. Patlatmalı kazı (atım) süreci boyunca etik değerler ve çevre korunmalıdır.

Bu bildiriye, “Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları Projesi” kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kazı çalışmalarının çevresel etkilerinin tahmini, önlenmesi ya da kabul edilebilir seviyeye indirgenmesi için yapılan uygulamalar paylaşılmıştır. Çalışma kapsamında, öncelikle çalışma sahasında mevcut olan risk unsuru yapıların durumu ve konumları belirlenmiştir. Patlatmalı kazı yapılacak bölgelerle risk unsuru yapılar arasındaki mesafeler tespit edildikten sonra, bölgenin jeolojik özellikleri dikkate alınarak titreşim ve hava şoku yayılım özellikleri belirlenmiştir. Titreşim ve hava şoku yayılım modellerinden faydalanılarak, patlatmalı kazı noktaları ile risk unsuru yapılara olan mesafeye göre, risk unsuru yapılarda hasarlara neden olmayacak delik çapı, patlatma ürünleri (patlayıcı türü ve miktarları, ateşleme sistemi vs) belirlenmiştir. Bu miktarlar ve sistemler dikkate alınarak patlatma modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan patlatma modelleri üzerinden kaya fırlama riski hesaplanmıştır. Kaya fırlaması riski yüksek olan kritik lokasyonlarda patlatmalı kazı yaparken patlatma örtüleri kullanılarak kaya fırlaması riski minimize edilmiştir.

Patlatma sahası ve çevresinde emniyet tedbirleri alınarak patlatmalı kazılar gerçekleştirilmiştir. Her atımda çevresel etkiler, titreşim ve hava şoku ölçüm cihazları (sismograflar) ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre çalışmalar revize edilerek, patlatma kaynaklı çevresel etkilerin minimize edildiği, yapısal hasarların önlendiği optimum patlatmalı kazı modelleri bu projede uygulanmıştır.

Abstract

Blasting excavation method is frequently preferred in construction projects due to its economic and fast nature in rock excavations. This method is a significant and indispensable alternative,

especially for projects where the volume of rock excavation is large and needs to be completed quickly. In recent years, with the advancements in explosives and blasting engineering techniques, blasting has also been frequently used in projects such as urban transformation and earthquake housing projects that need to be completed in short periods. Alongside the advantages of the method, there are also negative environmental impacts such as ground vibrations, noise, air shock, fly rock, dust, and gas concentration. It is important to work guided by reason and science to mitigate or eliminate these effects, predict blasting-related risks, apply controlled blasting techniques, intervene in controllable factors, and take safety measures. Ethical values and environmental protection should be maintained throughout the blasting process.

In this paper, the measures taken to predict, prevent, or reduce the environmental impacts of the blasting activities carried out as part of the "Adıyaman Permanent Earthquake Housing Project" are shared. As part of the study, first, the status and locations of the structures at risk in the working area were determined. After identifying the distances between the blasting zones and the structures at risk, the vibration and air shock propagation characteristics of the area were determined by taking into account the geological features of the region. Using the vibration and air shock propagation models, the blasting geometry, the diameter of the blast holes and the blasting materials (types and quantities of explosives, initiation system, etc.) that would not cause damage to the structures at risk were determined based on the distance between the blast sites and the structures at risk. Blasting models were created considering these quantities and systems. The risk of fly rock was calculated based on these models. In critical locations with a high risk of fly rock, blast mats were used to minimize the risk during blasting. Safety measures were taken in and around the blast site, and the blasting operations were carried out. Environmental effects, ground vibrations, and air shock were measured using seismographs during each blast. Based on the results obtained, the work was revised, and optimal blasting excavation models that minimized environmental impacts and prevented structural damage were applied in this project.

1. Giriş

Deprem, yer kabuğu içerisindeki kırılmaların etkisiyle aniden ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzünü sarsan doğa olayı, enerji boşalmasıdır. Sarsma anında aciz kaldığımız bu doğa olayı; güvenle üzerinde yaşadığımız düşündüğümüz dağlar, ovalar, ülkeler ve kıtaların dahi hareket ettiğini, yer kabuğunun üzerindeki teknik açıdan uygunsuz yapıların can kaybına uğrattıkları şekilde yıkılabildiğini, yaşatarak hatırlatmakta ve öğretmektedir.

6 Şubat 2023 tarihinde merkez üsleri olarak Pazarcık/Kahramanmaraş'ta (saat 04:17'de 7,7 Mw), Nurdağı/Gaziantep'te (saat 04:26'da 6,4 Mw), İslahiye/Gaziantep'te (saat 04:36'da 6,5 Mw), Elbistan/Kahramanmaraş'ta (saat 13:24'te, 7,6 Mw); 20 Şubat 2023 tarihinde Hatay'da merkez üsleri olarak Defne'de (saat 20:03'te 6,4 Mw) ve Samandağ'da (saat 20:07'de 5,8 Mw) büyüklükte yıkıcı depremler oldu. Odak derinliği 8,6 km olan ve 100 saniye süren Pazarcık merkezli deprem Türkiye, Suriye, İran, Lübnan, Kıbrıs, Irak, İsrail, Ürdün ve Mısır'da hissedildi. Deprem ülkemizde en çok Hatay, Şanlıurfa, Kahramanmaraş, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Gaziantep, Adıyaman, Malatya ve Elâzığ illerimizi etkiledi (Şek. 1).

zor günler yaşamıştır. Facia yaşatan bu yıkıcı depremin sayısal sonuçları aşağıdadır (Tab. 1).

Tablo 1. Altı Şubat 2023 depremlerinin bazı sayısal bilgileri

	Birim	Türkiye	Adıyaman	Suriye
Can veren insan sayısı (en az)	Kişi	53.537	8.387	8.476
Yaralı insan sayısı (en az)	Kişi	138.476	17.499	14.803
Kayıp insan sayısı	Kişi	297		
Doğrudan etkilenen insan sayısı	Kişi	14.013.196	635.169	
İlk gün yıkılan konut sayısı	Adet	>39.000		
Yıkılmış veya ağır hasar almış konut sayısı	Adet	518.000		
Orta derecede hasar almış konut sayısı	Adet	128.778		
Afet bölgesinde barınma sorunu yaşayan insan	Kişi	>2.000.000		
Farklı bölgelere göçen insan sayısı	Kişi	>5.000.000		
Geçim olanağını kaybeden insan sayısı	Kişi	658.000		170.000
Mali zarar	USD	148.800.000.000		5.100.000.000

Depremde Adıyaman'da hayatını kaybeden 8.105 kişi Türk (16 kişinin kimliği belirsiz), 282 kişi yabancı uyruklu (229 kişi Suriye, 31 kişi Afganistan, 9 kişi Irak, 1 kişi Rusya, 1 kişi İran, 1 kişi Çek Cumhuriyeti uyruklu, 10 kişi kayıtsız yabancı) [3].

Adıyaman ve ilçelerindeki 115.067 adet binadan (269.116 bağımsız bölümden) 5.953 adet bina (14.452 bağımsız bölüm) yıkıldı (Şek. 2), 22.530 adet bina (49.174 bağımsız bölüm) ağır hasarlı ve acil yıkılacak [3].



Şekil 2. Adıyaman kent merkezinde 6 Şubat depreminde yıkılan iki adet yapı [4].

Adıyaman'daki 12.115 adet konteynerde 39.971 afetzede, 3.506 adet prefabrik yapıda 15.628 afetzede; Adıyaman'ın ilçelerindeki 5.386 adet konteynerde 16.231 afetzede barınmakta (Genel toplam: 21.007 adet konteynerde/prefabrik yapıda 71.830 afetzede barınmakta) [3]. Adıyaman merkezinde ve ilçelerinde inşa edilmiş/inşa edilmekte olan kalıcı deprem konutu

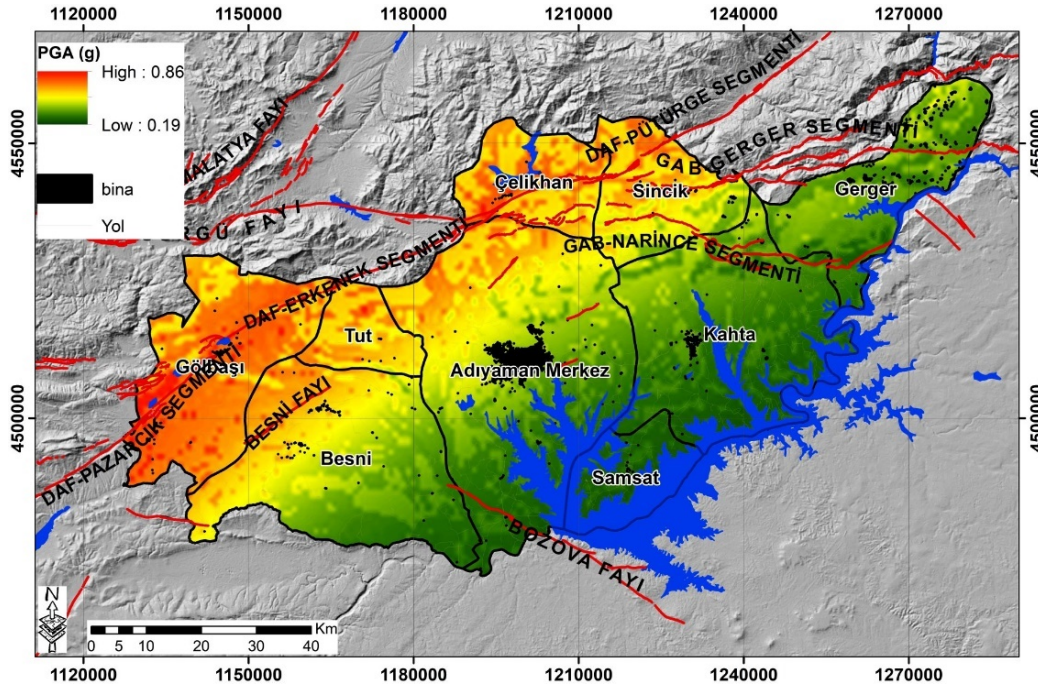
sayısı 38.365 adet (35.071 adet betonarme, 3.294 adet çelik) [3].

Adıyaman ve ilçelerindeki; elektrik abonman sayısı deprem öncesi 240.931 adet, Ekim 2024'te 172.529 adet (azalma 68.402 elektrik abonmanı, azalma oranı % 28,39); şebeke suyu abonman sayısı deprem öncesi 91.478 adet, Ekim 2024'te 64.035 adet (azalma; 27.443 şebeke suyu abonmanı, azalma oranı % 30,00); doğalgaz abonmanı sayısı deprem öncesi 110.462 adet, Ekim 2024'te 95.963 adet (azalma; 14.499 doğalgaz abonmanı, azalma oranı % 13,13).

Geçici barınma alanlarında (prefabrik yapı, konteyner, çadır vs.) birçok sorun (sağlık, temizlik, hijyen, eğitim, su taşkını, drenaj borularında tıkanma, kanalların dolması, şev yenilmesi, çökme, zemin oturması, elektrik kaçağı/tesisat/topraklama/ısınma sorunları, yıldırımın korunma, yetersiz altyapı/üstyapı, konteyner bakım-onarımı, ikmal ve ulaşım sorunu vs) yaşanması potansiyeldir.

2. Adıyaman'ın jeolojik Yapısı

Adıyaman'da jeolojik yapı oldukça karmaşıktır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki bu ilde genel olarak üç tektonik kuşak görülür. İlin güney kesimi Arap Platformunda yer alır. Arap platformu üzerine Ekay zonu gelir. Zonun kuzeyinde naplı alanlar yer alır. Adıyaman merkez ve civarı Neojen yaşlı sedimanter kayalar ile Kuvaterner yaşlı alüvyon birimlerden oluşur. Aktif tektonik açısından önemli bir alanda yer alan Adıyaman ili içerisinde, Doğu Anadolu Fay zonuna ait Erkenek, Pazarcık, Pütürge segmentlerinin (Şek. 3) sırasıyla yaklaşık 70, 63, 23 km'leri geçer. Güneydoğu Anadolu Bindirmesine ait Gerger segmentinin 59.94 km'si, Narince segmentinin tamamı il sınırları içerisinde [5]. Tektonik açıdan, Adıyaman'da yıkıcı depremler olma olasılığı çok yüksek.



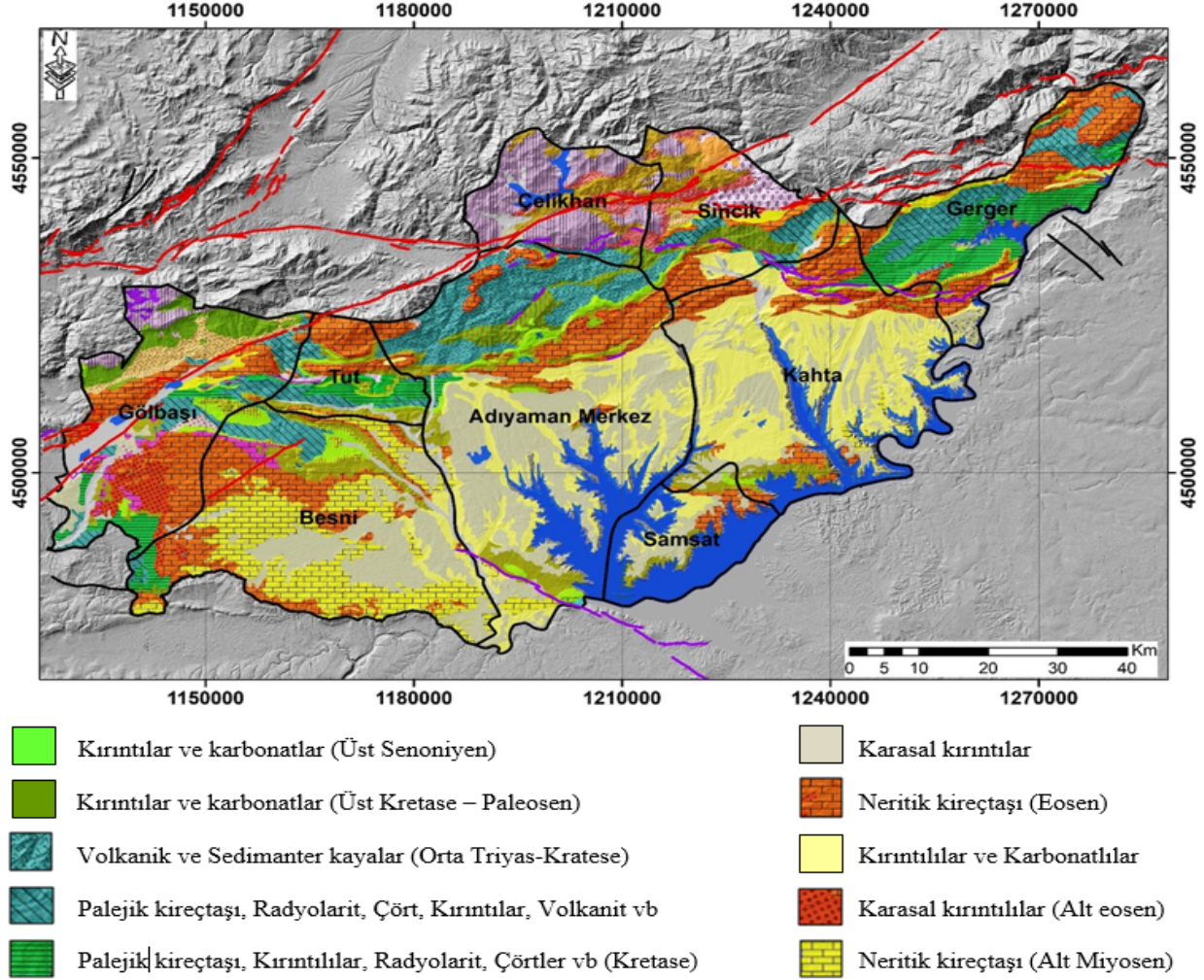
Şekil 3. Adıyaman ilindeki tektonik kuşaklar ve aktif faylar [5]

2.1. İndere'de Kalıcı Deprem Konutları İnşa Edilmekte Olan Bölgenin Jeolojik Yapısı ve Bu Bölgede Delme-Patlatma Yöntemi ile Kazılan Kayaçın Mühendislik Özellikleri

İndere'deki Kalıcı Deprem Konutları jeolojik olarak Hoya Formasyonu üzerinde inşa

edilmektedir. Stratigrafinin en üstünde farklı kalınlıkta koyu kahve renkli, bitki kalıntısı, silt ve kil içerikli nebati toprak birimi yer almaktadır. Bu biriminin altında beyaz-bej renkli, ara tabakalı kırıklı çatlaklı yer yer erime boşluklu kireçtaşı birimi mevcuttur.

İndere'deki Kalıcı Deprem Konutları Projesi kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kaya kazıları Eosen jeolojik döneminde oluşan Neritik kireçtaşı yapılmaktadır (Şek. 4).



Şekil 4. Adiyaman ilinin jeolojik yapısı [5].

Neritik kireçtaşı (Eosen); köşeli, yarı köşeli, az tutturulmuş, çakıl-blok türü malzemeler ve bunların arasını dolduran kum, kil, silt boyutundaki malzemeden oluşmaktadır. Yamaç döküntüleri şeklinde değişik boyutta, irili ufaklı çoğunlukla köşeli kaya parçaları içermektedir. Malzeme boyutu dağdan uzaklaştıkça küçülmekte ve basit bir derecelenme görülmektedir.

İndere'de patlatmalı kazı yapılan bölgelerde yapılan jeoteknik çalışmalar (sismik kırılma, sismik Masw ölçümleri, jeoradar/GPR çalışması, mikrotremör çalışması, sondaj, araştırma çukuru, sahada tespit, laboratuvar deneyleri vs) sonucunda; Neritik kireçtaşı (Eosen) ile ilgili aşağıdaki teknik değerler ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre İndere bölgesinin ZB zemin sınıfı (Az ayrılmış, orta sağlam kayalar, Kayma dalga hızı: 760-1500 m/s) olduğu tespit edilmiştir.

Neritik kireçtaşının (Eosen) teknik özellikleri [6]:

Poisson oranı	:	0,33
Yoğunluğu	:	2,19 g/cm ³
Bulk modülü	:	44.834,50 kg/cm ²
Shear modülü	:	35.288,50 kg/cm ²

Kaya kalite değeri (RQD)	:	78,54 %
Tek eksenli basınç dayanımı	:	145,31 kg/cm ²
Enine (Kayma) dalga hızı (Vs30)	:	1.027,25 m/s
Boyuna (Sıkıştırma) dalga hızı (Vp30)	:	2.504,14 m/s

Proje bölgesinde, açık ve kapalı süreksizlikler oldukça fazladır.

Az sayıda da olsa kaya kütlesi içerisinde (yeraltında) kaverna benzeri doğal boşluklarla (patolojik olay sonrası oluşan oluşumlar) karşılaşmıştır.

Yeryüzüne yakın kaya kütlesi içerisinde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Delgi ve/veya temel kazısı sonrası olası düşük kotlarda tünek sular oluşabilir. Mevsimsel yağışlar neticesinde yüzey suları boşluklara veya deliğe ulaşabilir.

Doğal koşullarda, sadece falezlerde jeolojik birimlerin (kaya/zemin) yapısından kaynaklanan kaya düşme/devrilme riski mevcuttur. Aktiviteler (patlatmalı kazı, mekanik kazı, trafik vs) bu riskin şiddetini artırmaktadır.

2.2. Gölbaşı'nda Kalıcı Deprem Konutları İnşa Edilmekte Olan Bölgenin Jeolojik Yapısı ve Bu Bölgede Delme-Patlatma Yöntemi ile Kazılan Kayacın Mühendislik Özellikleri

Gölbaşı'ndaki Kalıcı Deprem Konutları jeolojik olarak Sayındere Formasyonu ve Kastel Formasyonu üzerinde inşa edilmekte. Stratigrafinin en üstünde 4,5 metreye varan kalınlıkta kil, silt, kum, nebati toprak örtü var. Bu jeolojik örtü, hem yatay hem düşey yönde heterojen yapıdadır.

Gölbaşı'ndaki Kalıcı Deprem Konutları Projesi kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kaya kazıları Sayındere Formasyonunda killi kireçtaşında, Kastel Formasyonunda ise kumtaşında, çok nadiren de şeyde (çamurtaşı) yapılmaktadır.

Gölbaşı'nda patlatmalı kazı yapılan bölgelerde yapılan jeoteknik çalışmalar (sismik kırılma, sismik Masw ölçümleri, mikrotremör çalışması, sondaj, laboratuvar deneyleri vs) sonucunda Killi kireçtaşının teknik özellikleri [7] aşağıdaki gibi tespit edilmiştir:

Poisson oranı	:	0,42
Yoğunluğu	:	2,67 g/cm ³
Bulk modülü	:	918.497,50 kg/cm ²
Shear (Kayma) modülü	:	96.500,60 kg/cm ²
Kaya kalite değeri (RQD)	:	69,6 %
Tek eksenli basma dayanımı	:	263,381 kg/cm ²
Enine (Kayma) dalga hızı (Vs)	:	1.976,86 m/s
Boyuna (Sıkıştırma) dalga hızı (Vp)	:	5.671,53 m/s

Proje bölgesinde çatlak sistemleri ile açık ve kapalı süreksizlikler oldukça fazladır.

Kaya kütlesi içerisinde kaverna benzeri doğal boşluklarla karşılaşılması.

Çalışılan bölgelerde, yeryüzüne yakın yer kabuğunda (kaya kütlesi içerisinde) yeraltı suyuna rastlanılmadı. Mevsimsel yağışlar neticesinde yüzey suları boşluklara veya deliklere ulaşmaktadır.

2.3. Besni'de Kalıcı Deprem Konutları İnşa Edilmekte Olan Bölgenin Jeolojik Yapısı ve Bu Bölgede Delme-Patlatma Yöntemi ile Kazılan Kayacın Mühendislik Özellikleri

Proje alanı Hoya formasyonu üzerindedir. Deprem konutları yapılan bölgede Eosen yaşlı Resifal kireçtaşları yüzeylenmekte. Kireçtaşı yüzeyi yer yer 1'ye varan metre kalınlıkta çökelmiş doğal malzeme ve nebati toprakla kaplıdır.

Besni'de patlatmalı kazı yapılan bölgelerde yapılan jeoteknik çalışmalar (sismik kırılma, sismik Masw ölçümleri, jeoradar çalışması, mikrotremör çalışması, sondaj, sahada tespit, laboratuvar deneyleri vs) sonucunda; Resifal kireçtaşı (Eosen) ile ilgili aşağıdaki teknik değerler ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre İndere bölgesinin ZB zemin sınıfı (Az ayrılmış, orta sağlam kaya) olduğu tespit edilmiştir.

Resifal kireçtaşının teknik özellikleri [8]:

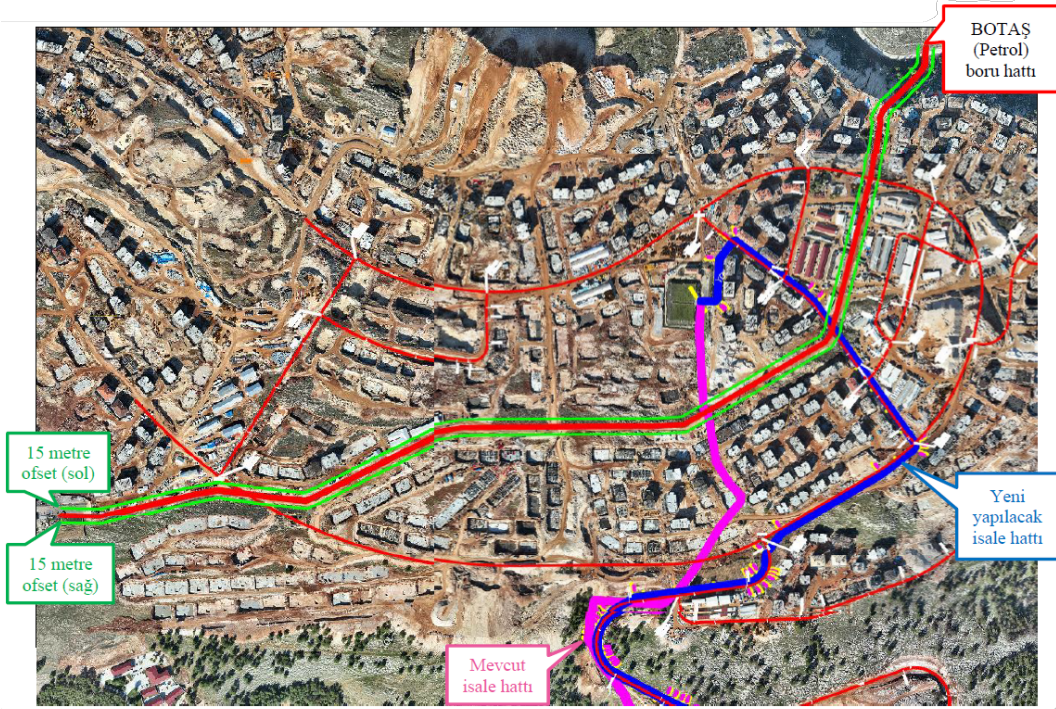
Poisson oranı	:	0,32
RMR değeri	:	42,00
Yoğunluğu	:	2,03 g/cm ³
Bulk modülü (K)	:	39.520,66 kg/cm ²
Kaya kalite değeri (RQD)	:	62,54 %
Tek eksenli basınç dayanımı	:	29,30 MPa
Dinamik elastisite modülü (Ed)	:	41.422,83 kg/cm ²
Shear (Kayma) modülü (Gmax)	:	15.394,25 kg/cm ²
Enine (Kayma) dalga hızı (Vs30)	:	863,33 m/s
Boyuna (Sıkıştırma) dalga hızı (Vp)	:	1.696,55 m/s

Proje bölgesinde, açık ve kapalı süreksizlikler, boşluklu kayalar oldukça fazladır. Kaya kütlesi içerisinde kaverna benzeri doğal boşluklarla (patolojik olay sonrası oluşan oluşumlar) karşılaşıldı.

Yeryüzüne yakın kaya kütlesi içerisinde yeraltı suyuna rastlanılmadı. Mevsimsel yağışlar neticesinde yüzey suları boşluklara veya patlatma deliklerine ulaşmakta.

3. Patlatmalı Kaya Kazısı Yapılacak Bölgelerdeki Risk Unsurlarının Tespit Edilmesi

Patlatmalı kaya kazılarının birçok avantajı olmakla birlikte maalesef olumsuz çevresel etkileri (yer sarsıntısı, gürültü, hava şoku, kaya fırlaması, toz oluşumu, gaz intişarı vs) de mevcuttur. Akıl ve bilim rehberliğinde çalışıp süreci de yöneterek bu olumsuzlukları kontrol edebilmek; etik değerleri de koruyarak emniyetli, güvenli, başarılı ve optimum maliyetli patlatmalı kazılar yapabilmek için öncelikle jeolojik yapı incelenmekte, akabinde atım yapılacak bölgelerdeki risk unsurları (yerleşke, petrol boru hattı, doğalgaz boru hattı, isale hattı, su deposu, atıksu hatları, enerji nakil hatları, ulaşım yolları, mimari yapılar, baz istasyonları, arıtma tesisleri vs) tespit edilmekte ve haritalara, hava fotoğraflarına vs işlenmektedir (Şek. 5).



Şekil 5. Hava fotoğrafına işlenmiş canlı doğalgaz ve isale hatları (İndere/Adıyaman) [9]

Bu proje kapsamında yapılacak patlatmalı kazılar nedeniyle, patlatma etki alanındaki (genellikle patlatma sahası çevresinde olan ve inşası devam eden, imalatı tamamlanmış, ikamet edilen vs) yapılarda oluşabilecek eşik hasarlara yönelik risk analizi yapıldı. Analizde, tüm veriler detaylı değerlendirilerek patlatma kaynaklı riskler belirlenip, reel şartlara uygun parametreler kullanılarak en olumsuz durumda oluşabilecek patlatma etkilerinin kabul edilebilir olup olmadığı tahkik edildi.

4. Patlatmalı Kaya Kazıları ile İlgili Tespitler, Kararlar ve Uygulamalar

Yapılan titreşim analizi esaslı risk analizi neticesinde, risk unsuru yapılara 10 metreden daha yakın mesafelerde patlatmalı kazı yapılmamaktadır, yapılmayacaktır.

Patlatmalı kazılar ile ilgili tüm aktivitelerde süreç boyunca; bilim ve akıl rehber edilerek, can güvenliği başta olmak üzere emniyet ve güvenliğe öncelik vererek, çevreye zarar/hasar vermeden başarılı patlatmalı kazılar yapabilmek için mevcut koşullardaki olası riskler öngörülmuş, tespitler ve risk değerlendirmesi yapıлып önleyici tedbir olarak aşağıdaki kararlar alınmış ve uygulanmıştır.

- ✓ Tüm aktivitelerde; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne ve Patlatma Mühendisliği ilkelerine uyulmaktadır.
- ✓ Patlatmalı kazıların çevreye olumsuz etkileri (yer sarsıntısı, hava şoku, ses şiddeti, kaya fırlaması riski vs.) potansiyeldir. Bu etkiler, patlatma mühendisliği ilkeleri içerisinde kalınarak kontrol altında tutulmakta; emniyetli, çevre dostu ve başarılı patlatmalı kazılar yapılmakta. Patlatmalı kazı yapılırken çevreye hasar verilmeyecek. Burada kastedilen hasar "Eşik hasar" (Hasar Başlangıcı) olup bu terimle, yapılarda boya çatlaması, boya kabarması, yapı elemanlarının birleşim yerlerinde küçük sıva çatlakları oluşumu, eski çatlakların uzaması vs.dir. Binaların taşıyıcı elemanlarında çatlak oluşumu söz konusu değildir.

- ✓ Patlatma kaynaklı başlıca çevresel sorunlar; yersarsıntısı, hava şoku ve taş savrulmasıdır. Bu proje için; frekans değeri 50 Hz'den düşük titreşimler için eşik parçacık hızı 15 mm/s, frekans değeri 50 Hz'den büyük titreşimler için eşik parçacık hızı 20 mm/s olarak belirlendi
- ✓ Proje kapsamında patlatmalı kazı yapılan kritik lokasyonlar üç başlıkta toplanmıştır. İtina ile takip edilen ve kontrol altında tutulan, mini basamak patlatması yöntemi uygulanması zaruri olan, aynı atımdaki paralel patlatma deliklerinin uzunlukları arasındaki fark hiçbir koşulda 3,5m.yi geçmeyen, patlatma paspası kullanılması zorunlu olan bu lokasyonlar:
 1. Derece kritik lokasyonlar: Patlatma sahasına yakın mesafedeki petrol, doğalgaz, isale hatları; canlı enerji nakil hatları, iç ve dış ince imalatı bitmiş oturmaya hazır yapılar, betonarme su depoları vs. Bir atımda patlatılacak azami delik sayısı 80 adet. PPV değeri toleransı maksimum % 15.
 2. Derece kritik lokasyonlar: Atıma yakın olan ve iç- dış ince imatları devam eden yapılar. Bir atımda patlatılacak azami delik sayısı 100 adet. PPV değeri toleransı maksimum % 25.
 3. Derece kritik lokasyonlar: Patlatma sahasına yakın mesafedeki karkas haldeki, ince imalatlara henüz başlanmamış yapılar. Bir atımda patlatılacak azami delik sayısı 120 adet. PPV değeri toleransı maksimum % 40.
- ✓ 140 dB; cam çatlakları oluşum eşiği ve hava şoku başlangıç değeri olup şiddeti 140 dB'den yüksek olan sesler "Hava şoku" olarak tanımlanır. Hava şoku oluşmaması için ses şiddeti eşik değeri 140 dB (desibel) olarak belirlendi. Bu durumda; patlatma esnasında ortaya çıkan sesler "Gürültü" kapsamında olacak, ses dalgaları cam dahi kırmadan atmosferde yayılacak
- ✓ Proje'de taş savrulmasını önlemek için; patlatmalı kazı yaparken emniyet, bilim, akıl, etik değerler ve ilgili yasalar referans alınarak belirlenecek ve uygulanacak önlemlere ek olarak gerektiğinde ve kritik lokasyonlarda gerçekleştirilen istisnasız her atımda, tüm yüzeyi kapayacak şekilde mutlak suretle uygun nitelikte patlatma paspasının (patlatma örtüsü) usulüne uygun kullanılması zorunludur.
- ✓ Gecikme başına kullanılacak (birim zamanda patlatılacak) patlayıcı miktarları; patlatmalı kaya kazısı yapılacak bölgenin çevresindeki yaklaşık 150 metre yarıçaplı alan içerisindeki tüm imalatlar patlatma tasarımı öncesi yetkili ekip ile incelenerek durum tespiti yapıp değerlendirilerek, en hassas durum, patlatmadan etkilenebilecek en riskli yapı, konumu vs dikkate alınarak belirlenmektedir. Değerlendirme yaparken tüm parametreler, riskler (kaya fırlaması, yersarsıntısı, hava şoku vs), şiddetleri ve etkileri ayrı ayrı değerlendirilmektedir.
- ✓ Ülkemizde yürürlükteki Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği içinde akaryakıt ve LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) tankları ile boru hatları ile ilgili limitler yok. Akaryakıt, doğalgaz ve isale boru hatları ile ilgili değerlendirmelerin yer aldığı, sıklıkla kullanılan standartlar ve eşik hasar limit değerleri aşağıda (Tab. 2) verilmiştir.

Tablo 2. Boru hatları ile ilgili sıklıkla kullanılan standartlar ve eşik hasar limit değerleri [10]

Kullanıldığı Ülke	Yöntemi Öneren / Norm	Risk Unsuru Yapı Türü	Titreşim Hızı Eşik Hasar Limit Değeri (PPV) (mm/sn)
A.B.D.	Oriard (1994) Siskind (2005)		305 127
Federal Almanya Cumhuriyeti	(DIN4150-3)	Dikişli, alaşımsız çelikten mamul basınçlı gaz tüpleri ve nakil boruları Beton veya betonarme boru Plastik boru	100 80 50

Patlatma öncesi; kullanım süresinin boru hattına etkisi, malzeme kalitesi, işçilik kalitesi gibi faktörler incelenerek gerektiğinde, ilgili boru hattı üzerinde yapılacak gerilme ölçümleri yapılarak mevcut boruların minimum emniyet standartlarını sağladığı tespit edilmelidir.

Boru hatlarının kritik önemi, herhangi bir hasar durumunda olası çevresel etkileri ve emniyet kriterleri dikkate alınarak ve muhafazakâr davranarak boru hatları için PPV limit değeri 15 mm/s olarak belirlendi. Olası işçilik ve imalat hataları, öngörülemeyen riskler, dış kaynaklı etkiler gibi unsurlar dikkate alınarak patlatma sahaları ile risk unsuru boru hattı arası mesafe 15 metreden az olan bölgelerde patlatmalı kazı yapılmamaktadır.

- ✓ Taze betonun priz alma sürecinin, patlatma kaynaklı titreşimlerden etkilenmemesi için Oriard (2002) tarafından önerilen eşik hasar limit değerlerinin, emniyet katsayıları ile modifiye edilmiş halinden (Tab. 3) faydalanılmakta.

Tablo 3. Taze beton için eşik hasar limit değerleri (Oriard 2002'dan modifiye edildi) [11]

Beton Dökme Süresi	Maksimum Parçacık Hızı (mm/s)
0 - 4 Saat	50
4 - 24 Saat	2.5
24 - 48 Saat	25
2 - 3 Gün	40
4 - 7 Gün	50
8 - 28 Gün	85
>28 Gün	100

Her ne kadar taze betonun 24-48 saatlik priz süresi için önerilen titreşim eşik değeri daha yüksek olsa da Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ndeki 15 mm/s'lik eşik hasar limit değeri sebebiyle, 24 saatlik priz süresini aşan beton/betonarme imatları için 15 mm/s'lik eşik hasar limit değeri baz alınarak beton priz alma süreleri eşik değerlere göre belirlenip, farklı mesafelerde kullanılacak patlayıcı miktarları belirlenmiştir (Tab. 4).

Tablo 4. Gecikme başına kullanılabilir patlayıcı madde miktarı (>50 Hz) [11]

Mesafe	Beton döküldükten sonra geçen süre (priz alma süresi)		
	0-4 Saat	4-24 Saat	24 – 48 Saat
	Eşik titreşim hızı değeri		
	50 mm/s	2,5 mm/s	15 mm/s
Gecikme başına kullanılabilir maksimum patlayıcı miktarı			
(m)	(kg)	(kg)	(kg)
9,5	1,71	0,02	0,28
15	4,26	0,05	0,70
20	7,58	0,09	1,25
25	11,84	0,13	1,95
30	17,05	0,19	2,81
35	23,21	0,26	3,83

- ✓ Patlatma sahası ile risk unsuru yapılar arasındaki mesafe 10-25 m olduğunda 45-64 mm, mesafe 30-50 m olduğunda 76 mm, mesafe 50 metreden fazla ise 89 mm delik çapı kullanılması önerilmekte. Patlatma ve titreşim parametre değerleri yakından takip edilerek delik çapı ve mesafe konusunda esnek davranılmaktadır.
- ✓ Yetkin personel ile emniyetli çalışmalı, uygulamalar tasarıma uygun yapılmalıdır.
- ✓ Teknik açıdan zaruret yoksa patlatma delikleri mutlaka eğik (tercihen 71°) delinmelidir.
- ✓ Jeolojik yapının taşıma gücünde azalma olmaması için patlatmalı temel kazısı yapılacak lokasyonlarda alt delme/dip delgi uygulanmamaktadır.
- ✓ Emniyetli olduğu ve her bir deliği müstakil ateşleyebildiği için ateşleme elemanı olarak normal şartlarda çift gecikmeli nonel kapsül, gerektiğinde elektronik kapsül kullanılması tercih edildi. Basamak tabanına yakın bölgede kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarj olarak kullanılan patlayıcı, kolon şarj olarak kullanılacak patlayıcıdan daha güçlü. Delik şarj edildikten sonra kalan boşluk, delik içerisindeki patlayıcıyı hapsetmek amacıyla 1 nolu (5-15 mm) kırmataş agrega (sıkılama malzemesi) ile doldurulmakta.
- ✓ Yapılan atım esnasında ölçülerek tespit edilen titreşim değerleri ve patlatmanın olası olumsuz çevresel etkileri göz önüne alınarak gerektiğinde; delik çapının küçültülmesi, patlayıcı maddelerin ve ateşleme elemanlarının değiştirilmesi dahil olmak üzere gereken her türlü önlem alınmaktadır, alınacaktır.

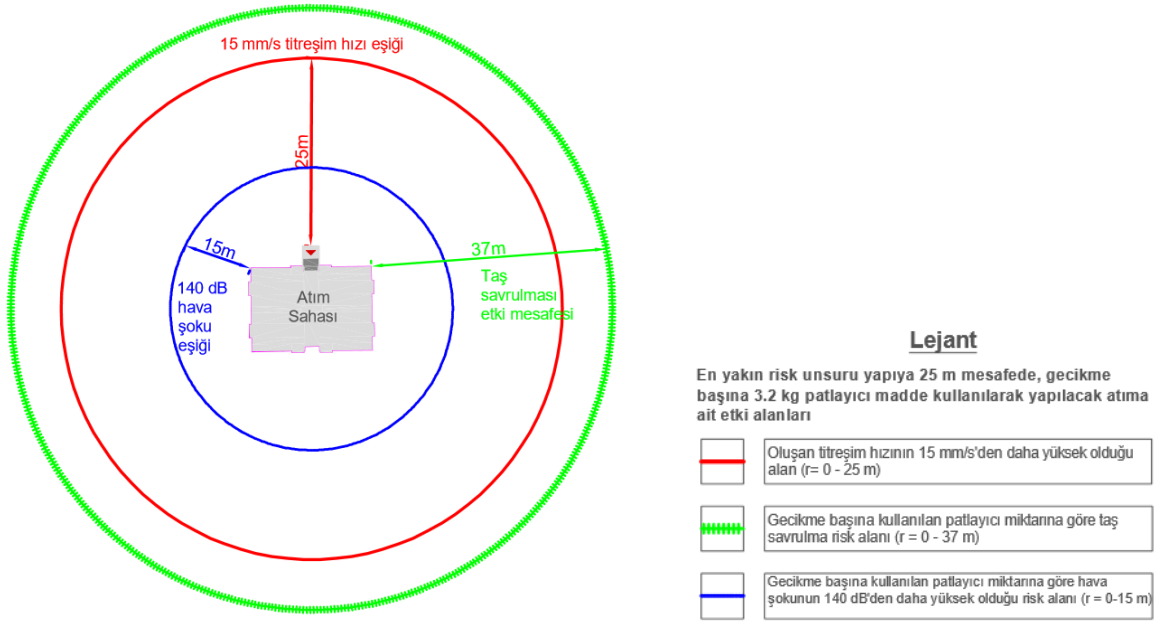
5. Eşik Parçacık Hızı Değerinin ve Patlatma Etki Alanlarının Belirlenmesi

Proje kapsamında gerçekleştirilecek patlatmalı kazıların çevreye hasar vermemesi için -amaç, emniyet, risk unsurları, imkanlar, kısıtlar vs gözetilerek- her bir atımda kullanılacak gecikme başına şarj/patlayıcı madde miktarı ve “Patlatma etki alanı” hesaplanarak belirlenmekte (Tab. 5).

Tablo 5. İndere'deki atımlarda gecikme başına patlayıcı miktarları ve etki mesafeleri [12]

Mesafe	15 mm/s'lik eşik hasar limitini aşmadan kullanılacak gecikme başına düşen patlayıcı miktarı		Kullanılan patlayıcı miktarına göre 140 dB hava şoku etkisi altına düşülecek mesafe	Kullanılan patlayıcı miktarına göre taş savrulması etki mesafesi
	m	kg		
5	0,07	→	4	6
10	0,30	→	7	9
15	0,67	→	9	13
20	1,19	→	10	17
25	1,86	→	12	21
30	2,68	→	14	23
35	3,65	→	15	26
40	4,80	→	17	29
50	7,40	→	19	32
60	10,87	→	22	36

Hesaplanan değerlerden yola çıkılarak (örn. Patlatma etki mesafesi 25 olan atım için) titreşim, ses şiddeti ve taş savrulma kritik etki alanları belirlenip aşağıdaki gibi şekilde gösterilmekte (Şek. 6). Şekilde görülen patlatma etki alanındaki mavi çizgi ses şiddeti sınırını (140 dB), yeşil çizgi taş savrulma/kaya fırlama limitini, kırmızı çizgi ise yersarsıntısı eşik hattını temsil eder. Başka bir ifade ile; çizgilerin içerisindeki alan ilgi parametre için tehlikeli alan/bölge, çizginin dışındaki alan emniyetli alandır. Herhangi bir atım için emniyetli alan, en dıştaki (yeşil) çizginin dışındaki alandır.

**Şekil 6.** Risk unsuru yapılara 25 metre mesafede 3.2 kg gecikme başına şarj yapıldığında; titreşim, hava şoku ve taş savrulması etki mesafeleri [12]

Emniyetli alanı belirlemede kullanılan yaklaşımlar:

Geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle en iyi yersarsıntısı tahmini, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebilmekte. Maksimum Parçacık Hızı (PPV) değerleri tahmin edilirken aşağıdaki yaklaşımlardan [13] faydalanılmıştır:

$$PPV = k \times (SD)^{-\beta}$$

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}}$$

$$PPV = k \times \left(\frac{R}{\sqrt{W}}\right)^{-\beta}$$

Burada:

PPV : Maksimum parçacık hızı (m/s)

SD : Ölçekli mesafe

R : Patlatma sahası ile ölçme istasyonu arası mesafe (m)

W : Birim zamanda patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

k ve β : Kaya katsayıları

Patlatmalı kaya kazısı yapılan sahaların tamamı inşaat alanı da olması ve binlerce insanın açıkta çalışması nedeni ile, patlatma kaynaklı ve şiddeti en büyük risklerden birisi de kaya fırlamasıdır. Tahmin edilen azami kaya fırlama (taş savrulması) mesafesine yönelik limit değer hesaplanırken aşağıdaki yaklaşımlardan faydalanılmaktadır:

Azami taş savrulması mesafesi formülü (Metrik sistem) [14]:

$$L_{max} = 11 \times (S_{DOB_m})^{-2,167} \times d^{0,667}$$

$$S_{DOB_m} = \frac{l_s + 0,0005 \times m \times d}{0,00923 \times (m \times d^3 \times p_e)^{0,333}}$$

$$m_m = \frac{1000 \times l_c}{d}$$

Burada:

L_{max} : En kötü durumda taşların savrulabileceği uzaklık (m)

S_{DOB_m} : Metrik sistemde gömme derinliği (m/kg^{0,333})

d : Delik çapı (mm)

l_s : Sıkılama uzunluğu (m)

p_e : Patlayıcı yoğunluğu (g/cm³)

l_c : Patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu (m)

m : Katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu

m_m : Katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu (delik çapı cinsinden)

Notlar:

- 1) "m" 'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den (4 inç'ten) küçük olduğunda 8'dir.
- 2) "m" 'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den (4 inç'ten) büyük veya eşit olduğunda 10'dur.

Patlatma kaynaklı sorunlardan birisi de ses şiddetidir. Şiddetli seslerin hava şoku oluşturması canlılara zarar, yapılara hasar verebilir. Tahmin edilen hava şoku bitiş mesafe tespitine yönelik hesaplama yaparken aşağıdaki yaklaşımlardan faydalanılmaktadır:

Hava şoku bitiş mesafesi formülü ([14]'ten modifiye edilerek):

$$P = k x (SD)^{-\beta}$$

$$SD = \frac{R}{\sqrt[3]{W}}$$

$$P = k x \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}}\right)^{-\beta}$$

$$P_{dB} = (20 x \log\left(\frac{P}{P_0}\right)) + 134,1$$

Burada:

P : En yüksek hava basıncı (Pa, mb, psi)

P_{dB} : Patlatma kaynaklı en yüksek hava basıncı (dB)

P₀ : Patlatma öncesi hava basıncı (bar) (deniz seviyesinde normal şartlarda 1,01325

bar)

SD : Ölçekli mesafe

R : Patlatma sahası ile ölçme istasyonu arası mesafe (m)

W : Birim zamanda patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

k : Ses dalgalarının yayılması ile ilgili katsayı

β : Ses dalgalarının sönümlenmesi ile ilgili bir katsayı

Notlar:

- 1) Ölçekli mesafe hesaplanırken “W” değerinin karekökü ($W^{1/2}$) değil küp kökü ($W^{1/3}$) alınır,
- 2) k ve β katsayıları, patlatma yapılırken ölçülerek elde edilen ses şiddeti değerlerinin istatistik analizi ile elde edilir. PPV hesaplamada kullanılan “Kaya katsayıları” ile ilişkisi yoktur.

6. Patlatmalı Kazılarda Uygulanan Patlatmalı Kazı Ön Tasarım Modelleri

Proje kapsamında Delme-patlatma yöntemi ile kaya kazısı yaparken “Basamak patlatmaları”, “Mini basamak patlatmaları” ve Kanal patlatmaları” yöntemleri kullanılıyor. Gerektiğinde, birkaç patlatmalı kazı metodundan aynı patlatma sahasında birlikte faydalanılmakta. Mevcut imkanlar ve kısıtlar fevkalade hassasiyetle ve detaylı değerlendirilip bilimsel yaklaşımlardan, başlangıçta benzer formasyonlarda yapılan patlatmalı kazılardan elde edilen verilerden faydalanarak patlatma tasarımı yapılmakta, akabinde çalışma bölgesindeki atımlardan elde edilen birikimlerle tasarımlar güncellenmektedir.

Uygulamacılara verilen patlatma parametre değerleri (Tab. 6, 7) ve modeller hazırlanırken, risk unsuru yapıların 24 saatlik priz süresini doldurmuş beton/betonarme yapılar olduğu (Proje’deki binalar/konutlar radye temel üzerine oturtulmuş olup tünel-kalıp metodu ile ayrık nizam inşa edilmektedir) varsayıldı. Delme-patlatma yöntemi ile patlatmalı kazı yaparken 24 saatlik priz alma süresini doldurmamış beton/betonarme imalatı olması durumunda ya da boru hatları (petrol boru hattı, doğalgaz hattı, isale hattı vs) patlatılarak kazılması düşünülen sahaya çok yakınsa mevcut durum değerlendirilerek gereği (etkin ve kontrol edilebilir faktörlere müdahale ederek önlem alınması, gerekiyorsa atımın iptal edilmesi vs) yapılmalıdır.

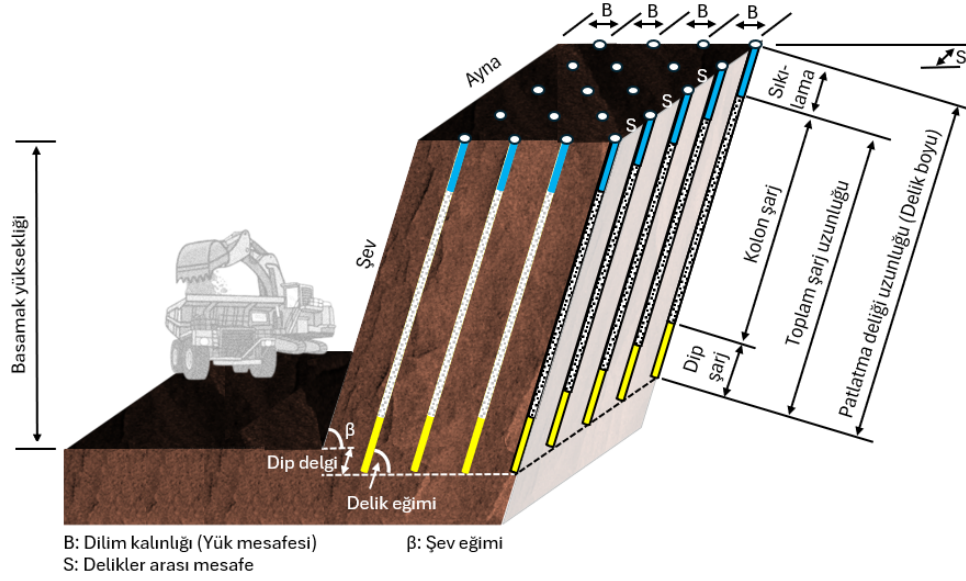
Tablo 6. Risk unsuru yapıların yakınında patlatmalı kazı yaparken -patlatma deliği çapı 45-64 mm olduğunda- kullanılan patlatma parametre değerleri [14]

Parametre	Simge	Biri m	Delik çapı 45 mm ise		Patlatma deliği çapı 64 mm ise			
Risk unsuru boru hattına uzaklık	D	m	10-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65
Basamak (maksimum) yüksekliği	K	m	1,00	2,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Delik uzunluğu	H	m	1,20	2,30	1,70	2,40	3,40	4,40
Dilim kalınlığı	B	m	0,80	0,80	1,10	1,10	1,20	1,20
Delikler arası mesafe	S	m	1,00	1,00	1,40	1,40	1,50	1,50
Sıkılama	ho	m	0,80	1,50	1,10	1,20	1,40	1,40
Şarj yoğunluğu	lb	kg/m	0,97	0,97	2,50	2,50	2,50	2,50
Şarj miktarı	Q	kg	0,39	0,77	1,50	3,00	5,00	7,50
Özgül delme	b	m/m ³	1,50	1,44	1,10	0,78	0,63	0,61
Özgül şarj	q	kg/m ₃	0,50	0,48	0,97	0,97	0,93	1,04

Tablo 7. Risk unsuru mimari yapıların yakınında patlatmalı kazı yaparken -patlatma deliği çapı 76 mm olduğunda- kullanılan patlatma parametre değerleri [14]

Parametre	Simge	Biri m	Patlatma deliği çapı 76 mm olduğunda					
Risk unsuru boru hattına uzaklık	D	m	25-35	35-45	45-55	55-65	>65	
Basamak (maksimum) yüksekliği	K	m	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	
Delik uzunluğu	H	m	1,90	2,50	3,50	4,50	5,50	
Dilim kalınlığı	B	m	1,40	1,40	1,50	1,50	1,60	
Delikler arası mesafe	S	m	1,75	1,75	1,90	1,90	2,00	
Sıkılama	ho	m	1,40	1,50	1,70	1,70	1,90	
Şarj yoğunluğu	lb	kg/m	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	
Şarj miktarı	Q	kg	2,16	4,32	6,48	10,1	12,9	
Özgül delme	b	m/m ³	0,78	0,51	0,41	0,39	0,34	
Özgül şarj	q	kg/m ₃	0,88	0,88	0,76	0,89	0,81	

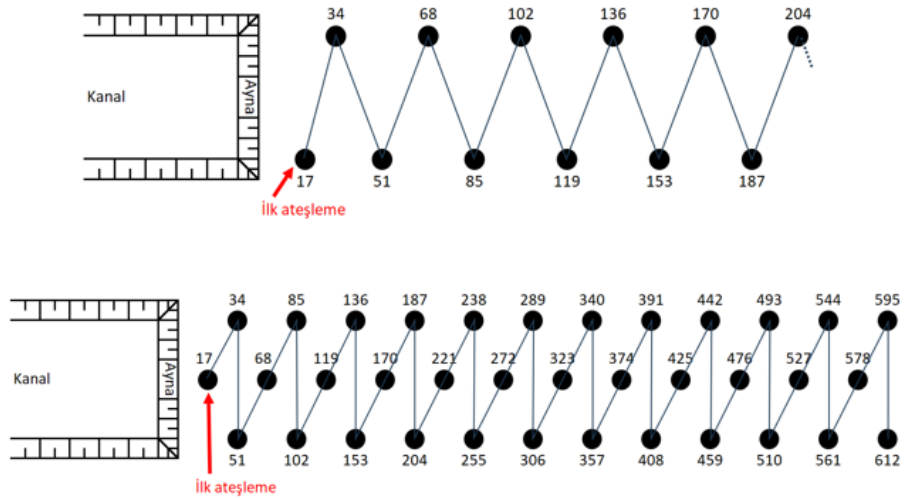
Tablo 5'te paylaşılan geometrik değerler, şarj bilgileri, paylaşılan modeller, patlatma bölgeleri için en yüksek basamak yüksekliği (Şek. 7) baz alınarak ve temkinli davranılarak oluşturulur. Dolayısıyla ilgili bölgelerde -delik çapı korunarak veya delik çapı küçültülerek- önerilenden daha düşük yüksekliklerde basamaklar oluşturulabilir.



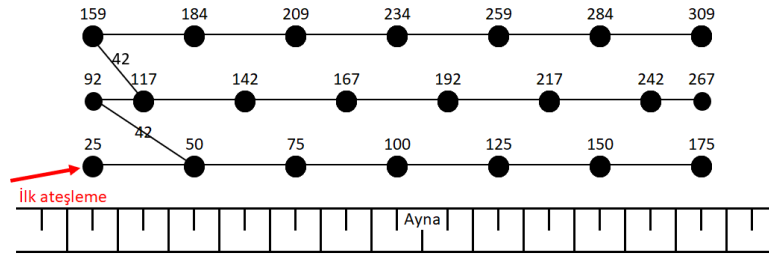
Şekil 7. Patlatma parametrelerinin basamak patlatması modelinde görünümü [16]

Tüm atımlarda mutlak suretle, en az basamak yüksekliği kadar serbest yüzey (serbest yüzeyi eni de delikler arası mesafenin (S) en az 2 katı olmalıdır) oluşturulmalıdır.

Şüphesiz, risk unsuru boru hatları dahil tüm kısıtlar değerlendirilerek ve gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarları dikkate alınarak en kısıtlayıcı patlatma modeli tercih edilmekte ve yapılan her patlatmanın verilerinden istifade edilmekte. Patlatmalı kazılar yaparken aşağıdaki patlatma modelleri uygulanmaktadır (Şek. 8, 9).

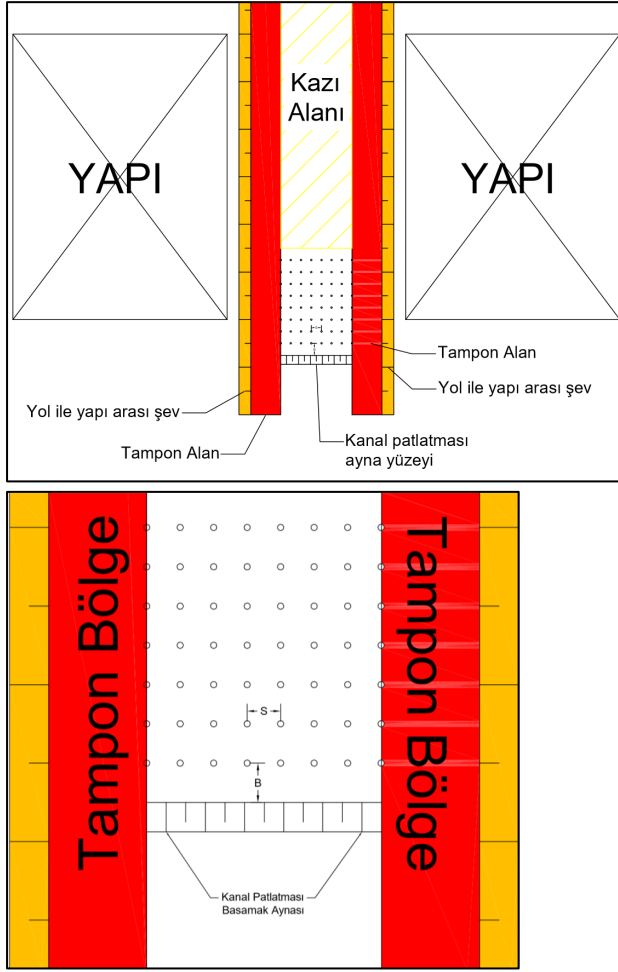


Şekil 8. İsale hattı patlatmalı kazılarında kullanılan delik düzeni ve gecikme sıralaması



Şekil 9. Su deposu temel kazılarında kullanılması önerilen 3 sıralı bağlantı modeli

Risk unsuru yapıların arasında (binaların arasında) kalan ulaşım yolları, alt yapı kazıları ve peyzaj düzenlemesi vs amacıyla uygulanan patlatmalı kazı çalışmalarında, özellikle kaya fırlama riski olan lokasyonlarda, kanal patlatma modelleri kullanılarak patlatmalı kazılar yapılmaktadır. Bu durumda, kazı sahasının yapılarla olan cephesinde ayna yüzeyi oluşturulmadan tampon bölgeler oluşturulmakta, tampon bölgelerin arasındaki kaya kütlelerinin kazısında kanal patlatmasına uygun patlatma modelleri uygulanmaktadır (Şek. 10).



Şekil 9. Risk unsuru yapılar arasında, nispeten dar kesitli alanlarda gerçekleştirilen patlatmalı kazı uygulama örnek modeli (soldaki şekil), Belirtilen koşullarda uygulanan kanal patlatması delik düzeni (sağdaki şekil)

Şekil 9'da belirtilen tampon bölge kalınlıkları, patlatma tasarımında uygulanacak delikler arası mesafenin (S) en az 2 katı kalınlığında olması gerekmektedir. Örneğin delikler arası mesafe 1 metre olarak oluşturulduysa, tampon bölge kalınlığı en az 2 metre olmalıdır.

Model; çalışma sahasının ve risk unsuru yapının durumuna, boyutlarına, konumuna, riskli yapıya uzaklığa, jeolojik yapıya vs göre değişkenlik gösterebilir. Lakin daima ilk ateşleme her sıranın orta bölgesinde yer alan deliklerden başlar, her delik farklı gecikme zamanlarında sıralı olarak patlatılır.

7. Proje Kapsamında Gerçekleştirilen Patlatmalı Kazılar ve Kaya Katsayıları

21.507 konutun yapıldığı (Tab. 8) Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları kapsamında 3.329.564 adet (L=20.172.217 m) patlatma deliği delinip, 196.874 adet kapsül ve ~260 ton patlayıcı şarj edilerek toplam 1.489 atım gerçekleştirildi (Tab. 9). İnşaat faaliyetleri ve patlatmalı kazılar devam etmekte.

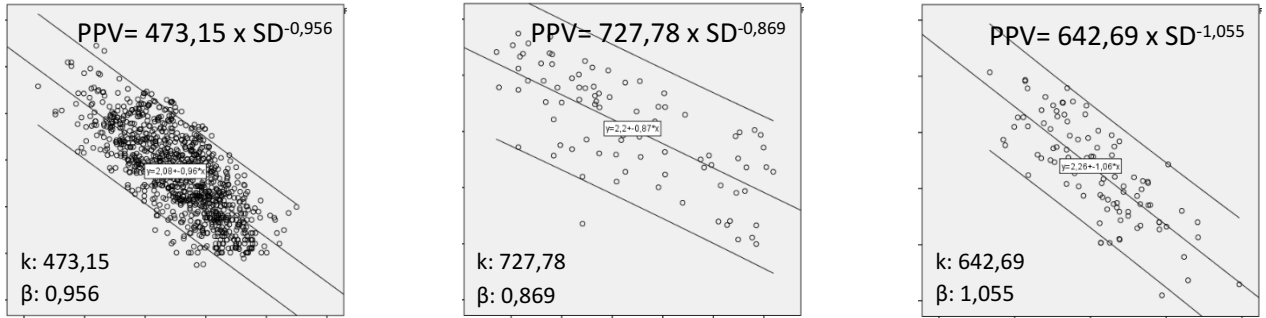
Tablo 8. Adıyaman kalıcı deprem konutlarının güncel durumu [17]

Parametre	Birim	İndere	Besni	Gölbaşı	Kahta	Toplam	
Yapım bilgileri	Blok sayısı	adet	848	113	113	63	1.137
	Bağımsız bölüm sayısı	adet	16.486	1.898	2.038	1.152	21.574
	Konut sayısı	adet	16.467	1.872	2.026	1.142	21.507
	Çalışan sayısı (Günlük)	kişi	8.096	776	801	515	10.188
	Hafredilen hafriyat	m ³	5.401.117	1.000.000	1.519.591	185.302	8.106.010
	Dökülen beton miktarı	m ³	1.265.550	173.548	186.820	85.110	1.711.028

Tablo 9. Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kazı bilgileri

Lokasyon	Blok		Peyzaj		İç yol		İmar yolu		Altyapı (İsale,		Okul	Başberri			
	Blok sayısı (adet)	Atım sayısı (adet)	Kazı miktarı (m ³)	Atım sayısı (adet)	Kazı miktarı (m ³)	Atım sayısı (adet)	Yol uzunlu (km)	Atım sayısı (adet)	Hat uzunlu (km)	Atım sayısı (adet)	Atım sayısı (adet)	İlk patlatma tarihi	Son patlatma tarihi	Süre Takvim günü	Atım sayısı (adet)
İndere	778	772	382.444	114	27.391	7	15,00	278	9,60	103	4	03-06-23	05-10-24	490	1.278
Besni	78	59	1.300	7	24.494	11	2,35	19	1,20	5		10-06-23	05-10-24	483	101
Gölbaşı	72	78	43.457	15	65.169	11	0,62	5	0,30	1		10-06-23	02-07-24	388	110
Kahta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	928	909	427.202	136	117.054	29	17,97	302	11,10	109	4	03-06-23	05-10-24	490	1.489

Patlatmalı kazılar yapılırken sismograflarla ölçülerek tespit edilen tüm PPV değerleri ve ampirik formüllerle hesaplanarak elde edilen SD değerleri istatistiksel analiz edilerek aşağıdaki eşitlikler ve katsayıların tamamı 0,95 regresyon (r) değeri ile elde edildi (Şek. 11). Bu katsayılar kullanılarak gecikme başına kullanılabilir azami patlayıcı madde miktarları hesaplanmıştır (Tab. 10, 11).

**Şekil 11.** PPV-SD grafikleri (soldan sağa sırası ile lokasyon isimleri: İndere, Besni, Gölbaşı), bağıntılar ve katsayılar

Tablo 10. 1489 adet atım referans alınarak elde edilen (r: 0,95) güncel kaya katsayıları kullanılarak ve hesaplanarak tespit edilen gecikme başına kullanılabilir azami patlayıcı miktarı (frekansı 50 Hz'den küçük titreşimler için)

Mesafe	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Eşik hasar limit değeri (<50 Hz)	İndere	Besni	Gölbaşı
		Gecikme başına kullanılabilir maksimum patlayıcı madde miktarı		
m	mm/s	kg	kg	kg
5	15	0,02	0,00	0,02
10		0,07	0,01	0,08
15		0,16	0,03	0,18
20		0,29	0,05	0,32
25		0,46	0,08	0,51
30		0,66	0,12	0,73
35		0,90	0,16	0,99
40		1,17	0,21	1,30
45		1,48	0,27	1,64
50		1,83	0,33	2,03
60		2,63	0,47	2,92
70		3,58	0,65	3,97
80		4,68	0,84	5,19
90		5,93	1,07	6,57
100		7,31	1,32	8,11

Tablo 11. Gecikme başına kullanılabilir azami patlayıcı miktarı (frekans değeri 50 Hz'den büyük titreşimler için)

Mesafe	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Eşik hasar limit değeri (>50 Hz)	İndere	Besni	Gölbaşı
		Gecikme başına kullanılabilir maksimum patlayıcı madde miktarı		
m	mm/s	kg	kg	kg
5	20	0,03	0,01	0,03
10		0,13	0,03	0,14
15		0,30	0,06	0,31
20		0,53	0,10	0,56
25		0,83	0,16	0,87
30		1,20	0,23	1,26
35		1,64	0,31	1,71
40		2,14	0,41	2,24
45		2,70	0,52	2,83
50		3,34	0,64	3,50
60		4,81	0,92	5,03
70		6,54	1,25	6,85
80		8,55	1,64	8,95
90		10,82	2,07	11,33
100		13,35	2,56	13,98

8. Sonuç

Hazırlıksız yakalanan yıkıcı depremler, bir yandan neden oldukları can kayıpları, yaralanmalar ve yıkımlarla muhataplarına facia yaşatırken diğer yandan deprem kuşağında yer alan ülkemizde bilimi rehber edip gereğini yaparak depreme karşı hazırlıklı olmanın önemini ısrarla hatırlatmakta. Deprem değil; ücret alınarak yapılan uygunsuz yapılar, ücret verenlerin ve ailelerinin canını alıyor. Ders ve aksiyon alınmalıdır.

Adıyaman Kalıcı Deprem Konutları Projeleri kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kaya kazıları çok kritik lokasyonlarda devam etmektedir. Yapım işleri oldukça ilermiş olan ve hızlanarak devam eden Proje'de risk noktalarına yaklaşan, emniyet ve çevre açısından risk şiddeti gün geçtikçe artan patlatmalı kazılar patlatma mühendisliği ilkelerine uyularak ve hassas çalışarak devam etmelidir.

Her patlatma kendine münhasırdır, farkında olunmalı ve istifade edilmeli. Patlatma paterni dahil veriler ve evraklar, her bir atım için resmi evrak vasfında tanzim edilerek arşivlenmelidir. Yeni yapılacak yerleşim bölgelerinde yapım işlerinden önce patlatmalı kazılar tamamlanırsa, imalat aşamasındaki yapılar patlatma kaynaklı risklere ve tehlikelere maruz kalmaz, atım daha emniyetli, daha başarılı, daha verimli ve daha ekonomik olur.

Diğer yöntemlere göre patlatmalı kazılar süre açısından ve ekonomik açıdan avantajlıdır. Özellikle depremedelerin en kısa sürede kalıcı konutlara geçebilmesi, hasarlı yapıların hızla yıkılabilmesi için -Patlatma mühendisliği ilkeleri uygulanarak gerçekleştirilecek- patlatmalı kazı kaçınılmazdır. Patlatmada etkin ve kontrol edilebilen parametrelere doğru müdahale ederek atımların olumsuz etkileri kabul/tahammül edilebilir aralıkta ve kontrol altında tutulmalı; emniyetli, çevre dostu, başarılı, verimli, optimum maliyetli patlatmalı kazılar yetkin kişilerle, bilinçli ve itina ile yapılmalı.

Teşekkür:

Yazarlar katkılarından dolayı; Emlak Konut GYO Adıyaman Yönetimine ve çalışanlarına, AFAD Adıyaman İl Müdürlüğü'ne, Akademi Patlayıcı Mühendisliği İnşaat Madencilik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. çalışanlarına, Patlayıcı Mühendisliği Derneği yönetimine ve patlatma ekiplerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] (URL) Şubat 2023 Depremleri, <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/makale/6-subat-2023-depremleri>, ziyaret tarihi: 08.10.2024
- [2] (URL) Kahramanmaraş depremleri, https://tr.wikipedia.org/wiki/2023_Kahramanmara%C5%9F_depremleri, ziyaret tarihi: 07.10.2024
- [3] AFAD. Kahramanmaraş Pazarcık (Mw:7.7) Elbistan (Mw: 7.6) Depremleri, Türkiye Cumhuriyeti, İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, AFAD-Adıyaman İl Müdürlüğü, Ekim 2024
- [4] (URL) TMMOB Mimarlar Odası 6 Şubat 2023 Depremleri Tespit ve Değerlendirme Raporu, <https://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/mo06022023depremtespit.pdf>, 23/02/2023, ziyaret tarihi: 08.10.2024
- [5] (URL) 6 Şubat 2023 Depremlerine Ait Bilgi Notu, Adıyaman Üniversitesi & Boğaziçi Üniversitesi, Senem T., Akcan S. O., <https://uzalCBS.adiyaman.edu.tr/files/uzalCBS.adiyaman.edu.tr/tr/duyurular/0001/01/01/6-subat-2023-depremlerine-ait-bilgi-notu/rapor.pdf>, ziyaret tarihi: 09.10.2024
- [6] Tanoğlu F., Sürmeli U., Adıyaman-İndere Deprem Konutları, Parsel Bazında Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu, Nzs Mühendislik İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Ekim 2023

- [7] Tanoğlu F., Topalak M., Adıyaman-Gölbaşı Deprem Konutları, Parsel Bazında Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu, Nzs Müh. İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Temmuz 2023
- [8] Açar R., Gülşen N., Doğan R. E., Besni Deprem Konutları Sahası Parsel Bazında Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu, RA Sondaj Mühendislik A. Ş., Ankara, Mart 2024
- [9] Alan E. Adıyaman İli; İndere, Besni, Gölbaşı ve Kahta Kalıcı Deprem Konutları Patlatmalı Kazılar Raporu-15, Mayıs 2024
- [10] Kahrıman A., Bağdatlı S., Dondurmacı E. A., Boylu D., Adıyaman İli İndere Deprem Konutları B Etapı 1. Kısım İnşaatı ile Altyapı Ve Çevre Düzenleme İşi (Yüklenici Kuzu Toplu Konut İnş. A.Ş. / B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-B10 Parsel) Kapsamında Yapılacak Patlatmalı Temel Kazıları Risk Analizine Dayalı Ön Tasarım Raporu, İstanbul Okan Üniversitesi Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Haziran 2023
- [11] Kahrıman A., Bağdatlı S., Alan. E., Adıyaman İli İndere Deprem Konutları 1. Etap Genel Altyapı, Sanat Yapıları ve Yol İnşaatı İşi (Yüklenici Hne İnşaat A.Ş.) Kapsamında Yapılacak Patlatmalı Yol Temel Kazıları Risk Analizine Dayalı Ön Tasarım Raporu, İstanbul Okan Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kasım 2023
- [12] Kahrıman A., Bağdatlı S., Alan. E., Adıyaman İli İndere Deprem Konutları 3. Etap Genel Altyapı, Arıtma Tesisi, Su Depoları ve Yol İnşaatı İşi (Yüklenici Soysal Müh. İnş. A.Ş.) Kapsamında Yapılan Patlatmalı Kazıların Proje Sahasından Geçen Petrol Boru Hattına Olan Etkisine Yönelik Risk Analizine Dayalı Değerlendirme Raporu, İstanbul Okan Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mart 2024
- [13] Langefors, U. K. Kihlstrom, The Modern Technique of Rock Blasting, Wiley, 1978
- [14] (URL) Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çed İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/patlatma-tasarimlari-ve-patlatma-kaynakli-cevresel-etkiler-kilavuzu-20180319120154.pdf>, ziyaret tarihi: 12.10.2024
- [15] Kahrıman A., Bağdatlı S., Dondurmacı E. A., Adıyaman İli Besni Deprem Konutları 1. Etap 1. Kısım İnşaatı ile Altyapı ve Çevre Düzenleme İşi (Yüklenici Torkam İnş. Ve Yatırım A.Ş.) Kapsamında Yapılacak Patlatmalı Temel Kazıları Risk Analizine Dayalı Ön Tasarım Raporu, İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Ağustos 2024
- [16] Alan E. Ateşleme Sistemleri Ders Notu, İstanbul Okan Üniversitesi, Patlayıcı Mühendisliği, Yüksek Lisans Programı, İstanbul, 2024
- [17] Emlak Konut GYO Proje Yönetimi, Adıyaman, 2024

İklim Değişikliği Politikalarının Kentsel Katı Atık Yönetimine Yansımaları

*¹Selahattin KAVUT,

*¹ Bingöl Üniversitesi, Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı, Türkiye
ORCID: 0000-0003-3876-1203, Kavut_s@hotmail.com

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, azaltım politikası, uyum politikası, katı atık, katı atık yönetimi

Özet

Günümüzde iklim değişikliği küresel düzeyde ekosistemler, insan sağlığı ve ekonomiler için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu tehditlere karşı etkili mücadele yöntemi azaltım ve uyum politikalarının uygulanmasına bağlıdır. Azaltım politikaları ile iklim değişikliğinin nedenlerine odaklanılarak sera gazı salımlarının azaltılması hedeflenmektedir. Uyum politikaları ile de iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi ve kentlerin dirençliliklerinin artırılması istenmektedir. Sera gazı salımlarının temel kaynakları arasında enerji, endüstriyel işlemler, tarım ve atık sektörleri yer almaktadır. Bu doğrultuda iklim değişikliği politikaları ile kentsel katı atık yönetimi arasında güçlü bir etkileşim vardır. Atık kaynaklı sera gazı salımı her ne kadar diğer sektörler için az olsa da bu sektörde de emisyonların azaltılması gerekmektedir. Bu kapsamda kentsel katı atıkların uzaklaştırılması, yakılması, bertaraf edilmesi ve depolanması süreçlerinde atmosfere karbon ve metan gazı salımı gerçekleşmektedir. Bununla birlikte dünyadaki çöp depolama sahaları en büyük antropojenik metan kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu yönüyle atık kaynaklı sera gazları iklim değişikliğini etkileyebilmektedir. Ayrıca dünyada kentleşmenin artmasıyla birlikte katı atıklar da artmaktadır. Kentlerde yetersiz atık toplama, uygunsuz bertaraf yöntemleri ve atık depolama sahalarının konumlandırılmasının çevre üzerinde olumsuz etkileri görülebilmektedir. Ancak kent yönetimlerinin etkili atık yönetim stratejilerini uygulayarak katı atıkları azaltmaları ve geri dönüşüm miktarını artırmaları halinde iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması dâhil çeşitli çevresel faydalar sağlanabilmektedir.

Bu bağlamda çalışmanın amacı kentsel katı atıkların iklim değişikliği politikaları doğrultusunda yönetilmesiyle birlikte atık kaynaklı sera gazı salımlarının azaltılabileceğini ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlanacağını ortaya koymaktadır.

Çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılarak iklim değişikliği, azaltım ve uyum politikaları, katı atık yönetimi konuları irdelenmiş ve konuya ilişkin kitap, makale, bildiri, lisansüstü tezler vb. kaynaklardan yararlanılmıştır.

Sonuç olarak kent yönetimlerinin katı atıkları iklim değişikliği politikaları doğrultusunda yönetmeleri ile birlikte atık depolama sahalarında biriken karbon ve metan gazlarının kontrol altına alınabileceği ve atmosfere salınmasının engellenebileceği, bu gazların enerji üretiminde kullanılması ile atık kaynaklı sera gazı salımları önlenebilecek ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlanabilecektir.

Key words: Climate change, mitigation policy, adaptation policy, solid waste, solid waste management

Abstract

Nowadays, climate change poses serious threats to ecosystems, human health and economies at the global level. Effective fight against these threats depends on the implementation of mitigation and adaptation policies. Mitigation policies aim to reduce greenhouse gas emissions

by focusing on the causes of climate change. Adaptation policies aim to mitigate the effects of climate change and increase the resilience of cities. The main sources of greenhouse gas emissions include energy, industrial processes, agriculture and waste sectors. In this regard, there is a strong interaction between climate change policies and urban solid waste management. Although waste-related greenhouse gas emissions are lower than other sectors, emissions need to be reduced in this sector as well. In this context, carbon and methane gas are released into the atmosphere during the removal, burning, disposal and storage processes of urban solid waste. However, landfills in the world are considered the largest source of anthropogenic methane. In this respect, waste-derived greenhouse gases can affect climate change. In addition, solid waste is also increasing with the rise in urbanization in the world. Inadequate waste collection, inappropriate disposal methods and positioning of waste storage areas in cities can have negative effects on the environment. However, various environmental benefits can be achieved including reducing the effects of climate change in case of city governments reduce solid waste by implementing effective waste management strategies and increase the amount of recycling,

In the study, climate change was examined using the literature review method in the view of mitigation and adaptation policies, solid waste management issues and books, articles, papers, postgraduate theses, etc. sources that were related with the subject were examined.

In the study, climate change was examined using the literature review method in the view of mitigation and adaptation policies, solid waste management issues and books, articles, papers, postgraduate theses, etc. sources that were related with the subject were examined.

As a result, carbon and methane gases accumulated in waste storage areas can be controlled and their release into the atmosphere can be prevented with city governments manage solid waste in line with climate change policies, and waste-related greenhouse gas emissions can be prevented by using these gases in energy production, and it will be possible to contribute to the fight against climate change.

1. Giriş

İklim değişikliği küresel düzeyde önemli çevresel sorunlardan biri olarak kentsel katı atık yönetimini doğrudan etkilemektedir. Kentleşmenin hızla artmasıyla birlikte katı atık miktarı da artış göstermektedir. Bu bağlamda atıkların çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için daha kapsamlı atık yönetim stratejilerine ihtiyaç vardır. İklim değişikliği politikaları atık yönetiminde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi için gerekli çerçeveyi sağlamaktadır. Bu politikalar ile atık geri dönüşüm oranının artırılması, organik atıkların kompostlanmasının teşvik edilmesi ve atıktan enerji geri kazanımının sağlanması hedeflenmektedir.

Kentsel katı atık yönetimi sadece atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kaynakların verimli kullanılmasını ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasını da kapsamaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede kent yönetimlerinin atık yönetim sistemlerini güçlendirmeleri, yenilikçi çözümler geliştirmeleri ve toplumu bilinçlendirmeleri büyük önem taşımaktadır. Böylece, iklim değişikliği politikalarının kentsel alanlardaki uygulamaları ile atık kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması mümkün olacaktır.

2. İklim Değişikliği Politikaları

Günümüzde iklim değişikliğinin etkileri, riskleri ve olumsuz sonuçlarına karşı genel olarak azaltım (*mitigation*) ve uyum (*adaptation*) politikaları ile mücadele edilmektedir. Azaltım politikaları ile iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi, sera gazı salımlarının azaltılması, karbon yutak alanlarının artırılması hedeflenmektedir. Uyum politikaları ile de iklim değişikliğinden etkilenme olasılığı olan sistemlerin ve yerleşim alanlarının dirençliliği ve uyum kapasitesi artırılmaya çalışılmaktadır [1].

Ülker iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele ederken, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında hem azaltım hem de uyum stratejilerini kapsamlı bir şekilde ele almaları gerekmektedir. Bu, ekonominin bütün sektörlerini ve tüm sera gazı kaynaklarını ve yutaklarını kapsamaya anlamına gelir. Analizler, iklim değişiklikleriyle başa çıkmanın ihtiyatlı bir yolu olarak azaltım, uyum ve bilginin geliştirilmesini amaçlayan bir eylem portföyüne ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Uygun portföy her ülke için farklı olabilmektedir. Buradaki zorluk, önümüzdeki yüzyıl için bugünden en iyi politikayı bulmak değil, ihtiyatlı bir strateji seçmek ve bunu zaman içinde yeni bilgiler ışığında geliştirebilmektir [2].

İklim değişikliği ile mücadelede hem azaltım hem de uyum politikalarının entegre bir şekilde uygulanmasında fayda vardır. Ancak, küçük ve kaynak açısından sınırlı olan yerleşim alanları için sadece azaltım; sera gazı salımları düşük ancak kırılabilirlikleri fazla olan yerleşim alanları için ise sadece uyum stratejileri uygulanabilir. Bununla birlikte iklim değişikliği ile mücadelede yerel ölçeğe odaklanılmalı, bölgelerin kaynakları ve hassasiyet durumuna göre azaltım ve uyum stratejileri hayata geçirilmelidir. Bu çerçevede sera gazı salımları yüksek ve kentsel kırılabilirlikleri fazla olan yerleşim alanları için azaltım ve uyum stratejilerinin entegre bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir [3].

Azaltım	Uyum
Enerji	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Karbon yakalama ve depolama ✓ Kömür madenciliğinden kaynaklanan metan emisyonunun azaltım ✓ Petrol ve gazdan kaynaklanan metan emisyonunun azaltım ✓ Enerji verimliliğinin artırılması ✓ Yenilenebilir enerjinin artırılması 	
Ulaşım	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Toplu taşımaya geçiş ✓ Bisiklete geçiş ✓ Yaya dostu ulaşım ✓ Yakıt tasarruflu araç kullanımı 	
Konut	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ İklim dostu dönüşüm ✓ Mevcut konut stokunun iyileştirilmesi ✓ Verimli aydınlatma ve ekipman kullanımı ✓ Yüksek enerji performansına sahip yeni binalar 	
Endüstri	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Üretimde azaltım ✓ Süreçte azaltım ✓ Üründe azaltım ✓ Ham maddede dekarbonizasyon ✓ Karbon dışı emisyonların azaltımı 	
Atık	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Atık önleme ✓ Atık azaltma ✓ Tekrar kullanım ✓ Atık geri dönüşümü ✓ Atıktan enerji geri kazanımı ✓ Atık kaynaklı metan emisyonunun azaltımı 	

Şekil 1. İklim Değişikliği Politikaları ve Uygulama Alanları [4, 8]

İklim değişikliği politikaları ve uygulama alanları özet olarak Şekil 1’de verilmiştir. Buna göre iklim değişikliği üzerinde doğrudan etkileri olan enerji, ulaşım, konut, endüstriyel işlemler, atık vb. sektörlerden kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılması önem arz etmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltılması yetmemekte, kırılganlıkları olan yerleşim alanları ve sektörlerin iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyum kapasitesinin geliştirilmesi ve artırılması da önemlidir.

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında, üreticiden tüketiciye ve atık yönetimine kadar tüm aşamalarda değişim gerekirken ve bu da entegre politika araçları ile kolaylaştırılabilir [5].

2.1. Azaltım Politikaları

Küresel iklim değişikliği gerçek anlamda küresel bir sorundur. Bu sebeple azaltım politikaları, uluslararası iş birliğini ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin devam eden değişiklikleri yavaşlatmak ve durdurmak için yollar ve araçlar bulmak üzere birlikte çalışmasını gerektirmektedir [2].

Uluslararası iş birliği, iddialı iklim değişikliği azaltım hedeflerine ulaşmada önemli bir kolaylaştırıcıdır. BMİDÇS, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması artan ulusal isteklilik düzeylerini desteklemekte ve iklim politikalarının geliştirilmesini ve uygulanmasını teşvik etmektedir. Bununla birlikte eksiklikler de devam etmektedir [5]. Birçok ülke, ulusal ve yerel düzeyde iklim değişikliğine ilişkin stratejiler ve eylem planlarını oluşturarak karbon

emisyonlarını azaltma girişiminde bulunmaktadır. Karbon emisyonlarının azaltımı genel olarak enerji, endüstriyel işlemler, çözücü ve diğer ürün kullanımı, tarım ve atık sektörlerini [6] kapsamaktadır.

Karbon emisyonlarının azaltımı için ülkeler kapsamlı strateji ve planlar oluşturarak birçok sektörde sera gazı salımını azaltabilirler. Örneğin enerji sektöründe karbon emisyonları; güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek, yeni teknolojiler geliştirilerek ve enerji verimliliği artırılarak fosil yakıt kullanımı azaltılabilir. Karbon yutak alanları artırılarak atmosferdeki karbon seviyeleri azaltılabilmektedir. Bunun için orman yönetimi ve ağaçlandırma projeleri önem kazanmaktadır. Ülkeler yeni orman alanlarını oluşturarak ve mevcut ormanları koruyarak karbon emisyonlarını azaltabilirler. Atık sektöründe geri dönüşüm, yeniden kullanım, enerji geri kazanımı, atık azaltma vb. yöntemler ile sera gazı salımı azaltılabilir.

Sanayi, enerji, ulaşım, tarım ve binalardan kaynaklanan emisyonlar karbon yoğunluğunu artırmaktadır. Adil ve etkili bir sera gazı azaltımı olmadan iklim değişikliği dünya genelinde insanların sağlığını, geçim kaynaklarını, ekosistemi ve biyolojik çeşitliliği giderek daha fazla tehdit edecektir. Paris Anlaşması'nda küresel ısınmanın 1,5°C ile sınırlandırılması hedefi ortaya konulmuştur. Bu hedefin aşılmasını için küresel karbon emisyonlarının 2030 yılına kadar %48 azaltılması gerekmektedir. Böylece 2050 yılına gelindiğinde net sıfır emisyon hedefine yaklaşılmış olacaktır [5].

Sera gazı azaltım seçeneklerinin başarılı bir şekilde uygulanması için azaltımın teknolojik, ekonomik ve sosyal fırsatlarından yararlanmasını zorlaştıran teknik, ekonomik, siyasi, sosyal, davranışsal ve kurumsal engellerin ortadan kalkması gerekir. İklim değişikliği azaltım stratejilerinin etkinliği, iklim politikaları ulusal ve sektörel politika geliştirmenin iklim dışı hedefleriyle bütünleştirildiğinde hem sürdürülebilir kalkınma hem de iklim değişikliği azaltımı için gerekli uzun vadeli sosyal ve teknolojik değişiklikleri başarmak için kapsamlı geçiş stratejilerine dönüştürüldüğünde artar [2].

Antropojenik faktörlerin atmosferi, okyanusu ve toprağı ısıttığı bir gerçektir. Bu sıcaklık artışları ile iklimde hızlı değişimler meydana gelmiştir. Yaklaşık 1750'den beri sera gazı salımlarında gözlemlenen artışlar insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. 1850'den 2019'a kadar insan kaynaklı toplam muhtemel küresel yüzey sıcaklığı artışı 1,07°C'dir [7]. Bu çerçevede azaltım politikaları sonucunda sera gazı salımları azaltılsa bile atmosferde biriken emisyonlardan kurtulmanın zaman alacağı bir gerçektir. Bu sebeple iklim değişikliğinin etkileri ile mücadelede mutlaka uyum politikalarına da ihtiyaç vardır.

2.2. Uyum Politikaları

Bugüne kadar meydana gelen ve yakın gelecekte kaçınılmaz olan iklim değişikliği, iklim sisteminin ataleti nedeniyle onlarca yıl veya yüzyıllar boyunca bizimle birlikte olacaktır. Bu nedenle iklim değişikliğinin etkilerini mümkün oldukça sınırlandırmak için kademeli adaptasyon şarttır [2].

Uyum politikaları yumuşak ve sert uyum olmak üzere iki türe ayrılabilir. Yumuşak uyum önlemlerinde kapasite oluşturma, politika ve strateji belirleme, kurumsal düzenlemelere ağırlık verilir. Sert uyum önlemlerinde ise belirli teknolojilerin kullanılmasına ağırlık verilir ve yapısal unsurlar öne çıkar. Örnek olarak taşkın önleme yapıları, deniz duvarları, yağmur suyu toplama yapıları verilebilir [9].

Bununla birlikte iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyum sağlamanın farklı türleri de vardır. Birincisi uygulamanın zamanlamasına, amacına ve motivasyonuna bağlı olarak uyum reaktif ya da proaktif olabilmektedir. Reaktif uyum, iklim değişikliğinin ilk etkileri ortaya çıkarken

gerçekleşirken; proaktif uyum ise etkiler ortaya çıkmadan önce gerçekleşir. İkincisi uyumun gerçekleştiği sisteme dayanır. Doğal sistem ve insan sistemi örnek verilebilir. Üçüncüsü uyumun insan sisteminde kamu ve özel karar vericiler tarafından motive edilip edilmemesiyle ilgilidir. Bu çerçevede iklim değişikliğine uyum sağlamanın beş yaygın türünün örneklerine Şekil 2’de yer verilmiştir [10].

	Proaktif	Reaktif
		*Büyüme mevsimindeki uzunluklar *Ekosistem bileşimindeki değişiklikler *Sulak alan göçü
	*Sigortanın satın alınması *Kazıklar üzerinde ev inşaatı *Petrol platformlarının yeniden tasarımı	*Tarım uygulamalarındaki değişiklikler *Sigorta primlerindeki değişiklikler *Klima alımı
	*Erken uyarı sistemleri *Yeni bina kodları, tasarım standartları *Yer değiştirme teşvikleri	*Telafi edici ödemeler, sübvansiyonlar * Bina kodlarının uygulanması *Plaj beslenmesi

Şekil 2: İklim Değişikliğine Uyum Sağlamanın Beş Yaygın Türüne Ait Matris [11]

İnsan kaynaklı iklim değişikliği hâlihazırda meydana gelmiştir. Küresel toplum için asıl tehlike iklim değişikliğinin etkileri ve risklerine karşı uyum sağlamada yaşayacağı zorluklardan ve özellikle de bu değişikliğin hala artan dünya nüfusu için sürdürülebilir bir gelecek kurma becerisi üzerindeki etkilerinden kaynaklanacaktır. Küresel iklim değişikliğinin hızı, dünya çapında iş birliğine dayalı sera gazı salımını azaltma çabalarını gerektirmekte ve kaçınılmaz olarak değişikliklere uyum sağlanmasını da elzem kılmaktadır [2].

Uyum politikaları ve önlemleri sistematik bir yapıya sahiptir. Öncelikle iklim değişikliğinden olumsuz etkilenecek su kaynakları, tarım ve gıda güvenliği, halk sağlığı, doğal ekosistemler, biyolojik çeşitlilik, kıyı bölgeleri gibi sektörlerin etkilenebilirlik durumuna ilişkin çalışmalar yapılmalıdır. Bu etkilere bağlı olarak kuraklık, su sorunları, çölleşme, afetlerdeki artış, tarımsal üretimde düşüş, gıda güvenliği, sağlık sorunları, kara ve deniz ekosistemlerinde bozulmalar, deniz seviyesinin yükselmesine ilişkin ortaya çıkabilecek risklere karşı etkilenebilirlik değerlendirmesi yapılarak uyum eylem planlarının hazırlanması gerekir. Bu planlar ulusal planlara entegre edilmelidir [9].

Uyum politikalarının amacı iklimsel etkilerin hassas ve kırılgan sektörler¹ üzerinde oluşturacağı tehlike ve riskleri azaltmaya çalışmaktır. Risklerle mücadele edilirken kentsel dirençliliğin artırılması önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta uyum önlemleri riskleri yok etme yerine, risklerin olası yıkıcı etkilerini azaltmaya çalışmasıdır [3].

3. Kentsel Katı Atık Yönetimi

Katı atıklarla ilgili sorunlar tarih öncesi dönemlere kadar uzanabilmektedir. Yeni ürün, teknoloji ve hizmetlerin ortaya çıkmasıyla atık miktarında ve bileşeninde değişiklikler olmuştur. Artık atık özellikleri sadece insanların gelirine, kültürüne ve coğrafyasına değil, aynı zamanda bir toplumun içinde bulunduğu ekonomiye ve toplumun maruz kalabileceği afet gibi

¹ Hassas ve kırılgan sektörlerle Şekil 1’de uyum başlığı altında yer verilmiştir.

durumlara da bağlı olabilmektedir. Çevre ve insan sağlığı, kötü katı atık yönetiminden etkilenebilmektedir. Katı atık yönetimine ilişkin politikalar, düzenlemeler ve finansal destekler pek çok yerde uygulanmaktadır. Artan nüfusla birlikte etkin atık yönetimi uygulamalarına olan talep de artmaktadır. Atıkların kaynağı ve çeşitliliği farklıdır ve bu da farklı etkilere yol açmaktadır. Atıkların çöllere, ormanlara, akarsulara, göllere, okyanuslara ve diğer yerlere dökülmesi ile atıklar uluslararası ve ulusal düzenlemelere konu olmuş ve geniş etkilere yol açmıştır [12].

Bu bağlamda, katı atıklara ilişkin yaklaşım geçtiğimiz yüzyılda dramatik bir şekilde değişime uğramıştır. Atıklar kenar mahallelerden siyasi ana akıma taşınmıştır. Böylece toplumlar ve hükümetler dokunulmaz olan konuya dahil olmaya başlamışlardır. Artık atıkların iki önemli çevre sorunu olan iklim değişikliği ve kaynakların tükenmesi açısından da önemi kabul edilmektedir. Politika yapıcılar iklim değişikliği konusunda Kyoto zirvesinde varılan hedeflere ilişkin neler yapabilecekleri sorusuna [13] yanıt bulmaya çalışırken aynı zamanda atık konusunu da ele almak zorundadırlar.

Uygunsuz katı atık yönetiminden kaynaklanan etkiler özetle, su ve hava kirliliği; kötü koku, haşereler, kemirgenler ve başıboş hayvanlarla ilgili sorunlar; sera gazı üretimi; çöplük alanının üzerinde uçan kuşlar nedeniyle havacılıkla ilgili sorunlar; çöplük/arazi dolgusu içinde yangınlar; çöplük veya arazi dolgusunda erozyon ve stabilite sorunları [12] şeklinde sıralanabilir.

Yanlış yönetilen atıklar çevreyi farklı şekillerde etkileyebilmektedirler. Kentsel atıkların açıkta bırakılması yakındaki su kaynaklarını organik ve inorganik kirleticilerle kirletmektedir. Ayrıca çöp depolama sahalarına yakın yerleşim alanlarındaki halkın sağlığını tehdit edebilmektedir. Atıkların yakılması da insan sağlığına ve ekolojiye zarar verebilmektedir. Atık hizmetlerinin yürütülmesini genellikle kent yönetimleri üstlenmektedir. Atık üretimindeki küresel eğilimler bu zorluğu daha da artırmakta ve atık yönetimini kentsel dünyanın en büyük zorluklarından biri haline getirmektedir [14].

Dünyada kişi başına günde 0,74 kilogram atık üretilmektedir. Ancak ulusal atık üretim oranları kişi başına günde 0,11 ile 4,54 kilogram arasında değişmektedir. Atık üretim hacimleri genellikle gelir düzeyleri ve kentleşme oranları ile bağlantılıdır [15]. Dünyada 2020 yılında yaklaşık olarak 2,1 milyar ton kentsel katı atık üretilmiştir. Acil önlem alınmazsa bu miktarın 2050 yılına kadar 3,8 milyar tona çıkması tahmin edilmektedir [16].

20. yüzyılın sonlarına kadar kentsel katı atıklar çevre ve insan sağlığı açısından tanımlanarak yerleşim alanlarından uzaklaştırılması gereken değersiz maddeler olarak görülmüştür. Ancak atıkların ayrıştırılabilir, işlenebilir, geri dönüştürülebilir birer madde olarak görülmesiyle birlikte atıklara bakış açısı da değişmeye başlamıştır. Klasik yaklaşımda çöp olarak görülen maddeler artık değerlendirilebilir ve geri dönüştürülebilir birer madde olarak görüldükleri için bu hizmetin yönetimi de katı atık yönetimi olarak adlandırılmaya başlanmıştır [17].

Katı atıklar sürdürülebilir bir şekilde yönetildiğinde birçok fayda sağlanabilmektedir. Atık yönetiminde, toplama, taşıma, geri dönüşüm ve bertaraf süreçleri sırasında zincirin her aşamasında değer elde edilebilir. Geri dönüştürülebilir maddeler atıkların yakılmasıyla geri kazanılan atık ısı, kompost ve diğer artıkların yeniden kullanımı ile katma değerli yan ürünler elde edilebilir. Ayrıca Yeşil Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYH), biyolojik çeşitlilik ve çevresel kalite kaybını parasallaştırır ve iklim değişikliğinin neden olduğu maliyetleri hesaba katar. Bir ülkenin geleneksel GSYH'sine dahil edilen atık yönetiminin çevresel maliyetleri ve faydaları, ekonomik büyümenin çevresel sonuçlarının düzeltilmesine katkıda bulunabilir [18].

Kentsel katı atık yönetimi, modern toplumların karşılaştığı önemli çevresel sorunlardan biridir. Atıkların doğru yönetimi su, hava ve toprak kirliliğinin önlenmesi, doğal habitatların korunması ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi çeşitli faydalar sağlayabilmektedir. Bunun için kent otoriteleri geri dönüşüm, kompostlama ve atıktan enerji üretimi gibi sürdürülebilir teknikler kullanarak katı atıkları yönetmek zorundadır.

4. Katı Atık ve İklim Değişikliği Etkileşimi

Nüfus artışı, refah seviyesinin yükselmesi ve kentleşme ile birlikte artan katı atıkları yönetmek birçok ülke için başlıca zorluklardan birisi haline gelmiştir. Bu kapsamda katı atık yönetimine ilişkin etkin ve sürdürülebilir uygulamaların sera gazı salımlarını azaltma, kamu sağlığı ve güvenliği ile çevresel faydalar üzerinde katkısı olmaktadır [12].

İklim değişikliği, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde katı atık yönetim uygulamalarının gelişiminde önemli etkenlerden biri olarak kabul görmektedir [19]. İklim değişikliği riski, atık yönetiminden kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılmasını birçok ülke için bir politika hedefi haline getirmiştir. Atıklardan kaynaklanan sera gazı salımları her ne kadar az da olsa, atık yönetimi net bir sera gazı kaynağı ya da yutağı olma potansiyeline sahiptir [14].

İklim değişikliği potansiyelini yavaşlatmaya yönelik çabalar arasında enerji kullanımından kaynaklanan karbon ve metan emisyonlarını azaltmaya ve ağaçlarda uzun süreli karbon depolanmasını teşvik etmek için ormancılık uygulamalarını değiştirmeye yönelik önlemler yer almaktadır. Evsel katı atıklar da farklı yönetim seçenekleri ile aynı süreçleri doğrudan veya dolaylı olarak etkilemek için birçok fırsat sunmaktadır [20].

Atık sektörü, özellikle metan gazı başta olmak sera gazı emisyon kaynaklarından biridir. Atık sektörü, düşük karbonlu kentlerde bile enerji sektöründen sonraki en yüksek emisyon kaynağı olmaya devam etmektedir. Atık yönetimi genellikle belediyelerin kontrolünde olduğundan, ortak faydalarla birlikte kent düzeyinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasında da önemli hedeflerden biridir [5].

Atıklar bir tehditse artık iklim değişikliğiyle ilgili olarak hiçbir yerde olmadığı kadar bir fırsat olarak da değerlendirilebilir. Düzenli depolama sahalarında metan ya da yakma durumunda karbondioksit ve nitrojen oksit gazları emisyon azaltımı meselesi olarak görülebilir. Bununla birlikte atık yönetiminin diğer küresel ısınma faaliyetlerinin yerini alma ve bir karbon yutağı olarak hareket etme konusundaki potansiyel katkısı da aynı derecede önemlidir [13].

Küresel ısınma potansiyeli (KIP); iklim değişikliği etkisiyle ilgili olup, sera gazları tarafından atmosferde tutulan ısının göreceli bir ölçüsüdür. KIP, bir sera gazı tarafından tutulan ısı miktarını standardı 1 (bir) olan karbondioksit ile karşılaştırır. Örneğin metan ve karbondioksit kütlelerinin atmosfere verilmesi durumunda, bu metan miktarının önümüzdeki 20 yıl içinde karbondioksitten 72 kat daha fazla ısı tutacağı anlamına gelir. Katı atıkların yakılması karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonuna yol açabilmektedir. Atıkların taşınması emisyonlara neden olabilmektedir. Geri dönüştürülebilir maddelerin evsel katı atık akışlarından ayrı olarak toplanması daha fazla kaynak koruma potansiyeline sahip olabilmektedir [18].

Açık çöplüklerde depolanan katı atıkların aerobik koşullarda bozulması sonucu yüksek seviyede karbondioksit emisyonu ortaya çıkmaktadır [21]. Ayrıca atıkların taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi iklim değişikliğine neden olan karbondioksit ve diğer sera gazlarının atmosfere salınmasına yol açmaktadır. Örneğin organik atıkların düzenli depolama sahalarında veya açık çöplüklerde bozulması ve ayrışması sonucu metan gazı açığa çıkmakta ve küresel ısınma üzerinde etkili olmaktadır [16]. Bu kapsamda küresel sera gazı salımlarının

yaklaşık %5'i katı atıkların organik kısmının çürümesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Katı atık sorununun çözümünde öncelikle atıkların en aza indirilmesi ve önlenmesi olmalıdır. Atıklar önlenemediği durumlarda atıklardan malzeme ve enerji geri kazanımı sağlanmalı, atıkların yeniden üretilip kullanılabilir ürünlere dönüştürülmesi ise ikinci seçenek olmalıdır. Atıkların geri dönüşümünde önemli miktarda kaynak tasarrufu sağlanır [22]. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin verilerine göre doğrudan katı atık yönetiminden kaynaklanan sera gazları küresel emisyonların sadece %2-3'ü kadardır. Ancak atık yönetim sektörü birçok eylemle iklimin hafifletilmesinde rol oynayabilir. Bu kapsamda atık önleme ve geri dönüşüm girişimleri, işlenmemiş hammadde talebini ve dolayısıyla bu tür malzemelerin çıkarılması ve rafine edilmesinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlar. Bu bağlamda atık önleme, geri dönüşüm ve atık akışlarından ikincil hammadde kullanımı yoluyla fosil yakıtların ve işlenmemiş hammaddelerin ikame edilmesinin etkileri, küresel emisyonların %20'sine varan büyüklükte potansiyel sera gazı azaltımı mümkündür [23].

5. Sonuç ve Değerlendirme

İklim değişikliği politikaları ile kentsel katı atık yönetimi arasında güçlü bir etkileşim vardır. Katı atık yönetimi atıkların doğru şekilde toplanması, işlenmesi ve bertaraf edilmesini içeren bir süreçtir. Bu çerçevede atık önleme, atık azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı gibi sürdürülebilir uygulamalar ile atık kaynaklı sera gazı emisyonları azaltılabilir ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlanabilmektedir. Bu kapsamda katı atık yönetim stratejilerinin iklim değişikliği politikalarıyla entegre edilmesi önemlidir. Sonuç olarak iklim değişikliği ve kentsel katı atık yönetimi politikalarının etkili bir şekilde uygulanması küresel ölçekte daha dirençli, sürdürülebilir ve sağlıklı bir gelecek için kritik öneme sahiptir. Bu politikaların ulusal düzeyde benimsenmesi ve uygulanması, küresel çapta iklim krizinin yönetilmesinde önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda günümüzde kent yönetimleri, temel sorunlardan biri olarak gördükleri katı atıkları sürdürülebilir yöntemler uygulayarak iklim dostu çözümlerle entegre ettiklerinde başarılı sonuçlara ulaşabilirler.

Kaynakça

- [1] Kavut, S. "İklim Değişikliği Açısından Katı Atık Yönetimi: Doğu Anadolu Bölgesi Belediyeleri Üzerine İnceleme", İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Malatya, 2023.
- [2] Bolin, B. A History of the Science and Politics of Climate Change: The Role of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press; 2007.
- [3] Baş, E. ve Partigöç, N. S. "İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Kent Planlamanın Rolü", Dirençlilik Dergisi 2022; 6 (1): 127-143.
- [4] Algedik, Ö. "Yerel Yönetimlerin İklim Değişikliği İle Mücadele Rolü", Sivil İklim Zirvesi Projesi Raporu 2013; 1-23.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC, New York: Cambridge University Press, 2022.
- [6] UNFCCC/CP, "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change" 1997.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC, New York: Cambridge University Press, 2021.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Climate Change 2022:

- Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC, New York: Cambridge University Press, 2022.
- [9] Silkin, H. “İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi” Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2014.
- [10] Richard, J. T. K. Adaptation to Climate Variability and Change: What is Optimal and Appropriate?. In Giupponi C, Schechter M, editors. Climate Change and the Mediterranean: Socio-Economics of Impacts, Vulnerability and Adaptation, Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2002.
- [11] Klein, R.J.T. Towards better understanding, assessment and funding of climate adaptation. *Change* 1998; 44: 15-19.
- [12] Chandrappa, R, Das DB. Solid Waste Management: Principles and Practice. Berlin: Springer, Berlin; 2012.
- [13] Murray, R. Zero Waste. London: Russell Press; 2002.
- [14] Vergara SE, Tchobanoglous G. Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 2012; 37(1):277-309.
- [15] Kaza S, Yao L, Bhada-Tata P, Woerden FV. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington: World Bank; 2018.
- [16] United Nations Environment Programme. Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste - Turning Rubbish into a Resource. Nairobi: 2024.
- [17] Yashıkaya, R. “Katı Atık Hizmetlerinde Özelleştirme”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Ana Bilim Dalı (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Ankara, 2004.
- [18] Chang NB, Pires, A. Sustainable Solid Waste Management: A Systems Engineering Approach. United States of America: JohnWiley & Sons, Inc., 2015.
- [19] Wilson, DC. Development Drivers for Waste Management. *Waste Management and Research* 2007; 25 (3).
- [20] United States Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Emissions From Management of Selected Materials in Municipal Solid Waste. 1998; ES-1.
- [21] Scarlat N, Motola V, Dallemand JF, Monforti-Ferrario F, Mofor L. Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015; 50:1269-1286.
- [22] United Nations Environment Programme. “Solid Waste Management”, <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management>, Erişim Tarihi: 14.06.2024.
- [23] International Solid Waste Association, “Climate Change and Waste Management - The Future of Waste Management: Trends, Opportunities And Challenges For The Decade (2021-2030)”, <https://www.iswa.org/climate-change-and-waste-management/?v=ebe021079e5a>, Erişim Tarihi: 15.06.2024.

Sürdürülebilir Enerji Sistemlerinde Silikon İzolatörlerin Yeri

The Place of Silicone Rubber Insulators in Sustainable Energy Systems

* Sertaç EROL, * Murat ÖZTÜRK, * Gönül COŞKUN, * Mehmet YAŞAYAN
* Şa-Ra Enerji İnş. Tic. ve San. A.Ş., Adana, TÜRKİYE

Anahtar kelimeler: Silikon izolatör, yalıtım, sürdürülebilir enerji, elektrik iletim sistemi.

Özet

Sürdürülebilir enerji sistemlerine geçişin hızlanmasıyla birlikte, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemlerinde kullanılan malzemelerin önemi daha da artmıştır. Geleneksel izolatör malzemelerine kıyasla silikon izolatörler, yüksek hidrofobiklik, geniş çalışma sıcaklığı aralığı ve hafiflik gibi üstün özellikleri sayesinde dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, silikon izolatörlerin üretim süreçleri, elektriksel ve mekanik özellikleri, çevresel etkileri ve sürdürülebilir enerji sistemlerindeki rolü detaylı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle, silikon izolatörlerin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin güvenli ve verimli bir şekilde iletilmesindeki katkıları ve uzun vadede enerji sektörüne sağladığı ekonomik faydalar ele alınmıştır.

Key words: Silicone rubber insulator, insulation, sustainable energy, electrical transmission system.

Abstract

With the acceleration of the transition to sustainable energy systems, the importance of materials used in electrical energy transmission and distribution systems has increased. Compared to traditional insulator materials, silicone rubber insulators attract attention due to their superior properties such as high hydrophobicity, wide operating temperature range and lightness. In this study, the production processes, electrical and mechanical properties, environmental effects and role of silicone rubber insulators in sustainable energy systems were examined in detail. In particular, the contributions of silicone rubber insulators to the safe and efficient transmission of electricity obtained from renewable energy sources and the economic benefits they provide to the energy sector in the long term were discussed.

1.Giriş

Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve iklim değişikliğiyle mücadele, sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Bu dönüşüm sürecinde, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemlerinin güvenilirliği ve verimliliği kritik bir öneme sahiptir. Bu sistemlerin temel bileşenlerinden biri olan izolatörler, elektrik enerjisinin güvenli bir şekilde taşınmasında hayati bir rol oynar. Geleneksel porselen ve cam izolatörlerin yerini giderek daha fazla alan silikon izolatörler, üstün özellikleri sayesinde sürdürülebilir enerji sistemlerinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Yüksek hidrofobiklik, geniş çalışma sıcaklığı aralığı ve hafiflik gibi avantajları ile silikon izolatörler, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji iletim sistemlerine entegrasyonunda önemli bir rol üstlenmektedir. Silikon izolatörler, sürdürülebilir enerji sistemlerinde rüzgar türbinleri, güneş enerji santralleri, enerji iletim hatları, elektrik dağıtım ağları gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, silikon izolatörlerin özellikleri, üretim süreçleri ve sürdürülebilir enerji sistemlerindeki rolü detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Havai hatlarda izolatör olarak en çok kullanılan malzeme seramik bir malzeme olan porselendir ancak cam, steatit ve diğer özel kompozit malzemeler sınırlı ölçüde kullanılmaktadır. Porselen,

kaolin, feldispat ve kuvars karışımının daha yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle üretilir. Porselen, mekanik olarak camdan daha sağlamdır ve sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklıdır. Porselen, cama göre daha iyi özelliklere sahip olmasına rağmen bazı sınırlamaları vardır. Bu sınırlamalar şunlardır; yüksek bakım ve üretim maliyeti, ağır ve hantal olması, şok ve titreşimlere karşı oldukça kırılabilir, vandalizme karşı daha duyarlıdır. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için yeni bir teknoloji ortaya çıkmıştır. Bu teknoloji, polimer silikon kauçuk ve fiber takviyeli plastik çubuk (FRP) içerir. Polimer silikon kauçuk ve FRP ile üretilen izolatör, porselen izolatörün tüm dezavantajlarının üstesinden gelmiştir [1].

170 kV ve 420 kV gerilime sahip iletim hatlarında kompozit silikon izolatörler kullanılmaktadır. Çöl, deniz ve endüstriyel kirliliğin yüksek olduğu bölgelerde hidrofobik özelliğinin yüksek olması sayesinde daha iyi yalıtım sağlaması, montaj kolaylığı, porselen izolatöre ve cam izolatöre oranla daha hafif olması gibi avantajlarından dolayı tercih edilmektedir [2].

Kompozit yalıtkan kavramı 1950'lerde ABD'de geliştirildi. Ancak bu teknoloji, kompozit izolatörlerin temel çekirdeğini oluşturan fiber takviyeli malzemeler ve bu izolatörlerin ana yalıtkan malzemesini oluşturan polimer konusunda büyük ilerlemelerin kaydedildiği 1970'li yıllara kadar ciddiye alınmadı [3].

Özellikle kirlenme durumlarında silikonun; diğer malzemelerden yapılan izolatörlere göre sergilediği ortalamanın üstünde yalıtım davranışı ve çalışma sırasında darbe yüklerine maruz kaldıklarında mekanik olarak gösterdikleri sağlamlık bu tür izolatörlerin geniş kabul görmesini sağlamıştır. Silikon izolatör için yıllar içinde gerçekleşen değişimler sonucunda elde edilen yapı 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Dış yükleri taşımak için yüksek mekanik dayanıma sahip FRP (Fiber Reinforced Plastic) çubuk, çubuk etrafında kaçak mesafesi ve elektrik yalıtımı sağlamak üzere tasarlanmış polimerik malzeme (silikon yalıtkan) ve mekanik yükleri taşıması için çubuğun her iki ucuna monte edilen metal uç bağlantı parçalarıdır (Şekil 1'e bkz.)[4].



Şekil 1. Silikon izolatör ve bileşenleri [4].

2.Silikon İzolatörün Üretimi

Silikon izolatörlerin üretiminde üç ana malzeme kullanılır:

1. **FRP Çubuk (Rod) Üretimi:** FRP çubuk, pultrüzyon² işlemiyle üretilir. Bu üretim süreci şöyledir; Fiberglass ruloları teker teker kılavuz plakanın içinden reçine emdirme havuzuna yönlendirilir. Artık içinde 'Prepreg' adı verilen belli miktarda reçine pultrüzyon hattında bulunan taşıyıcı çenelerle çekilir. Uygulamadan sonra sıcaklığın elektrikli ısıtma yoluyla muhafaza edildiği şekillendirme ve sertleştirme kalıbından geçirilir. Şekillendirme ve sertleştirme kalıbı, çubuğun şekli ve boyutundan sorumludur. Artık oluşan çubuk, çekme mukavemetini geliştirmek için

¹ Pultrüzyon, sürekli kesitli elyaf takviyeli plastiklerin üretimi için kullanılan bir üretim yöntemidir. Bu yöntemde, cam elyafı gibi takviye malzemeleri, reçine ile birleştirilerek sürekli bir kalıptan çekilir ve istenilen şekil ve boyutta profiller elde edilir.

çekme sistemi tarafından çekilmektedir. Çekme sistemi sayesinde bitmiş çubuk elde edilir. Çubuk, genellikle elmas kesici olan testereyle istenilen uzunlukta kesilir. FRP çubuk üretildikten sonra silikon kılıfın enjeksiyon yöntemi ile kompozit çubuk üzerine kalıplanması gerekir. Bu işlem kauçuk enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak yapılır.

2. **Silikon İzolatör Üretimi:** Sıvı silikon kauçuk (Liquid Silicone Rubber, LSR), izolatörün dış gövdesini oluşturacak şekilde özel olarak formüle edilen bir malzemedir. LSR, izolatöre esneklik ve yalıtım özelliği kazandırır. Silikon izolatör üretimi için uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:



Şekil 2. Silikon izolatörün üretim akış şeması

Özetle, silikon karışımı, özel bir enjeksiyon yöntemi ile kalıp içerisine yerleştirilen kompozit rod etrafına enjekte edilir. Bu işlem sırasında hava kabarcıkları oluşmaması için vakumlama işlemi yapılır. Daha sonrasında, silikon gövde, kürleşene ve sertleşene kadar fırınlarda 105-120°C sıcaklıklarda ısıl işlem prosesine tabi tutulur. Isıl işlem, silikonun istenilen elektriksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini kazanmasını sağlar.

3. **Metal Uç Bağlantı Parçalarının Bağlanması:** İzolatörün uçlarında bulunan metal uçlar, dövme çelikten, dökme demirden veya alüminyumdan imal edilebilir. Korozyona dayanıklı olacak şekilde galvanizle kaplanır. Bu metal uçlar, izolatörü iletim hatlarına bağlar ve mekanik sağlamlık sağlar. Metal uç bağlantı parçaları yalıtkanın en uç kısımlarıdır. İzolatörü bir direğe veya iletkene bağlarlar. Bu uç bağlantı parçaları, izolatörlerin yatay mı yoksa dikey mi yerleştirileceğine, yani direk mi yoksa askı izolatörü mü olduğuna karar verir. Bilyeli ve soketli tip, çatallı ve dilli tip, Y çatallı tip uç bağlantı parçalarından bazılarıdır.

3.Silikon İzolatörlerin Üstün Özellikleri ve Sürdürülebilir Enerji Sistemlerindeki Rolü

Silikon izolatörler, geleneksel porselen ve cam izolatörlere göre birçok avantaj sunmaktadır. Bu avantajlardan bazıları şunlardır:

- **Yüksek hidrofobiklik:** Suyu itme özelliği sayesinde kirlenme ve buzlanma oluşumuna karşı daha dayanıklıdır. Bu özellik, özellikle kıyı bölgeleri ve hava şartlarının zorlu olduğu bölgelerde önemli bir avantaj sağlar.
- **Geniş çalışma sıcaklık aralığı:** Ekstrem sıcaklık koşullarında bile performanslarını korurlar. Bu sayede, çöl gibi sıcak bölgelerden kutuplara kadar farklı iklim koşullarında kullanılabilirler.
- **Hafiflik:** Daha hafif olmaları sayesinde, taşıma ve montaj işlemleri kolaylaşır. Bu da, enerji iletim hatlarının kurulum maliyetlerini düşürür.
- **Yüksek mekanik dayanım:** Darbelere, titreşimlere ve gerilmelere karşı daha dayanıklıdır.
- **Uzun ömür:** Doğru koşullarda kullanıldığında uzun yıllar boyunca sorunsuz bir şekilde çalışabilirler.

Silikon İzolatörlerin Sürdürülebilir Enerji Sistemlerindeki Rolü

- **Yenilenebilir enerji kaynaklarına uyum:** Silikon izolatörler, rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin iletilmesinde kullanılan enerji dönüşüm sistemlerinde sıklıkla tercih edilir. Bu sistemler, genellikle geleneksel enerji üretim tesislerine göre daha uzak ve erişimi zor bölgelerde kurulmaktadır. Silikon izolatörlerin hafif ve dayanıklı olması, bu tür bölgelerde kurulumu kolaylaştırır.
- **Enerji verimliliği:** Yüksek yalıtım özellikleri sayesinde enerji kayıplarını azaltarak enerji verimliliğini artırır. Bu da, hem ekonomik açıdan avantaj sağlar hem de çevresel etkileri azaltır.
- **Uzun ömürlü ve sürdürülebilir:** Uzun ömürlü olmaları sayesinde atık miktarını azaltır ve doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, üretim süreçlerinde daha az enerji tüketimi gerektirmeleri de sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantajdır.

Çevre dostu: Silikon izolatörlerin üretimi sırasında çevreye zararlı kimyasalların kullanımı daha azdır. Ayrıca, atık yönetimi konusunda da daha çevre dostu çözümler sunarlar

4.Silikon İzolatörlerin Teknik Özellikleri ve Standartlara Göre Uygulanan Testler

420 kV'lık bir silikon izolatör tablo 1'de verilen özelliklere sahip olması gerekir.

Table 1. Şa-Ra Enerji A.Ş'nin ürettiği 420 kV'lık bir silikon izolatörün teknik özellikleri [5]

ÖZELLİKLER	Değer
Gerilim Seviyesi	420kV
Büyük Yaprak Çapı	min.180mm
Küçük Yaprak Çapı	min. 140mm
Yaprak Açısı	≥ 7
Kompozit Rod Çapı	36mm
Kirlilik Seviyelerine Göre min. Yüzeysel Kaçak Yolu	min. 35mm/kV
Bükülme Yüğü Dayanımı	min. 6kN
SML (Beyan Edilen Mekanik Yüğü) (kN)	min. 210kN

Silikon izolatörlerde yapılan başlıca testler ve ilgili standartlar:

- **Elektriksel dayanım testleri: IEC62217, IEC60437, IEC61467, IEC61284**
 - o Yüzey kirliliği altında elektriksel dayanım
 - o Kısa süreli aşırı gerilim dayanımı
 - o Sıcaklık çevrimleri altında elektriksel dayanım
- **Mekanik dayanım testleri: IEC 61109**
 - o Bükülme dayanımı
 - o Çekme dayanımı
 - o Darbe dayanımı
- **Çevresel dayanım testleri: IEC61109**
 - o UV dayanımı
 - o Sıcaklık çevrimleri
 - o Nem dayanımı
- **Yapısal testler: IEC62217**
 - o **İç yapının incelenmesi:** Görsel inceleme, X-ray
 - o **Malzeme analizi:** Kimyasal analiz, fiziksel özelliklerin ölçümü

Bu standartların dışında her ülkenin kendi elektrik enerjisi sistemine özgü standartları da bulunmaktadır.

5.Sonuçlar ve Yorumlar

Silikon izolatörlerin yüksek hidrofobiklik, hafiflik ve geniş çalışma sıcaklığı aralığı gibi özellikleri, onları geleneksel izolatör malzemelerine göre daha üstün kılar. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımıyla birlikte, uzun mesafelerde enerji taşınması ihtiyacı da artmaktadır. Bu bağlamda, silikon izolatörlerin hafif ve dayanıklı yapısı, enerji iletim hatlarının kurulum ve bakım maliyetlerini düşürerek ekonomik bir çözüm sunar. Ayrıca, silikon izolatörlerin çevre dostu üretim süreçleri ve uzun ömürlü olmaları, atık miktarını azaltarak sürdürülebilirliği destekler. Sonuç olarak, silikon izolatörlerin kullanımı, enerji sektöründe yeşil dönüşümün hızlandırılması ve sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesi için önemli bir adımdır. Gelecekte, nanoteknoloji ve malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde, silikon izolatörlerin performansının daha da artırılması ve yeni uygulama alanlarının keşfedilmesi beklenmektedir.

Kaynakça

- [1] B. S. Velaga, C. Kaza, D. N. Rao, "Polymer and FRP Technology - An Alternative to Conventional Porcelain for Future Power Sector", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 2 Issue 12, December – 2013
- [2] Kale Seramik A.Ş Ürün Tanıtım Katoloğu, Yüksek Gerilim İzolatörleri, Bölüm 5.2
- [3] Papailiou KO (1990) Silikon in der Hochspannungsisolieretechnik. SEV-Bulletin, Jg. 81, Heft15
- [4] Papailiou KO, Fluri W, Wermelinger A (1990) Erfahrung mit Einsatz von Verbundisolatoren. SEV-Bulletin, Jg. 81, Heft 19
- [5] TEİAŞ-MYD/2005-017.3, 170 kV ve 420 kV Kompozit Silikon İzolatör Teknik Şartnamesi

Atık Yönetimi ve İnşaat: Volkanik Tüf ve Mermer Atıklarının Yüksek Sıcaklıklarda Hafif Beton Üzerindeki Etkileri

Waste Management and Construction: Effects of Volcanic Tuff and Marble Waste on Lightweight Concrete at High Temperatures

* Selçuk Çimen

* İçişleri Bakanlığı, Emniyet Genel Müdürlüğü, Bayburt, Türkiye

Anahtar kelimeler: Hafif beton, volkanik tüf, zeytinalı, atık kullanımı, sürdürülebilirlik.

Özet

Bu çalışmada, Zeytinalı taşı ve Bayburt taşı atıklarının beton karışımlarında kullanılarak betonun mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. %15 oranında Zeytinalı taşı ilavesi, basınç dayanımında %6-8, ultrasonik geçiş hızında ise %2-5 oranında artış sağlamıştır. Mermer tozunun betonun iç yapısındaki boşlukları doldurmasıyla mekanik özelliklerde iyileşmeler elde edilmiştir. Sonuç olarak, Zeytinalı ve Bayburt taşı atıkları, beton karışımlarında dayanım ve homojenlik özelliklerini iyileştirerek sürdürülebilir bir malzeme alternatifi sunmaktadır. Bu çalışma, gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Key words: Lightweight concrete, volcanic tuff, Zeytinalı, waste utilization, sustainability.

Abstract

In this study, the effects of using waste Zeytinalı stone and Bayburt stone in concrete mixtures on the mechanical properties of concrete were investigated. The addition of 15% Zeytinalı stone resulted in a 6-8% increase in compressive strength and a 2-5% increase in ultrasonic pulse velocity. The improvements in mechanical properties were achieved by the marble powder filling the voids in the internal structure of the concrete. Consequently, the waste materials from Zeytinalı and Bayburt stones provide a sustainable alternative material by enhancing the strength and homogeneity of concrete mixtures. This study serves as an important foundation for future research.

1.Giriş

Günümüzde inşaat sektörü, artan nüfus karşısında yapı sektöründe gözlenen ihtiyacın artmasıyla dünya çapında genişlemeye devam ederken, sürdürülebilirlik ve çevresel etkilerin azaltılması da önemini artıran hususlar arasındadır. Bu anlamda inşaat sektöründe kullanılan malzemelerin üretimi ile tüketimi adımlarında çevreye duyarlı adımlar atarak kaynakları etkili bir şekilde kullanmak büyük bir sorumluluk gerektirmektedir. Özellikle beton üretiminde, yüksek enerji tüketimini beraberinde getirirken doğal kaynakların kullanımında çevreye verilen etkileri en aza indirmek için sürdürülebilir malzeme arayışları hız kazanmıştır [1]. Son yıllarda, atık yönetimi ve geri dönüşüm stratejileri inşaat malzemelerinin sürdürülebilirliğinde önemli rol oynamaktadır. Taş ocaklarından elde edilen atık malzemelerin yeniden kullanımı, çevre dostu beton üretiminin sağanmasında önemli bir adımdır. Türkiye'nin Bayburt yöresinde bulunan volkanik tüfler ile zeytinalı taşı gibi doğal taş malzemelerinin değerlendirilmesi aşamasında önemli miktarda atık oluşmaktadır [2]. Bu atıkların inşaat sektöründe hafif beton üretimi için sürdürülebilir çözümler arasında değerlendirilmektedir. Özellikle bölgede çıkartılan atık doğal taşların değerlendirilmesi, hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlayarak atık yönetiminde önemli bir etkisi olabilmekte

ve betonun performansına katkı sağlayabilecek malzemeler olarak öne çıkmaktadır [3]. Düşük yoğunluğa sahip hafif beton, binaların yükünü azaltarak yapısal performansı artırmanın yanında enerji verimliliği de sağlamaktadır. Volkanik tüf gibi atık malzemelerin bu tür betonlarda kullanımı, yapıların enerji tasarrufunu sağlamanın yanında çevreye duyarlı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bayburt yöresinde taş ocakların işlenmesinde uygulanan teknik ve kullanılan malzemeler nedeniyle volkanik tüf atıkları yüksek miktarda atık olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yörede çıkartılan volkanik tüf, yapısı gereği hafif ve dayanıklı olmasının yanında yüksek sıcaklık dayanıklılığı ile inşaat sektöründe avantaj sağlamaktadır. Zeytinalı taşı atıkları ise atık yönetiminde inşaat sektöründe önemli katkı sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Bayburt yöresinden elde edilen volkanik tüf ve zeytinalı taş atıklarından üretilen hafif betonun yüksek sıcaklık karşısında ki etkilerini incelemektir. Çalışmada, bu atık malzemelerin betonun hem termal hem de mekanik özelliklerine nasıl etki ettiği araştırılacak, bu sayede sürdürülebilir yapı malzemeleri geliştirme çalışmalarına ışık tutulacaktır. Türkiye’de taş ocaklarından çıkartılan atık malzemelerin bu şekilde değerlendirilmesi, hem ekonomik anlamda fayda sağlayacak hem de çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılarda bulunacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan Malzemeler

Çalışmada kullanılan ana malzemeler, Türkiye’nin Bayburt bölgesinden elde edilen volkanik tüf grubuna giren Bayburt taşı ve zeytinalı taşıdır. Bayburt taşı, düşük yoğunluğu, gözenekli yapısı ile hafif beton üretimi için uygun bir malzemedir (Şekil 1.)



Şekil 1. Atık haldeki ve istenen boyutlara getirilmiş Bayburt taşı

Diğer yandan zeytinalı taşı ise yakın dönemde keşfedilmiş, ince ve kaba agrega olarak kullanılabilen, estetik ve mekanik özellikleriyle dikkat çeken bir doğal taştır (Şekil 2.).



Şekil 2. Atık haldeki ve istenen boyutlara getirilmiş Zeytindalı taşı

Bayburt taşı, düşük yoğunluk ($1.5-1.8 \text{ g/cm}^3$), yüksek gözeneklilik (%30-%40) ve su emme kapasitesi (%20-%25) ile dikkat çeker. Basınç dayanımı 4-7 MPa arasındadır. Zeytindalı taşı ise, yoğunluğu $2.6-2.8 \text{ g/cm}^3$ olup, düşük su emme kapasitesi (%0.3-%0.7) ve 80-100 MPa arasında değişen basınç dayanımı ile öne çıkar [4].

Bu çalışmada kullanılan Bayburt taşı ve zeytindalı taşı, taş ocaklarından atık olarak temin edilmiş ve laboratuvarda istenen ebatlara getirilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

2.2. Beton Karışımı ve Numune Hazırlığı

Beton karışımında bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Çalışmada, Zeytindalı taşının atıklarının beton karışımlarına etkisi incelenmiştir. Sabit su/çimento oranı (0.40) ve 300 kg/m^3 çimento ile hazırlanan karışımlarda, Bayburt taşı atıklarından oluşan agregaya kısmen Zeytindalı taşı ile değiştirilmiştir.

İnce agregada Zeytindalı taşının tozu %15, %30 ve %45 oranlarında, kaba agregada ise yine %15, %30 ve %45 oranlarında kullanılarak iki ayrı grup oluşturulmuştur. Numuneler, birim hacim ağırlığı, ultrasonik geçiş hızı ve basınç dayanımı testlerine tabi tutulmuştur.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada sunulan Tablo 1’de, yalnızca %15 Zeytindalı taşı kullanılarak hazırlanan numunelerin sonuçlarını ve referans beton karışımının sonuçlarını içermektedir. Referans numunesi, Zeytindalı taşı içermeyen sadece Bayburt taşı atıklarının agregaya olarak kullanıldığı beton karışımını temsil etmektedir. Karışımların birim hacim ağırlığı, ultrasonik geçiş hızı ve basınç dayanımı gibi temel mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. %15 Zeytindalı Taşı Kullanılan ve Referans Beton Karışımlarının Sonuçları

Numune Kodu	İnce Agregaya (Bayburt Taşı) (%)	İnce Agregaya (Zeytindalı Taşı) (%)	Kaba Agregaya (Bayburt Taşı) (%)	Kaba Agregaya (Zeytindalı Taşı) (%)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)	Ultrasonik Geçiş Hızı (km/s)	Basınç Dayanımı (MPa)
Referans	70	0	30	0	1740	4,75	17,3
N1	55	15	30	0	1820	5,00	18,1
N4	70	0	15	15	1790	5,15	19,2

Tablodan da görüldüğü gibi, %15 Zeytindalı taşı kullanımı, beton karışımının mekanik özelliklerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Basınç dayanımı açısından, literatürde de belirtildiği gibi, mermer tozu kullanımı, özellikle %15 oranında, betonun dayanımında %4-8

oranında bir artışa yol açmıştır. Bu da Zeytindalı taşı kullanılarak hazırlanan numunelerin basınç dayanımının artışına neden olmuştur. Bu artışın betonun iç yapısındaki boşlukların zeytindalı taşı tozu ile doldurulması ve daha yoğun bir matris oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, ultrasonik geçiş hızı açısından da %15 Zeytindalı mermeri içeren numunelerde %6-8 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Bu da betonun daha homojen ve sıkı bir yapı kazandığını göstermektedir.

Bu oranla hazırlanan numunelerin basınç dayanımı ve ultrasonik geçiş hızı, referans numunesi ile karşılaştırıldığında farklılık göstermektedir. Ancak, diğer Zeytindalı taşı oranları (%30 ve %45) ile elde edilen sonuçlar ve daha detaylı analizler, gelecekteki yayınlarda paylaşılacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışma, Bayburt taşı ve zeytindalı taşının hafif beton karışımlarında ince ve kaba agrega olarak farklı oranlarda kullanılmasıyla betonun mekanik özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Yapılan deneylerde numunelere eklenen zeytindalı taşının referans numuneye göre belirgin avantajlar sunduğu gözlemlenmiştir. Zeytindalı taşı tozunun betonun iç yapısındaki boşlukları doldurması ve daha yoğun bir bağlanma sağlaması, basınç dayanımında %4-8 oranında bir artışa ve ultrasonik geçiş hızında %68'lik bir artışa neden olmuştur.

Sonuç olarak, Zeytindalı taşı ve Bayburt taşı atıklarının beton karışımlarında kullanımı, betonun dayanım ve homojenlik özelliklerini iyileştirerek inşaat sektöründe kullanılabilirliğini artırabileceği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular ise, ilerleyen çalışmalar için bir temel oluşturmaktadır.

Kaynakça

- [1] S. Çimen, H. Çağlar, A. Çağlar, and Ö. Can, "Effect of Boron Wastes on the Engineering Properties of Perlite Based Brick," *Türk Doğa ve Fen Derg.*, vol. 9, no. 2, pp. 50–56, Dec. 2020, doi: 10.46810/TDFD.731005.
- [2] F. Yılmaz, "Tüfit Taşların Zemin Stabilizasyonunda Kireçle Birlikte Kullanılabilirliğinin Standart Deneyler ve Bilgisayarlı Tomografi Tekniği İle Araştırılması," *Fen Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi*, no. 1, pp. 1–27, 2015.
- [3] M. O. Kale, H. Çağlar, A. Çağlar, A. C. Apay, and S. Çimen, "Improving of Lightweight Concrete Properties Produced with Pumice Aggregate of Nevşehir Region with Fly Ash Substitution," *Akad. Platf. Mühendislik ve Fen Bilim. Derg.*, vol. 9, no. 2, pp. 302–308, May 2021, doi: 10.21541/APJES.732592.
- [4] M. Ergün and B. Tayfur, "Evaluation of the seismic performance pre- and post-restoration of a masonry clock tower's FE model updated via experimental and optimization methods," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 158, p. 107986, Apr. 2024, doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2024.107986.

Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) Potansiyelinin Araştırılması Research on the Potential of Sustainable Aviation Fuel (SAF)

*Betül GÖNCÜ,

*Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Anahtar kelimeler: Biyoyakıtlar, sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF), çevresel etki.

Özet

Enerji, günümüzde insan yaşamı için temel ihtiyaçlardan birisi haline almıştır. Petrolden üretilen fosil yakıtların sürdürülebilir olmaması ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin yanında sera gazı emisyonu gibi pek çok çevre kirliliğine yol açması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu sebepler fosil yakıtlara alternatif, sürdürülebilir, yenilenebilir ve çevreye daha az kirlenici etkisi olan alternatif yakıtların aranmasına yol açmıştır. Biyoyakıtlar, küresel enerji talebini karşılamak için alternatiflerden biri olabilir. Biyoyakıtlar, genellikle tarım ürünlerinin veya atıklarının biyolojik dönüşümleriyle elde edilen alternatif yakıtlardır. Havacılıkta petrolden üretilen ve geleneksel jet yakıtı olarak isimlendirilen kerosen kullanılmaktadır. Tamamen fosil yakıt kullanımına dayalı bu sektörde de petrole bağımlılığı azaltmak için araştırmalar yapılmaktadır. Sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF), biyokerosen olarak da ifade edilen bir biyoyakıt türüdür. Bu biyoyakıtlar genel olarak bitkisel yağ tabanlıdır. Havacılık sektörünün sebep olduğu karbon salınımını azaltmak adına Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından yürürlüğe konulan CORSIA programının ana hedeflerinden biri havayollarının sürdürülebilir alternatif yakıtlara yönelmesidir. Buna yönelik farklı ülkelerde havacılık sektöründe biyoyakıt kullanımını zorunlu kılan düzenlemeler yürürlüğe alınmıştır. Havacılık sektöründe mevcut olan bütün araçlarda alternatif yakıtların direkt veya belli oranda mevcut yakıtla karıştırılarak kullanımı hem çevresel hem de ekonomik açıdan olumlu etki oluşturacaktır. Ülkemizde de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı Talimatında sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF) kullanım zorunluluğu tüm uçak işleticileri için uluslararası Türkiye kalkışlı uçuşlarda 2025 ve 2026 yıllarında %1, 2027 yılında %2, 2028 yılında %3, 2029 yılında %4 ve 2030 yılında %5 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, sürdürülebilir havacılık yakıtının (SAF) diğer geleneksel yakıtlara göre çevresel faydaları, hangi hammaddelerden elde edildiği, kullanım oranları, üretimi ve kullanımına yönelik devletler tarafından yapılan teşviklerin mevcudiyeti araştırılacaktır.

Key words: Biofuels, sustainable aviation fuels(SAF), environmental impact

Abstract

Energy is an indispensable need in human life. Fossil fuels produced from petroleum have disadvantages such as not being sustainable and causing many environmental pollutions such as greenhouse gas emissions in addition to their negative effects on human health. For these reasons, a search for alternative fuels that are sustainable, renewable and have less polluting effects on the environment has emerged. Biofuels can be one of the alternatives to meet the global energy demand. Biofuels are generally alternative fuels obtained by biological conversion of agricultural products or its waste. Kerosene, which is produced from petroleum and called traditional jet fuel, is used in aviation. Research is also being conducted to reduce petroleum dependency in this sector, which is completely based on fossil fuel use. Sustainable aviation fuel (SAF) is a type of biofuel also referred to as biokerosene. These biofuels are

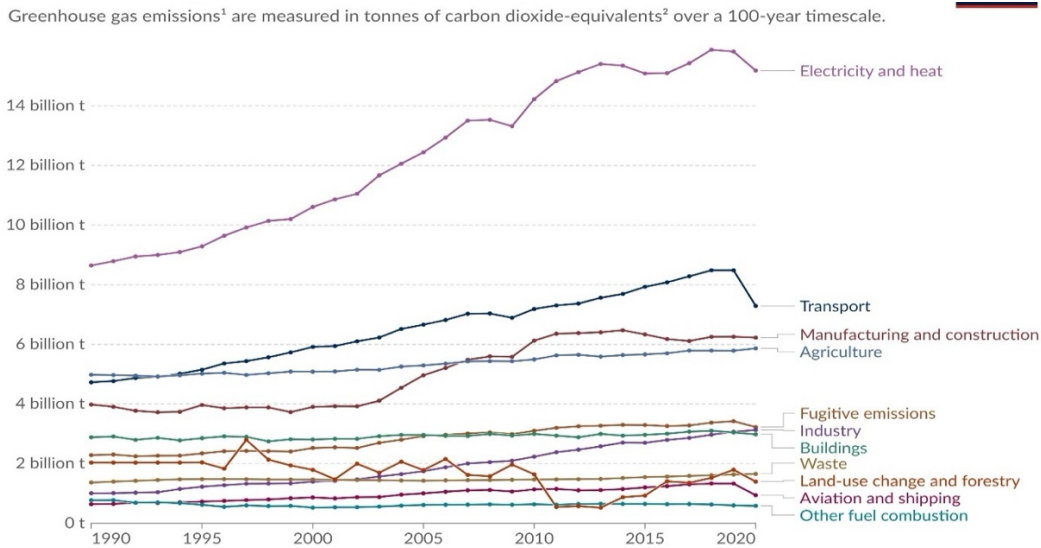
generally based on vegetable oil One of the main goals of the CORSIA program, which was put into effect to reduce emissions caused by the aviation sector, is to direct airlines to sustainable alternative fuels. To this end, regulations have been put into effect in different countries that make the use of biofuels mandatory in the aviation sector. The use of alternative fuels directly or by mixing them with existing fuel at a certain rate in all vehicles in the aviation sector will have a positive impact both environmentally and economically. In our country, the obligation to use sustainable aviation fuels (SAF) for all aircraft operators in international flights departing from Turkey was determined as 1% in 2025 and 2026, 2% in 2027, 3% in 2028, 4% in 2029 and 5% in 2030.

In this study, the environmental benefits of sustainable aviation fuel (SAF) compared to other traditional fuels, the raw materials it is obtained from, usage rates, and the existence of incentives provided by states for its production and usage will be investigated.

1.Giriş

Sürdürülebilirlik terimi ilk defa 1972 yılındaki Birleşmiş Milletler Konferansında kullanılmıştır [1]. Sürdürülebilir havacılık, havacılık endüstrisinde iklim etkisini azaltmak için alternatif yakıtların ve teknolojilerin kullanımını ifade eder [2]. Havacılık yakıtı geleneksel olarak ham petrolden üretilen kerosenden tedarik edilir [3]. Jet keroseni, tipik olarak 150°C ile 300°C arasındaki kaynama noktası aralığındaki ham petrolden damıtılır ve C₈ ila C₁₆ hidrokarbon molekülleri içerir [4]. Son araştırmalar, küresel havacılık endüstrisinin yılda 100 milyar galondan fazla öncelikle fosil bazlı jet yakıtı tükettiğini gösteriyor. Jet yakıtı talebinin 2050'ye kadar iki katına, 2070'e kadar üç katına çıkması öngörülüyor [5]. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), nüfus artışı, daha iyi yaşam standartları ve gelecekte hava yolculuğunun daha düşük maliyeti beklentisine dayanarak, 2016'dan (3,8 milyar) 2037'ye (8,2 milyar) kadar 20 yıl içinde küresel yolcu sayısında %100'ün üzerinde bir büyüme ve yıllık %3,5'lik bir büyüme oranı öngörmüştür [6].

Havacılık sektörünün büyümesi ekonomik kalkınmayı teşvik etmiş ancak aynı zamanda sera gazı emisyonları olmak üzere çevre üzerinde olumsuz etkilere de yol açmıştır [7]. Havacılık endüstrisinin küresel iklim üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etkisi vardır [8]. Doğrudan etki, karbondioksit, kükürtdioksit ve nitrojen oksit gibi jet yakıtının yanmasıyla oluşan emisyonları ifade ederken, dolaylı etki havacılık emisyonlarından ve ozon, metan ve stratosferik su buharında değişikliklere neden olan sirüs bulutlarından kaynaklanır ve küresel ısınmaya yol açar [9].



Figür 1. Dünyada sektörlere göre sera gazı emisyonu [10]

Araştırmalar, CO₂, N₂O ve CH₄'ün sırasıyla tüm sera gazlarının küresel ısınma potansiyelinin %64'ünü, %17'sini ve %6'sını oluşturan en önemli üç sera gazı olduğunu göstermiştir [11]. 2018 yılında, küresel havacılık endüstrisinin doğrudan sorumluluğundaki CO₂ emisyonları, yılda 1 milyar metrik tonu aşarak tarihsel bir zirveye ulaşmıştır [12]. Küresel havacılık sera gazı emisyonlarının %1,9'unun, CO₂ emisyonlarının %2,5'ini oluşturmaktadır [13]. CO₂ konsantrasyonundaki artış, küresel yüzey sıcaklık değişiklikleriyle güçlü bir ilişki içindedir ve antropojenik faaliyetlerin küresel iklim değişiklikleriyle bağlantılı olduğu vurgulanmaktadır [14]. Havacılık emisyonlarının 2050 yılına kadar yaklaşık 0,1°C'lik ısı artışına yol açacağı düşünülmektedir [15].

Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF), "biyojet yakıtı" veya biyokerosen olarak da adlandırılan biyolojik (organik) kaynaklardan üretilen jet yakıtını ifade eder [16]. Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF), çevresel faydaları ve potansiyel uygulamaları nedeniyle fosil bazlı jet yakıtlarına umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır [17]. SAF, palmye yağı, kullanılmış yemeklik yağ, şeker ve nişasta, enerji bitkileri, katı belediye atıkları ve tarımsal kalıntılar dahil olmak üzere çeşitli hammaddelerden üretilir [18]. Geleneksel jet yakıtlarıyla karşılaştırıldığında, SAF yanmasının PM_{2.5} emisyonlarını %30 ve CO₂ ve CH₄ emisyonlarını %50-90 azaltabileceği öngörülmüştür, bunun yanı sıra NO_x ve SO₂ üretmez. Emisyon azaltım miktarı hammadde türüne göre değişebilir [19].

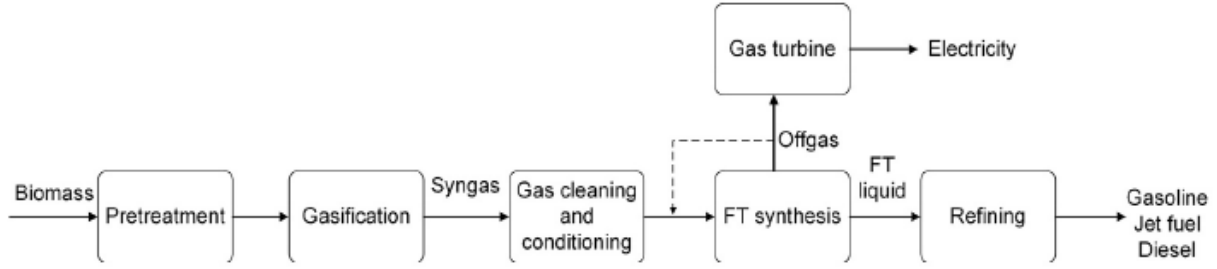
Avrupa Havacılık Çevre Raporu 2019'a göre, SAF üretiminde lignoselülozik biyokütle hammaddesi ve kullanılmış yemeklik yağ kullanılması, fosil bazlı havacılık yakıtına kıyasla %80'den fazla en yüksek doğrudan sera gazı emisyonu azaltılması sağlar [20]. Havacılık endüstrisi, Sürdürülebilir Havacılık Yakıt Kullanıcı Grubu'nun 2008'de kurulması ve ilk biyoyakıt test uçuşunun gerçekleştirilmesiyle SAF kullanımına dikkat çekmektedir [21]. O zamandan beri, birçok askeri ve ticari kuruluş SAF kullanarak test uçuşları gerçekleştirdi [22]. Bazı deneme uçuşlarında %50'ye kadar biyoyakıt karışımı biyojet yakıtı kullanılmıştır ve atık yemeklik yağ biyojet yakıt üretiminde en yaygın kullanılan hammaddedir [23]. SAF kullanan uçuş sayısı 2019'da 250.000'i aştı ve 2021'de 450.000'e çıktı [24]. Aralık 2021'de United Airlines, motorlarından birinde %100 SAF kullanarak başarılı bir gösteri uçuşu gerçekleştirmiştir [25]. Uçuşlarda kullanılan SAF miktarı 2021 itibarıyla tüketilen toplam havacılık yakıtı miktarının hala %0,1'inden azdır, bunun başlıca nedeni yüksek üretim maliyeti ve yetersiz SAF tedarikidir [26]. SAF büyük ölçekli dağıtımını teşvik etmenin önündeki temel engeller, geleneksel havacılık yakıtıyla karşılanabilirlik ve rekabet gücüdür. Biyojet yakıtı, geleneksel kerosen jet yakıtından 2-8 kat daha pahalı olabilir [27].

2. Biyojet Yakıt Üretim Metodları

Önümüzdeki yıllarda SAF, mevcut uçak motorları ve havaalanı altyapılarıyla uyumlu olan yakıtlarla temsil edilecektir, herhangi bir mekanik değişikliğe gerek yoktur [28].

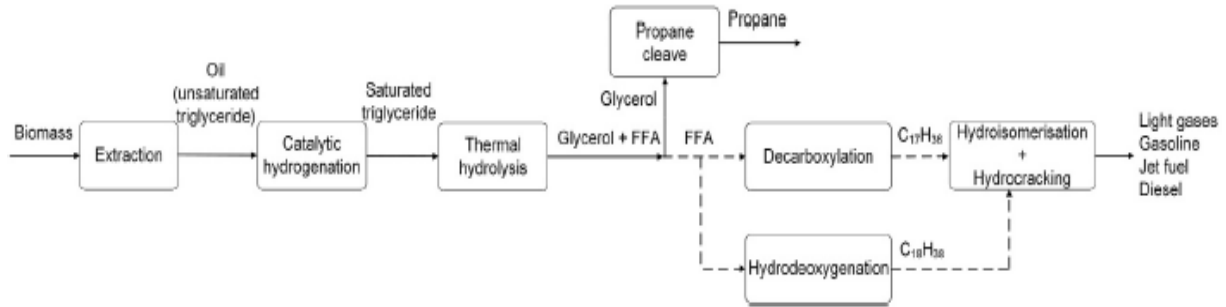
2.1. Fischer-Tropsch (FT) sentezi

Fischer-Tropsch (FT) sentezi, sentetik yakıt üretmek için gazlaştırma, piroliz ve sıvılaştırma gibi çeşitli biyokütle dönüştürme süreçleriyle ifade edilebilir [29]. Gazlaştırma, biyokütle gibi karbonlu malzemeleri yüksek sıcaklıkta sentez gazına dönüştürür. Biyokütlenin gazlaştırılmasının FT sentezi ve rafinasyonu ile bütünleştirilmesi, daha temiz ve yüksek kaliteli jet yakıtının üretilmesini sağlar. Tipik olarak, 5-6 ton biyokütle 1 ton FT sıvı yakıtı verebilir [30]. FT sıvısının belirgin avantajlarından biri, tamamen kükürten arındırılmış olması ve benzin ve dizel ile karşılaştırıldığında minimum miktarda aromatik içermesidir, bu da daha az çevre kirliliğine neden olur [31].



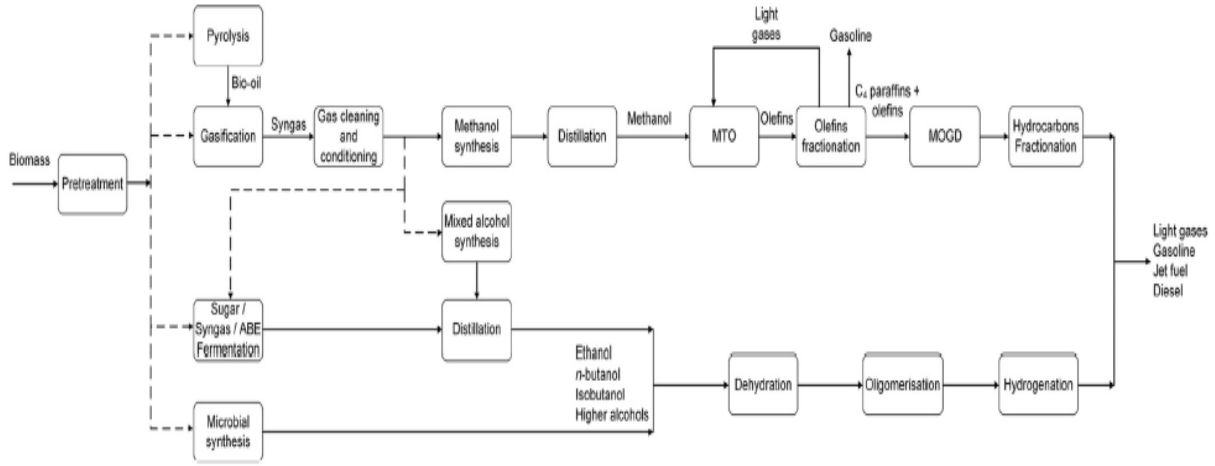
2.2. Hidrojenle işlenmiş esterler ve yağ asitleri (HEFA)

Hidrojenle işlenmiş esterler ve yağ asitleri (HEFA) işlemi, jet yakıtı elde etmek için bitkisel yağlar, hayvansal yağlar, atık yemeklik yağ, piroliz yağı ve ayrıca yosun yağı kullanır. Tipik olarak, 1 ton HEFA yakıtı üretmek için 1,2 ton bitkisel yağ gerekecektir [32]. İşlem, biyokütleden yağ çıkarmakla başlar. Çıkarılan yağ, doymamış yağ asitleri içerir ve katalitik hidrojenasyon reaksiyonu yoluyla çift bağı çıkarmak için doyurulması gerekir ve doymuş trigliseritler oluşturur [33]. Trigliserit, termal hidroliz reaksiyonları yoluyla 1 gliserol molekülüne ve 3 serbest yağ asidi molekülüne parçalanabilir ve gliserol, hidrojen eklenerek daha fazla propana dönüştürülür. Serbest yağ asitleri (FFA) ise izomerizasyon (moleküllerin yeniden düzenlenmesi) ve hidrokraking (moleküllerin karbon zincirinin uzunluğunu azaltma) reaksiyonlarını içerir [34]. HEFA, ticari olarak en çok geliştirilen SAF'tır [35].



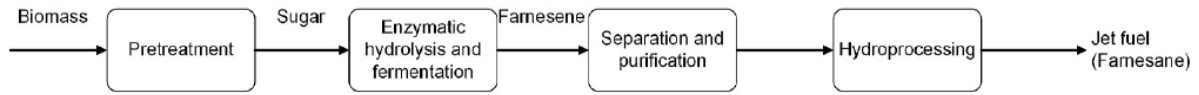
2.3. Alkol-Jet (ATJ)

Alkol-Jet (ATJ) işlemi, daha kısa zincirli alkolün (örn. metanol, etanol, bütanol) daha uzun zincirli hidrokarbona dönüştürülmesini içerir. Alkol, gazlaştırma ve piroliz gibi termokimyasal veya fermantasyon gibi biyokimyasal yollarla biyokütleden üretilebilir [36;37]. Metanol katalizör kullanarak akışkan yatak reaktörüne gönderilir ve üretilen ürünler metan, parafinler, olefinler ve benzindir. Bu ürünler, hafif gazlar, benzin ve olefinler elde etmek için olefin fraksiyonlama ünitesinde fraksiyonlanır. Hafif gazlar, ürün verimini artırmak için geri dönüştürülür. Benzin, fraksiyonlama kolonundan tek ürün olarak ayrılır. Olefinler, katalizör varlığında sabit yataklı bir reaktörde daha fazla işlenir [38]. Alkollerden jet yakıtına dönüşüm ayrıca dehidratasyon, oligomerizasyon ve hidrojenasyon yoluyla da gerçekleştirilebilir. Alkoller önce basınçta ve 288–343°C sıcaklıkta alkenler oluşturmak için dehidratlanır. Bir sonraki adım, oligomerizasyon işlemidir. Son adım olan hidrojenasyon, hidrojen ve katalizörle olefinlerin doyurulması işlemidir [39,40].



2.4. Fermente şekerlerin hidrojenle işlenmesi (HFS)

Biyokütlenin şekerleri ligninden ayırmak için bir ön işlem uygulanır. Ardından kompleks şekerler enzimatik hidroliz ve fermantasyon yoluyla farnesene dönüştürülür. Farnesenin katı-sıvı ayrımı ve geri kazanımının sonrasında farnesenin hidrojenle işlenmesi uygulaması yapılır. Elde edilen bu yakıt, geleneksel jet yakıtıyla %10'a kadar karıştırılabilir ve 2014 yılında ASTM tarafından onaylanmıştır [41,42].



1. Dünyada SAF üretimi

Üretimini ölçekte teşvik etmek için tedarik zincirinin ve altyapının ölçeklendirilmesi ve %100 SAF benimsenmesine izin vermek için motor tasarımında teknolojik ilerlemeye ihtiyaç vardır [35]. Dünyada havacılık yakıtlarına SAF karışım zorunluluğunu getiren sadece iki ülke vardır, Endonezya ve Norveç [43].

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve Avrupa Birliği (AB) tarafından Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması (CORSA) programı başlatılmıştır. CORSA planının ana hedeflerinden biri havayollarının sürdürülebilir alternatif yakıtlara yönelmesidir [44]. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), uçaklarda %2'lik yakıt verimliliği iyileştirmesi ve ardından 2020'den sonra karbon nötr bir büyüme çağrısında bulunmuştur [45].

Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (ATAG) tarafından, 2009'dan 2020'ye kadar yılda %1,5 yakıt verimliliği iyileştirmesi, 2020'den itibaren karbon nötr büyüme ile CO₂ emisyonlarının dengelenmesi ve 2005 seviyesine göre 2050'ye kadar CO₂ emisyonlarında %50'lik bir azalma dahil olmak üzere bir dizi hedef kabul edilmiştir [46]. Amerika Birleşik Devletleri, SAF tüketiminin 2030 öncesinde yıllık 3 milyar galon olmasını amaçlamaktadır [47].

AB havacılık endüstrisinin geleceği AB ekonomik büyümesini teşvik etmek, küresel rekabet gücünü korumak, toplumsal ihtiyaçları karşılamak ve enerji ve çevresel zorlukları ele almak için "Flightpath 2050 – Avrupa'nın havacılık vizyonu" raporunda tasarlanmıştır [48]. 2019'da tanıtılan Avrupa Yeşil Mutabakatı, ulaştırma sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine kıyasla 2050 yılına kadar %90 oranında azaltma hedefini belirlemiştir [49]. Bu hedef, AB'de SAF üretimini, tedarikini ve dağıtımını hızlandırmayı amaçlayan ReFuelEU girişimi aracılığıyla mevzuata dönüştürülecektir [50]. Ayrıca AB'de, SAF üretimi Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED) aracılığıyla teşvik edilmiştir [51]. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Planı (AB ETS),

Yenilenebilir Enerji Direktifinde (RED) tanımlanan sürdürülebilirlik ve sera gazı emisyon kriterlerine uyan SAF kullanan uçaklara finansal teşvikler sağlar [52].

Türkiye, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütünde (ICAO) kurucu üye konumundadır. Ayrıca ülkemiz 1945 yılında, “Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşması Chicago Sözleşmesi”ne taraf olmuş ve 1955 yılında Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği’ne (IATA) üye olmuştur [53]. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı Talimatında (SHT-SAF) Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları Kullanım Zorunluluğu Madde 9da belirtildiği üzere “Tüm uçak işleticileri uluslararası Türkiye kalkışlı uçuşlarda; a) 2025 ve 2026 yılları için %1 b) 2027 yılı için %2 c) 2028 yılı için %3 ç) 2029 yılı için %4 d) 2030 yılı için %5 oranlarında jet yakıtına SAF karışımı kullanmak zorundadır” [54].

Kaynakça

- [1] McLellan, Mark, and GreenAscent Partner. "Sustainable aviation: What do you mean." *Towards sustainable aviation* (2013): 225-228.
- [2] Wolfgang, Grimme. (2023). The Introduction of Sustainable Aviation Fuels—A Discussion of Challenges, Options and Alternatives. Aerospace, doi: 10.3390/aerospace10030218
- [3] U.S. Energy Information Administration. Jet fuel Consumption, World, Annual (thousand barrels per day). <https://www.eia.gov/opendata/qb.php?category=2135044&sdid=INTL.63-2-WORL-TBPD.A>.
- [4] Chevron, 2007. Alternative jet fuels. <https://www.chevron.com/-/media/chevron/operations/documents/chevron-alternative-jet-fuels.pdf>.
- [5] Grim, R.G., Ravikumar, D., Tan, E.C.D., et al., 2022. Electrifying the production of sustainable aviation fuel: the risks, economics, and environmental benefits of emerging pathways including CO₂. *Energy Environ. Sci.* 15 (11), 4798–4812.
- [6] International Air Transport Association (IATA), 2018. IATA forecast predicts 8.2 billion air travelers in 2037. <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2018-10-24-02/>.
- [7] Amanatidis, G.T., Angeletti, G., 1998. European scientific assessment of the atmospheric effects of aircraft emissions. *Atmos. Environ.* 32 (13), 2327, 2327.
- [8] Ivanovich, C.C., Ocko, I.B., Piris-Cabezas, P., et al., 2019. Climate benefits of proposed carbon dioxide mitigation strategies for international shipping and aviation. *Atmos. Chem. Phys.* 19 (23), 14949–14965.
- [9] Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C., Lim, L. L., ... & Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric environment*, 43(22-23), 3520-3537.
- [10] Climate Watch, 2023. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions#all-charts>.
- [11] Lashof, D.A., Ahuja, D.R., 1990. Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature* 344, 529–531.
- [12] IATA. Economic performance of the airline industry, in: 2018 End-Year Report.
- [13] Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., ... & Wilcox, L. J. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric environment*, 244, 117834.
- [14] Stips, A., Macias, D., Coughlan, C., Garcia-Gorriz, E., & Liang, X.S. (2016). On the causal structure between CO₂ and global temperature. *Sci. Rep.*, 6(1), 1–9.
- [15] Kloewer, M., Allen, M.R., Lee, D.S., et al., 2021. Quantifying aviation’s contribution to global warming. *Environ. Res. Lett.* 16 (10), 104027.
- [16] Gutiérrez-Antonio, C., Gómez-Castro, F. I., de Lira-Flores, J. A., & Hernández, S. (2017). A review on the production processes of renewable jet fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 709-729.

- [17] Barke, A., Bley, T., Thies, C., et al., 2022. Are sustainable aviation fuels a viable option for decarbonizing air transport in Europe? An environmental and economic sustainability assessment. *Appl. Sci.* 12 (2), 597.
- [18] Ahmad, S., Xu, B., 2021. Cognitive mapping approach to analyse stakeholders' perspectives on sustainable aviation fuels. *Transport. Res. Part D* 100, 103076.
- [19] Bhatt, A.H., Zhang, Y.M., Milbrandt, A., et al., 2023. Evaluation of performance variables to accelerate the deployment of sustainable aviation fuels at a regional scale. *Energy Convers. Manag.* 275, 116441.
- [20] European Union Aviation Safety Agency (EASA), Eurocontrol. European aviation environmental report 2019. <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-aviation-environmental-report.pdf>.
- [21] Kuhn, M., 2009. Bring on biofuels. *Flight Int.* 175, 30–32.
- [22] Chemical Weekly group. Honeywell's renewable fuel powers first commercial biofuel flight in Colombia. *Chem. Wkly.* 59 (12), 174.
- [23] International Air Transport Association (IATA). IATA sustainable aviation fuel roadmap. <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/safr-1-2015.pdf>.
- [24] International Energy Agency. Aviation, Paris. [https://www.iea.org/reports/aviation\(2022\)](https://www.iea.org/reports/aviation(2022)).
- [25] Geaerospace. <https://www.geaerospace.com/news/articles/product-sustainability-technology/united-fly-worlds-first-passenger-flight-100-sustainable>, 2021.
- [26] Santos, K., Delina, L., 2021. Soaring sustainably: promoting the uptake of sustainable aviation fuels during and post-pandemic. *Energy Res. Social Sci.* 77, 102074.
- [27] Pavlenko, N., Searle, S., Christensen, A., 2019. The International Council on Clean Transportation (ICCT). The cost of supporting alternative jet fuels in the European Union. https://theicct.org/sites/default/files/publications/Alternative_jet_fuels_cost_EU_20190320.
- [28] European Union Aviation Safety Agency (EASA), Eurocontrol. European aviation environmental report 2019. <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-aviation-environmental-report.pdf>.
- [29] Ail SS, Dasappa S. Biomass to liquid transportation fuel via Fischer-Tropsch synthesis – technology review and current scenario. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;58:267–86.
- [30] International Air Transport Association (IATA). IATA sustainable aviation fuel roadmap. <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/safr-1-2015.pdf>.
- [31] Tijmensen MJA, Faaij APC, Hamelinck CN, van Hardeveld MRM. Exploration of the possibilities for production of Fischer-Tropsch liquids and power via biomass gasification. *Biomass Bioenergy* 2002;23(2):129–52.
- [32] International Air Transport Association (IATA). IATA sustainable aviation fuel roadmap. <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/safr-1-2015.pdf>.
- [33] Munoz C, Gerpen JV, He B. National Institute for Advanced Transportation Technology, University of Idaho. Production of renewable diesel fuel final report KLK766 N12-08. http://ntl.bts.gov/lib/46000/46200/46277/KLK766_N12-08.Pdf.
- [34] Alenezi R, Baig M, Wang J, Santos R, Leeke GA. Continuous flow hydrolysis of sunflower oil for biodiesel. *Energy Sources, Part A Recovery, Util Environ Eff* 2010;32(5):460–8.
- [35] Berger Roland. Sustainable aviation fuels: the best solution to large sustainable aircraft?. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_sustainable_aviation_fuels.pdf.
- [36] Ng KS, Sadhukhan J. Process integration and economic analysis of bio-oil platform for the production of methanol and combined heat and power. *Biomass Bioenergy* 2011;35(3):1153–69.

- [37] Martinez Hernandez E, Ng KS. Design of biorefinery systems for conversion of corn stover into biofuels using a biorefinery engineering framework. *Clean Technol Envir* 2018;20(7):1501–14.
- [38] Baliban RC, Elia JA, Floudas CA, Xiao X, Zhang Z, Li J, Cao H, Ma J, Qiao Y, Hu X. Thermochemical conversion of duckweed biomass to gasoline, diesel, and jet fuel: process synthesis and global optimization. *Ind Eng Chem Res* 2013;52(33): 11436–50.
- [39] Kolodziej R, Scheib J. Bio-isobutanol: the next-generation biofuel. *Hydrocarb Process* 2012;79–85.
- [40] Harvey BG, Quintana RL. Synthesis of renewable jet and diesel fuels from 2-ethyl- 1-hexene. *Energy Environ Sci* 2010;3(3):352–7.
- [41] Jim´enez-Díaz L, Caballero A, P´erez-Hern´andez N, Segura A. Microbial alkane production for jet fuel industry: motivation, state of the art and perspectives. *Microbial biotechnology* 2017;10(1):103–24.
- [42] Ubersax JA, Platt DM. Genetically modified microbes producing isoprenoids. 2010. US20100311065A1.
- [43] Sustainable Aviation. Sustainable fuels UK roadmap. https://www.sustainableaviation.co.uk/wp-content/uploads/2020/02/SustainableAviation_FuelReport_20200231.pdf.
- [44] ICAO. “Seventh AFI Directors-General of Civil Aviation (DGCA/7). Monitoring, Reporting and Verification (MRV) provisions.” ICAO, Montreal. 2018.
- [45] International Civil Aviation Organization (ICAO). Environmental report. 2019. 2019, <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/envrep2019.aspx>.
- [46] Air Transport Action Group (ATAG). Aviation: benefits beyond borders. <https://www.atag.org/our-publications/latest-publications.html>.
- [47] Federal Aviation Administration (FAA). (2023). Working to Build a Net-Zero Sustainable Aviation System by 2050. <https://www.faa.gov/sustainability>.
- [48] European Commission. Flightpath 2050- Europe’s vision for aviation: report of the high-level group on aviation research. <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/doc/flightpath2050.pdf>.
- [49] European Commission. The European green deal, COM(2019) 640 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>.
- [50] European Commission. ReFuelEU aviation - sustainable aviation fuels, Ref. Ares (2020)1725215. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/PIN/?uri=pi_com%3AAres%282020%291725215.
- [51] European Commission. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/ 77/EC and 2003/30/EC. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>.
- [52] European Commission. Directive 2008/101/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0101>.
- [53] Yılmaz F., 2020. “Türkiye’de Sivil Havacılık Sektörünün Tarihsel Gelişimi ve 2003-2018 Yılları Arasında Sektörün Değerlendirilmesi”, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 7/1: 113-129.
- [54] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/2022/SHT-SAF.pdf>

Cyber Security of Critical Infrastructures for Sustainability

*Sema ALTINSOY

*Turkish Informatics Association, Council of European Professional Informatics Societies, Türkiye

The definition of sustainable development by the United Nations in 1987 is "the continuation of activities carried out to meet the needs of today's generations in order to ensure the sustainability of the environment, including other living and non-living beings and physical events, for the continuity of the existence of the human generation, without compromising the ability of future generations to meet their own needs." It was made in the form of. In this study, environmental sustainability, which focuses on the quality and quantity of the natural environment that provides the necessary support for the continued existence of living and non-living creatures, is prioritized. In the period we live in, in parallel with the developments in information technologies and cyber security, critical infrastructure systems, which can cause social chaos and loss of life and property when they fail to perform their functions or produce incorrect results, have also begun to be included in the cyber domain and have become affected by cyber security incidents. States, within the scope of their national security measures, Chemistry, Commercial Activities, Communications, Critical Production, Dams, Defense Industry, Emergency Services, Energy, Finance, Food and Agriculture, Public Institutions, Health, Information Technologies, Nuclear Reactors, Materials and Wastes, Transportation Systems. It defines different critical sectors such as Water and Wastewater Systems, Traffic Systems, Smart Cities. This study is based on the cyber security of critical infrastructures in the energy sector, dams, water and sewage sector, chemical sector and communication sector, where industrial control systems are used and which may be physically damaged and cause environmental problems after a cyber incident. General information was given about critical infrastructures that could cause damage to the physical environment and prevent environmental sustainability if exposed to a cyber security incident, and industrial control systems (ICS), which have become the basic components of critical infrastructures; In order to ensure environmental sustainability, the cyber security of these systems was emphasized and cyber security vulnerabilities and threats to critical infrastructure systems were discussed. In this context, examples of cyber security incidents that critical infrastructures have been exposed to since the 1980s are given and the problems that have occurred or are likely to occur are examined in terms of environmental sustainability. It has been concluded that in order to ensure environmental sustainability, the cyber security of the mentioned critical infrastructures should be taken into account and precautions should be taken.

Çocukların Bilime Olan İlgisinde Doğanın Yeri

*¹Merve Öngen, ²Ebru Ersay

*¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Okul Öncesi Öğretmenliği, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim, Türkiye

Doğa, çocuklara bilimsel bilginin somut örneklerini sunar ve sınırsız bir öğrenme alanı sağlar. Doğayla etkileşim halinde olmak; çocukların doğal meraklarını ve keşif duygularını destekler, onların bilime olan ilgilerini arttırmada önemli rol oynar. Diğer taraftan, çocukların doğaya duyarlılığını arttırır ve doğa bilincinin gelişmesini sağlar. Bu bağlamda doğaya ve bilime merakın, ilginin erken yaşta gelişmesi için; doğayla etkileşimi temel alan programlar etkili bir araç olarak görülmektedir. Bu noktadan hareketle araştırmanın amacı; okul öncesi çocukları için geliştirilen Doğa Temelli Eğitim Programı-Erken Yıllar (DOTEPE-E)'nin etkililiğini, çocukların bilime olan ilgisi açısından incelemektir. Araştırmanın yöntemi, nicel modelde yarı deneysel desen olarak tasarlanmıştır. Çalışma grubunu 2021-2022 Eğitim-Öğretim Yılı Bahar Dönemi'nde Kütahya İli Merkez İlçesi'nde farklı iki okuldan iki deney, iki kontrol grubu olmak üzere 60-72 aylık 60 çocuk oluşturmaktadır. Deney gruplarında toplam 31, kontrol gruplarında ise toplam 29 çocuk yer almıştır. DOTEPE-E, deney grubuna 8 hafta boyunca 3'er günden yarım gün olarak uygulanmıştır. Araştırma verileri "Kişisel Bilgi Formu" ve "Çocukların Bilime Yönelik Motivasyonları: Öğretmen Değerlendirme Ölçeği (ÇOBİM)" aracılığıyla toplanmıştır. Verilerin analizinde gruplar arası karşılaştırmalar için Kruskal-Wallis testi, gruplar içi değişimler için ise Wilcoxon İşaretli Sıralar testi kullanılmıştır. Araştırma bulgusu, doğada öğrenmeye yönelik çok önemli bir sonuca işaret etmektedir: DOTEPE-E programı aracılığıyla doğada uzun zaman geçiren çocukların, bilime ilgisinin arttığı ve bu ilginin kalıcı olduğu görülmüştür. Erken yıllarda başlayan doğaya ve bilime yönelik bu ilginin, ileriki kademelerde devam etmesinde doğa faktörünün etkisinin araştırılması önerilmektedir.

Optimizing Biochar Preparation in Pilot-scale for Eco-friendly Adsorption of Organic Compounds: an Application of Doehlert Designs

*¹Imad Rabichi, ²Kawtar Ezzahi, ¹Chaima Sekkouri, ¹Fatima Ezahra Yaacoubi, ¹Karima Ennaciri, ²Loubna El Fels, ²Mohamed Hafidi, ¹Abdelaziz Baçaoui, ¹Abdelrani Yaacoubi

*¹Laboratory of Applied Chemistry and Biomass (LCAB) (Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University), Morocco

²Laboratory of Microbial Biotechnologies Agrosociences and Environment (BioMAGE) (Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University), Morocco

Key words: Pilot-Scale, biochar production, optimisation, olive mill wastewater, TOC

Olive oil production holds a pivotal role in the agroindustry of numerous countries in the Mediterranean basin, contributing to nearly 90% of global production [1]. However, the by-products generated during the extraction process pose significant challenges. Particularly in Africa, where basic production units are prevalent, these units produce a semi-liquid by-product known as olive mill wastewater (OMWW). Unfortunately, the common practice involves disposing of OMWW into evaporation ponds, leading to extended storage times. Over time, the organic load in these liquid effluents undergoes sedimentation, resulting in the formation of large quantities of olive mill waste sludge (OMWS). OMWS represents the most resistant and hazardous pollutant from olive oil extraction processes [2]. This study aims to assess the efficacy of optimizing the conversion of OMSW into biochar through pyrolysis. Our goal is to produce a first-class biochar, adhering to the IBI Standard with a Cog exceeding 60% these optimized conditions to the pilot scale, aiming to generate a substantial quantity of high-quality biochar. Finally, we use this Biochar for the treatment of OMWW and the preparation of Activated carbon. In Morocco, the disposal of olive mill wastewater poses a significant environmental challenge. This study pioneers an innovative approach to address this issue by converting olive OMSW into high-quality biochar. The process employs Response Surface Methodology, focusing on three key parameters: residence time, temperature, and the rate of heating. A Doehlert design and the desirability function are utilized for multicriteria optimization to achieve optimal results. The produced biochar is designed as an adsorbent with the specific purpose of recovering or removing polyphenols from OMWW. The experimental adsorption process is accurately represented by the nonlinear Freundlich isotherm model, supported by a high correlation coefficient ($R^2 = 0.9909$). The maximum achieved polyphenol adsorption is 23.23 mg/g, resulting in the removal of 92.23% of polyphenols, along with 65.46% of Total Organic Carbon and 80.84% of Chemical Oxygen Demand.

References

- [1] I. Rabichi, F.E. Yaacoubi, C. Sekkouri, K. Ezzahi, K. Ennaciri, L.E. Fels, H. Mohamed, A. Baçaoui, A. Yaacoubi, Optimizing Biochar Preparation for Eco-friendly Adsorption of Polyphenols and Organic Compounds in Pilot-scale: an Application of Doehlert Designs, *Biomass Convers. Biorefinery* (2024). <https://doi.org/10.1007/s13399-024-06031-0>.
- [2] I. Rabichi, C. Sekkouri, F.E. Yaacoubi, K. Ennaciri, Z. Izghri, T. Bouzid, L. El Fels, A. Baçaoui, A. Yaacoubi, Experimental and Theoretical Investigation of Olive Mill Solid Waste Biochar for Vanillic Acid Adsorption Using DFT/B3LYP Analysis, *Water, Air, Soil Pollut.* 235 (2024) 369. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07183-5>.

Green Adsorption of Polyphenols from Olive Mill Wastewater Using Biochar Produced from Olive Mill Solid Waste

*^{1,2}Kawtar Ezzahi, ^{1,2}Imad Rabichi, ^{3,4}Nabil Rochdi, ²Rachid Idouhli, ¹Mohamed Hafidi, ²Abdelaziz Baçaoui, ²Abdelghani Yaacoubi, ¹Loubna El Fels

*¹Laboratory of Microbial Biotechnologies Agrosociences and Environment (BioMAGe), Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Morocco

²Laboratory of Applied Chemistry and Biomass (LCAB), Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Morocco

³Laboratory of Innovative Materials, Energy and Sustainable Development (IMED-Lab), Cadi Ayyad University, Morocco

⁴Department of Physics, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Morocco

Key words: Olive mill wastewater, biochar, polyphenol adsorption, sustainable waste management.

Olive Mill WasteWater (OMWW), a by-product of olive oil production, presents environmental challenges due to its potent pollutants. The heedless release of this effluent into the environment, particularly from smaller olive mills, bears the potential for profound ecological disruption. In response to this pressing environmental concern, an array of treatment modalities has been posited, each seeking to redress the toxicity inherent in OMWW and curtail its adverse environmental impact. This paper presents an innovative solution for addressing environmental challenges in olive oil production by converting Olive Stone (OS) into biochar (BC), which serves as an effective adsorbent for polyphenol recovery or removal from OMWW. The study highlights the pyrolysis process used to convert OS into biochar. Through a comprehensive research approach, we demonstrate the efficacy of successive biochar filtration as a pretreatment method for raw OMWW. Our findings reveal the significant enhancement of total suspended solids (TSS) and mineral matter (MM) removal from raw OMWW, achieving rates of approximately 86% and 75%, respectively. Additionally, a substantial reduction in total phenolic compounds (TP) and chemical oxygen demand (COD) by 52.34% and 40.90%, respectively, is observed. This study underscores the potential of biochar derived from OS as a sustainable tool for OMWW pretreatment, with notable contributions to pollutant removal and environmental impact mitigation. By transforming waste into a valuable resource, this approach exemplifies the transformative power of eco-friendly practices in reshaping industries and fostering a more sustainable future for olive oil production and wastewater management.

Paydaş Teorisi Bağlamında İşletmelerde Yeşil Dönüşüm ve STK İş Birlikleri

*¹ Halil Yorulmaz, ² Serkan Eti

*^{1,2} İstanbul Medipol Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Türkiye

Anahtar kelimeler: Yeşil dönüşüm, çevresel sürdürülebilirlik, paydaş teorisi, işletme-STK iş birliği, KOBİ-STK iş birliği.

Özet

İşletmelerin faaliyetlerini çevresel sürdürülebilirliğe uygun olarak düzenlemesi yönündeki paydaş talepleri her geçen gün etkisini artırmaktadır. İşletmeler bu talepleri yerine getirebilmek için yeşil dönüşüm süreci ile çevresel etkilerini azaltmak ve faaliyetlerinde çevreye karşı daha sorumlu hale gelmek durumundadır. Yeşil dönüşüme yönelik zorlayıcı ve bununla birlikte yol gösterici mevzuatsal düzenlemelerin henüz zayıf olduğu hizmet sektörü gibi sektörlerde, özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletme (KOBİ) vasfındaki işletmeler yeşil dönüşüme yönelik stratejilerini belirlemede zorlanmaktadır. Bu doğrultuda sivil toplum kuruluşları (STK) ile yapılacak iş birlikleri büyük bir potansiyele sahiptir ancak mevcut iş birlikleri henüz bu potansiyeli karşılayacak seviyelere ulaşmamaktadır. KOBİ-STK iş birlikleri, işletmeler açısından paydaş taleplerini karşılama; STK'lar açısından da işletmelerin yeşil dönüşümüne yönelik taleplerinin karşılanması olarak iki yönlü fayda sağlamaktadır. Ayrıca yeşil dönüşümün teşvik edilmesi dolayısıyla çevresel sürdürülebilirliğe yönelik de fayda sağlanmaktadır. Bu çalışmada yeşil dönüşüme yönelik KOBİ-STK iş birliklerinin arttırılabilmesi için STK'lara ve ilgili devlet kurumlarına yönelik öneriler sunmak amacıyla, işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörler analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir. Sonuçlar, hizmet sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'ler açısından STK'lar ile kurulacak iş birliklerinde en önemli faktörün fayda beklentisi olduğuna işaret etmektedir. Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı faktörü ve geçmiş deneyimler faktörü yüksek önem düzeyi ile öne çıkan diğer faktörlerdir. Bu çalışmanın temel motivasyonu literatürde henüz yeterince ele alınmamış bir alan olan yeşil dönüşüme yönelik KOBİ ve STK ilişkilerinin ele alınmasına yönelik katkı sunmak ve bu ilişkilerin geliştirilmesine yardımcı olmaktır. Çalışmanın temel katkısı ise işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörleri önceliklendirerek STK'lara yönelik öneriler sunmasıdır.

Key words: Green transformation, environmental sustainability, stakeholder theory, business-NGO collaboration, SME-NGO collaboration.

Abstract

Stakeholder demands for businesses to organize their activities following environmental sustainability are increasing daily. To meet these demands, companies need to reduce their environmental impacts through green transformation and become more responsible for the environment. In sectors such as the service sector, where compelling yet guiding legislative regulations for green transformation are still weak, especially small and medium-sized enterprises (SMEs) are having difficulty determining their strategies for green transformation. In this regard, collaborations with non-governmental organizations (NGOs) have great potential, but existing collaborations do not yet reach the levels that will meet this potential. SME-NGO collaborations provide two-way benefits for businesses in terms of meeting stakeholder demands and NGOs in terms of meeting the green transformation demands of

companies. In addition, environmental sustainability benefits are also provided by promoting green transformation. In this study, to provide suggestions to NGOs and relevant government institutions to increase SME-NGO collaborations for green transformation, the factors that lead businesses to collaborate with NGOs were prioritized using the analytical hierarchy process (AHP) method. The results indicate that the most critical factor in collaboration with NGOs for SMEs operating in the service sector is the expectation of benefit. Social networks and, frequency of contacts factor, and past experiences factor are other factors that stand out with high importance level. The primary motivation of this study is to contribute to the discussion of SME-NGO relations in green transformation, an area that has not yet been sufficiently addressed in the literature, and to help develop these relations. The study's main contribution is to prioritize the factors that direct businesses to cooperate with NGOs and offer suggestions for NGOs.

1. Giriş

Çevresel sürdürülebilirlik günümüzde toplumların başlıca ortak kaygılarından birisi haline gelmiştir. Kavram en temel tanımıyla, doğal kaynakların tahrip edilmeden gelecek nesillere aktarılabilmesi anlamına gelmektedir (Yorulmaz, 2023). Doğal kaynaklardaki tahribat ise insan eliyle yapılmaktadır. Savaşlar hariç tutulduğunda bu tahribata, endüstrinin, etrafındaki ekosistemin ve bunların insanlarda tetiklediği tüketim alışkanlıklarının yol açtığı görüşü bilim dünyasında ve toplumlar nezdinde yaygın kabul görmektedir (Yorulmaz, 2024). Bu nedenle de endüstride faaliyet gösteren işletmelerden çevresel sürdürülebilirlik konusunda sorumluluk almaları ve faaliyetlerini bu yönde düzenlemeleri beklenmektedir. Bu beklentiler kimi zaman paydaş talepleri olmasının ötesine geçerek zorlayıcı özelliği bulunan kanun, yönetmelik ve uluslararası anlaşmalarla da desteklenmektedir. Dolayısıyla yeşil dönüşüm işletmelerin temel gündemleri arasına dahil olmuştur.

Yeşil dönüşüm için yaygın olarak kabul görmüş, üzerinde uzlaşmış bir tanım bulunmamaktadır (Şengüllendi ve Şehitoğlu, 2023). Yeşil dönüşüm, işletmelerin faaliyetlerinde çevreye karşı daha sorumlu hale gelmesi süreci olarak ele alınabilir (Schaefer ve Harvey 1998). Yeşil dönüşüm ile işletmenin çevresel etkisinin azaltılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda yeşil dönüşüm ürünlerde, süreçlerde ve politikalarda yapılacak her türlü değişiklik ile de ilgilidir. Ayrıca, çevre yönetim sistemlerinin kullanımı, yeşil üretim, karbon salınımı azaltımı, atık azaltımı, israfın önlenmesi, yeşil enerji kullanımı, çevre temalı kurumsal sosyal sorumluluk faaliyetleri gibi çok çeşitli uygulamaları kapsamaktadır. Bu uygulamaların kullanımı ise faaliyette bulunan sektör, buna bağlı olarak kanuni yükümlülükler, işletme büyüklüğü gibi çeşitli kriterlerden etkilenmektedir.

Hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmaların, imalat sektörlerine kıyasla, kirlilik oluşturmak gibi çevreye etkisi olan belirgin uygulamaları bulunmamaktadır. Dolayısıyla hizmet sektörüne yönelik çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin mevzuatlar daha zayıftır. Bu da hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin yeşil dönüşüme yönelik stratejilerini belirlemelerini zorlaştırmaktadır (Mair ve Jago, 2010). Ayrıca küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (KOBİ) finansal zayıflıklar (Dvorský vd., 2023) ve çevre sorunlarına yönelik farkındalık eksikliği (Alayón vd., 2022) gibi nedenlerle de yeşil dönüşüme karşı yeterince ilgili değildirler. Sürdürülebilirlik uygulamalarının hayata geçirilmesi ve yeşil dönüşüme yönelik giderek artan bir toplum baskısı karşısında da (Suchek ve Franco, 2024) kısıtlılıklarından ötürü ucuz ve kolayca uygulanabilir basit uygulamalar aramaktadırlar (Russo ve Tencati, 2009). Bu doğrultuda sürdürülebilirliğe ve yeşil dönüşüme yönelik zorlukları ve engelleri aşmak amacıyla sivil toplum kuruluşları (STK) ile iş birliği yapmayı seçebilmektedirler (Suchek ve Franco, 2024).

STK ve KOBİ iş birlikleri, kurumsal profesyonellere yönelik eğitim verilmesi (Harangozó ve Zilahy, 2015) ve benzeri çeşitli teknik destek içeren uygulamaları da içerse de (Suchek ve

Franco, 2024), çoğunlukla bilinçlendirme çalışmaları ve kurumsal sosyal sorumluluk projeleri (KSS) yürütülmesine yöneliktir (Stekelorum vd., 2020). STK'lar işletmelerin sosyal sorumluluklarını tanımlama, şekillendirme ve ölçmede rol üstlenen etkili paydaşlar olabilirler (den Hond vd., 2015). Yapılan araştırmalar KOBİ'leri yeşil dönüşüme yönlendirmek konusunda STK'lar ile yapılacak iş birliklerinin büyük bir potansiyele sahip olduğunu, fakat mevcut uygulamada henüz bu potansiyeli karşılamadıklarını ortaya koymuştur (Harangozó ve Zilahy, 2015). KOBİ'ler büyük işletmelere kıyasla KSS katılımına da daha düşük bir eğilim göstermektedirler (Johnson, 2015; Lewis vd., 2015). Bu durumda STK'lar ile yapılacak iş birlikleri KOBİ'lere bu konularda destek olmak ve onları teşvik etmek için önem arz etmektedir.

Bu çalışma hizmet sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lere odaklanmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre dünya çapında işletmelerin yaklaşık %90'ını ve istihdamın %50'sinden fazlasını oluşturan KOBİ'ler ("World Bank", t. y.) Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) yayınladığı en son verilere göre 2022 yılında Türkiye'deki girişimlerin %99,7'sini oluşturmaktadır (TÜİK, 2023). Bununla birlikte Türkiye'deki girişimler içerisinde de en büyük pay hizmet sektörüne ait olup, TÜİK'in yayınladığı en son verilere göre Türkiye'de 2023 yılında faal olan girişimlerin %44,1'i hizmet sektöründe faaliyet göstermektedir (TÜİK, 2024). Çevreci bir bakış açısıyla, hizmet sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin de yeşil dönüşüme uyum sağlamaları önem arz etmektedir.

Yeşil dönüşüme yönelik KOBİ ve STK ilişkileri literatürde henüz yeterince ele alınmamış bir alandır. Yeşil dönüşümün sağlanmasına destek olmaya yönelik bu ilişkilerin geliştirilmesine yardımcı olacak çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalar çoğunlukla büyük ölçekli işletmeleri ele almaktadır. Ayrıca her ne kadar araştırmacıların odağı KOBİ'lere doğru yönelse de (ElBaz vd., 2016), KOBİ faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini ortaya koyan bilimsel araştırma literatürü de henüz son derece kısıtlıdır ve bu da KOBİ'lerin yeşil dönüşüme yönelik farkındalık eksikliğinin giderilmesinde handikap oluşturmaktadır (Madrid-Guijarro ve Duréndez, 2024). Dolayısıyla tüm bu alanlarda yapılacak çalışmaların KOBİ'lerin farkındalığını artırıcı etkiye sahip olma potansiyeli de bulunmaktadır. Bu doğrultuda yeşil dönüşüm ve işletme-STK iş birlikleri konularında uluslararası ve ulusal literatüre ilişkin özet bilgiler sonraki iki paragrafta sunulmuştur.

KOBİ ve STK ilişkilerine yönelik uluslararası literatürde; Harangozó ve Zilahy (2015) KOBİ ve STK ilişkilerini, çevre ile ilişkili olarak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmesi bağlamında ele almıştır. Stekelorum ve diğerleri (2020) tedarik zincirlerinin çevresel açıdan değerlendirilmesinde KOBİ'ler ile uluslararası STK'lar arasındaki iş birliklerini incelemektedirler. Suchek ve Franco (2024) KOBİ'lerin yeşil dönüşümü sağlamak için STK'ları da içeren geniş bir çerçevede kurdukları kurumlararası iş birlikleri konusunda mevcut bilgi birikimini anlamak amacıyla sistematik bir literatür taraması gerçekleştirmişlerdir. Bir başka çalışmada den Hond ve diğerleri (2015) ise büyüklüklerinden bağımsız olarak işletmelerin STK'larla etkileşime girme eğilimini etkileyen faktörleri incelemiş ve iş birliği yapılmasını etkileyen faktörleri ortaya koymuşlardır.

Türkçe literatürde ise Uzun (2022) KOBİ'lerin küresel endüstri şartlarına uygun hareket edebilmeleri için uluslararasılaşmalarında STK'ların rollerine ilişkin bir çalışma gerçekleştirmiştir. Fidan ve Şentürk (2017) örnek olay tarama modeli ile üç kurumsal bankanın KSS projelerindeki iş birliklerini incelemişlerdir. Örnek olay tarama modeli kullanan bir başka araştırmada Bük (2019) Türkiye'nin üç kurumsal GSM operatörünün, kurumsal sürdürülebilirlik yaklaşımı çerçevesinde STK'lar ile olan etkileşimlerini ele almışlardır. Bük ve Akboğa (2020) 2009-2016 döneminde Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan işletmeleri ele aldıkları araştırmada, kaynak sürdürülebilirliği ve toplumsal refahı sağlamak amacıyla gerçekleştirdikleri KSS faaliyetlerinde STK'lar ile yaptıkları iş birliklerini etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Şengüllendi ve Şehitoğlu (2023) yeşil dönüşüm kavramının

tanımının ve literatürdeki güncel araştırma konularının tespit edilmesine yönelik bibliyometrik inceleme yapmışlardır.

Bu çalışma, çok sayıda paydaşın işletme faaliyetlerini etkilediği ve işletme kararlarının paydaş baskıları tarafından belirlendiğini savunan paydaş teorisi (Freeman ve Reed, 1983) ve temelleri atılmakta olan sürdürülebilirlik yönetimi teorisine (Starik ve Kanashiro, 2013) dayanmaktadır. Önceki araştırmaların bulguları olan, KOBİ'leri yeşil dönüşüme yönlendirmek konusunda STK'lar ile yapılacak iş birliklerinin büyük bir potansiyele sahip olduğu, fakat uygulamada henüz bu potansiyeli karşılamamalarından hareketle; bu araştırmanın amacı, hizmet sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin yeşil dönüşüm için STK'lar ile iş birliklerinin artırılmasına yönelik öneriler sunmaktır. Araştırma ana sorusu ise, işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörlerden hangilerinin işletmeler için en önemlileri olduğudur. Bu doğrultuda çalışma aşağıda yer alan araştırma prosedürünü takip etmektedir.

Araştırmada, öncelikle literatürdeki çalışmalardan hareketle işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörler tespit edilmiştir. Bu faktörler; STK'lara duyulan güven, sosyal ağlar ve iletişim sıklığı, geçmiş deneyim, fayda beklentisi ve STK baskısıdır (den Hond vd., 2015; Harangozó ve Zilahy, 2015). Daha sonra bu faktörlerin işletmeler açısından önem derecesinin tespit edilmesi için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak faktörler önceliklendirilmiştir. Sonuç kısmında da çevreci bakış açısıyla, bu faktörlerin önem düzeyinden hareketle, KOBİ'lerle yeşil dönüşüm kapsamındaki iş birliklerinin geliştirilmesi için STK'lara ve ilgili devlet kurumlarına yönelik öneriler sunulmaktadır.

Bu araştırma ile alandaki literatürün güçlendirilmesine katkı sunulmaktadır. Araştırma çevreci bakış açısı ve yönetim bakış açısını birleştirmektedir. Araştırma, hem işletmelerin yeşil dönüşüm sağlayarak paydaş taleplerini yerine getirmelerine katkı sunmakta, hem birer paydaş olan STK'ların işletmelerin yeşil dönüşümüne yönelik taleplerine katkı sunmaktadır. Ayrıca yeşil dönüşüme sunulan katkılar dolayısıyla çevresel sürdürülebilirliğe yönelik de katkı sunulmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada, yeşil dönüşüm kapsamında KOBİ ve STK iş birliklerinin artırılmasına yönelik STK'lara ve ilgili devlet kurumlarına öneriler sunulması amaçlanmaktadır. STK'lar yol haritalarını belirlerken, işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren her bir faktör ayrı birer seçenek olmaktadır. Karar problemi olarak ele alınan bu konuda, etkin bir yol haritası belirlenmesi için seçeneklerin önem derecelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında literatürdeki çalışmalardan hareketle tespit edilen, işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörlerin önceliklendirilmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır.

AHP yöntemi, karmaşık bir karar verme sürecinin çeşitli faktörlerinin hiyerarşik olarak ölçülmesini ve bir bütün halinde birleştirilmesini sağlamaktadır (Russo ve Camanho, 2015). Yöntem, karar verme sürecindeki belirsizlik ve yanlılığın azaltılmasını sağlamaktadır (Ghaleb vd., 2022). Uygulamada, belirlenen faktörler önem derecelerinin belirlenmesine yönelik karşılaştırılmaktadır. Bu sayede bir tercih sıralaması belirlenerek en uygun alternatifin ya da alternatiflerin seçilebilmesi sağlanmaktadır. Çalışmada AHP yönteminin tercih edilmesinin nedeni, belirlenen faktörlerin sayısal verilerinin elde edilmesinin mümkün olmamasıdır. Yöntem, uzman görüşlerine dayanarak sayısal ölçüm imkânı olmayan olgular ile birlikte sayısal değere sahip değişkenleri bir arada analiz edebilme özelliklerini taşıyan çok kriterli karar verme yöntemidir.

Bu yöntem kapsamında dört uzman, karar alıcı grubunu oluşturmuştur. Uzmanlar belirlenirken, hizmet sektöründe faaliyet gösteren, KOBİ statüsünde olan ve STK'larla iş birliği yapan işletmelerde en az beş yıl stratejik karar alma pozisyonlarında yöneticilik tecrübesi olan; STK'larda en az beş yıl yöneticilik yapmış olan ve bu konularda akademik deneyimi olan

kişiler tercih edilmiştir. Uzmanların faktörleri ikili olarak değerlendirmesinde Saaty'nin (1980) dokuzlu ölçeği kullanılmıştır. Uzman değerlendirmelerinden hareketle de karar matrisi oluşturulmuştur. Bu yöntem kapsamında aşağıdaki adımlar izlenmiştir (Eti vd., 2023).

Bu yöntem kapsamında aşağıdaki adımlar izlenmiştir (Eti vd., 2023; Ghaleb vd., 2022)

- Belirlenen birbirinden bağımsız ve eşit düzeydeki kriterlere yönelik, Saaty (1980) ölçeğindeki "Birinci kriter ikinci kriter göre ne derece önemlidir?" sorularına alınan yanıtlarla köşegen elemanları 1 olan bir karar matrisi oluşturulması (1)

$$D = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/d_{1n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

- Karar matrisi elemanlarının sütun toplamalarına bölünerek normalize edilmesi (2),

$$n_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum d_{ij}} \quad (2)$$

- Kriterlerin öncelik değerlerinin belirlenmesi için karar matrisinin satır ortalamalarının alınması (3),

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ij}}{n} \quad (3)$$

- Tutarlılık İndeksi (CI), Rastgele İndeks (RI) ve Tutarlılık Oranı (CR) değerlerinin belirlenmesi (4, 5, 6) için tutarlılık analizi yapılması,

$$CI = \frac{\lambda_{mak} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$\lambda_{mak} = \frac{1}{n} \sum \frac{\sum d_{ij} w_j}{w_j} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Ağırlıkların tutarlı kabul edilmesi için CR değerinin 0,1'den küçük olması gerekmektedir (Tepe ve Eti, 2022).

3. Bulgular

İşletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi doğrultusunda, belirlenen faktörler ve tanımları Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. İşletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörler ve tanımları

Faktör	Tanım
Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı	Aynı sosyal ağ içerisinde yer almak, sosyal ağları paylaşmak ve bu ağlar vasıtasıyla sık sık temas halinde olunması.
Geçmiş deneyim	STK'larla ilgili yaşanmış bir geçmişe dayanan deneyimler.
Fayda beklentisi	STK'lar ile iş birliklerinden sağlanacak fayda beklentileri.
STK baskısı	STK'ların kurumsal sosyal ve çevresel sorumluluğunun izlenmesi de dahil olmak üzere, bir izleme ve gözetim rolü üstlenerek bunun sonucunda işletmeye baskı yapması.
STK'lara duyulan güven	İzleme kontrol etme yeteneğinden bağımsız olarak, bir tarafın taahhütlerini yerine getirmesine duyulan algılanan güven.

Uzman değerlendirmelerinin genel sayılarının ortalama değerleri Tablo 2'de sunulmaktadır. Karar matrisi üzerinde AHP işlemi gerçekleştirilmiş ve karşılık gelen ağırlıklar hesaplanmıştır.

Tablo 2. Karar matrisi

Faktör	Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı	Geçmiş deneyim	Fayda beklentisi	STK baskısı	STK'lara duyulan güven
Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı	1	1	0,735	3,600	3,440
Geçmiş deneyim	0,707	1	0,714	3,364	3,600
Fayda beklentisi	1,361	1,401	1	2,213	2,459
STK baskısı	0,278	0,297	0,452	1	0,333
STK'lara duyulan güven	0,291	0,278	0,407	3,006	1

Tablo 3'te ise ilgili tutarlılık oranı değerlerinin özeti sunulmaktadır.

Tablo 3. Karar ağırlıkları ve tutarlılık

Kriter	Ağırlık	Sıralama
Fayda beklentisi	.285	1
Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı	.268	2
Geçmiş deneyim	.250	3
STK'lara duyulan güven	.119	4
STK baskısı	.079	5
CI= .050 RI= 1,12 CR= .046		

Tablo 3 verilerine göre elde edilen CR değeri 0,1'den küçük olduğu için karar matrisinin tutarlı olduğu söylenebilir. Faktörlerin önem düzeyleri incelendiğinde; fayda beklentisi .285 ile en yüksek ağırlığa sahip faktör olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca sosyal ağlar ve iletişim sıklığı ile geçmiş deneyim faktörleri de görece yüksek ağırlık derecelerine sahiptir.

4.Sonuç

İşletmelerin faaliyetlerini çevresel sürdürülebilirliğe uygun olarak düzenlemesi yönündeki paydaş talepleri her geçen gün etkisini artırmaktadır. İşletmeler bu talepleri yerine getirebilmek için yeşil dönüşüm süreci ile çevresel etkilerini azaltmak ve faaliyetlerinde çevreye karşı daha sorumlu hale gelmek durumundadır. Yeşil dönüşüme yönelik zorlayıcı ve bununla birlikte yol gösterici mevzuatsal düzenlemelerin henüz zayıf olduğu hizmet sektörü gibi sektörlerde, özellikle KOBİ vasfındaki işletmeler yeşil dönüşüme yönelik stratejilerini belirlemekte zorlanmaktadır. Bu doğrultuda STK'lar ile yapılacak iş birlikleri büyük bir potansiyele sahiptir ancak mevcut iş birlikleri henüz bu potansiyeli karşılayacak seviyelere ulaşmamaktadır. KOBİ-STK iş birlikleri, işletmeler açısından paydaş taleplerini karşılama; STK'lar açısından da işletmelerin yeşil dönüşümüne yönelik taleplerinin karşılanması olarak iki yönlü fayda sağlamaktadır. Bu doğrultuda yeşil dönüşüme yönelik KOBİ-STK iş birliklerinin artırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, KOBİ iş birliklerinin artırılabilmesi için STK'lara ve ilgili devlet kurumlarına yönelik öneriler sunmak amacıyla, işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörler önceliklendirilmiştir. Sonuçlar, hizmet sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'ler açısından STK'lar ile kurulacak iş birliklerinde en önemli faktörün fayda beklentisi olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuca yönelik olarak STK'ların, potansiyel iş birliklerinde KOBİ'lerin sağlayacağı faydaları öne çıkartacak çalışmalar ve hazırlıklar yapması önerilmektedir. Sunulacak somut ve nicel verilere dayalı fizibilite raporları ile KOBİ'lerin iş birliklerine ve yeşil dönüşüme ilişkin iştahları artırılabilir. Ayrıca ilgili devlet kurumları tarafından yeşil dönüşüme yönelik KOBİ-STK iş birliklerine teşvikler verilebilir.

Sosyal ağlar ve iletişim sıklığı faktörü ve geçmiş deneyimler faktörü yüksek önem düzeyi ile öne çıkan diğer faktörlerdir. Bu sonuçlardan hareketle, STK'ların yöneticilerinin ve gönüllülerinin, bu işletmeler ile daha sık temaslar kurmaları, gönüllülük çalışmaları ile bu işletmelerin çalışan ve yöneticilerinin STK gönüllüsü olmasına yönelik çaba göstermeleri önerilmektedir. Ayrıca geçmiş deneyimlerin KOBİ'ler için önemli olması, yürütülecek her iş birliğinde süreçlerin profesyonelce ve herhangi bir aksaklığa mahal vermeyecek şekilde yürütülmesine STK'ların azami düzeyde önem göstermesini gerektirmektedir. Bu sonuçlardan farklı olarak STK'ların izleme ve denetim rolü üstlenerek işletmeye baskı yapmasının diğer faktörlere kıyasla önem derecesi en düşük faktör olarak öne çıkması, STK'ların bu alandaki enerjilerini ve çabalarını diğer faktörlere yönlendirmesi konusunda işaretler sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu literatürde henüz yeterince ele alınmamış bir alan olan yeşil dönüşüme yönelik KOBİ ve STK ilişkilerinin ele alınmasına yönelik katkı sunmak ve bu ilişkilerin geliştirilmesine yardımcı olmaktır. Çalışmanın temel katkısı ise işletmeleri STK'lar ile iş birliği yapmaya yönlendiren faktörleri önceliklendirerek STK'lara yönelik öneriler sunmasıdır. Hizmet sektörünün alt sektör ayrımı yapılmadan ele alınması bu çalışmanın sınırlılıklarındandır. Konu sadece iş birliği yapmaya yönlendiren faktörler perspektifinden ele alınmıştır. Sonraki çalışmalarda iş birliğine engel olan faktörler de modele dahil edilerek daha kapsamlı değerlendirmeler sunulabilir. Ayrıca KOBİ-STK iş birlikleri de alt ayrımlara girmeden genel perspektiften ele alınmıştır. Sonraki çalışmaların konuyu yeşil dönüşümün KSS, atık azaltımı vb. gibi çeşitli uygulamalarına odaklanarak ele alması faydalı olabilir.

Kaynakça

- Alayón, C. L., Säfsten, K., & Johansson, G. (2022). Barriers and enablers for the adoption of sustainable manufacturing by manufacturing SMEs. *Sustainability*, 14(4), 2364.
- Bük, T. B. (2019). Kurumsal sürdürülebilirlik yaklaşımı çerçevesinde işletme-sivil toplum kuruluşları etkileşimleri: Sebep ve sonuçlar. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1480-1509.
- Bük, T. B., & Akboğa, S. (2020). Kurumsal Sosyal Sorumluluk Çerçevesinde İşletme-Sivil Toplum Kuruluşları İşbirliklerinin Dinamikleri: Türkiye Örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 75(3), 813-837.
- den Hond, F., de Bakker, F. G., & Doh, J. (2015). What prompts companies to collaboration with NGOs? Recent evidence from the Netherlands. *Business & Society*, 54(2), 187-228.
- Dvorský, J., Švihlíková, I., Kozubíková, L., Frajtova Michalíková, K., & Balcerzak, A. P. (2023). Effect of CSR implementation and crisis events in business on the financial management of SMEs. *Technological and Economic Development of Economy*, 29(5), 1496-1519.
- El Baz, J., Laguir, I., Marais, M., & Staglianò, R. (2016). Influence of national institutions on the corporate social responsibility practices of small-and medium-sized enterprises in the food-processing industry: Differences between France and Morocco. *Journal of Business Ethics*, 134, 117-133.
- Eti, S., Dinçer, H., Gökalp, Y., Yüksel, S. & Kararoğlu, D. (2023). Identifying key issues to handle the inflation problem in the healthcare industry caused by energy prices: An evaluation with decision-making models. In U. Akkucuk (Ed.), *Managing inflation and supply chain disruptions in the global economy* (pp. 162-178). IGI Global.
- Fidan, Z., & Şentürk, Z. A. (2017). Kurumsal sosyal sorumluluk (KSS) çalışmalarında işbirliği: "Akbank, Garanti Bankası ve Türkiye İş Bankası Üzerine Bir Değerlendirme". *Selçuk İletişim*, 9(4), 40-65.
- Freeman, R. E., & Reed, D. L. (1983). Stockholders and stakeholders: A new perspective on corporate governance. *California management review*, 25(3), 88-106.
- Ghaleb, H., Alhajlah, H. H., Bin Abdullah, A. A., Kassem, M. A., & Al-Sharafi, M. A. (2022). A scientometric analysis and systematic literature review for construction project complexity. *Buildings*, 12(4), 482.
- Harangozó, G., & Zilahy, G. (2015). Cooperation between business and non-governmental organizations to promote sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 89, 18-31.
- Johnson, M. P. (2015). Sustainability management and small and medium-sized enterprises: Managers' awareness and implementation of innovative tools. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 22(5), 271-285.
- Lewis, K. V., Cassells, S., & Roxas, H. (2015). SMEs and the potential for a collaborative path to environmental responsibility. *Business Strategy and the Environment*, 24(8), 750-764.
- Madrid-Guijarro, A., & Duréndez, A. (2024). Sustainable development barriers and pressures in SMEs: The mediating effect of management commitment to environmental practices. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 949-967.
- Mair, J., & Jago, L. (2010). The development of a conceptual model of greening in the business events tourism sector. *Journal of Sustainable tourism*, 18(1), 77-94.

- Russo, A., & Tencati, A. (2009). Formal vs. informal CSR strategies: Evidence from Italian micro, small, medium-sized, and large firms. *Journal of Business Ethics*, 85, 339-353.
- Russo, R. D. F. S. M., & Camano, R. (2015). Criteria in AHP: A systematic review of literature. *Procedia Computer Science*, 55, 1123-1132.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Schaefer, A., & Harvey, B. (1998). Stage models of corporate 'greening': a critical evaluation. *Business strategy and the Environment*, 7(3), 109-123.
- Starik, M., & Kanashiro, P. (2013). Toward a theory of sustainability management: Uncovering and integrating the nearly obvious. *Organization & Environment*, 26(1), 7-30.
- Stekelorum, R., Laguir, I., & Elbaz, J. (2020). Cooperation with international NGOs and supplier assessment: Investigating the multiple mediating role of CSR activities in SMEs. *Industrial Marketing Management*, 84, 50-62.
- Suchek, N., & Franco, M. (2024). Inter-organisational cooperation oriented towards sustainability involving SMEs: a systematic literature review. *Journal of the Knowledge Economy*, 15(1), 1952-1972.
- Şengüllendi, M. F., & Şehitoğlu, Y. (2023). Yeşil dönüşüm araştırmalarının kavramsal dönüşümü: En temel ve güncel araştırma konularının bibliyometrik analiz yöntemi ile tespit edilmesi. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 557-574.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). Küçük ve orta büyüklükteki girişim istatistikleri, 2022. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kucuk-ve-Orta-Buyuklukteki-Girisim-Istatistikleri-2022-49438> Erişim tarihi: 11.09.2024
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Yıllık sanayi ve hizmet istatistikleri, 2023. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-ve-Hizmet-Istatistikleri-2023-53782> Erişim tarihi: 11.09.2024
- Uzun, H. (2022). İşletmelerin uluslararasılaşmasında sivil toplum kuruluşlarının rolü. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 55-81.
- World Bank. (t. y.). Small and medium enterprises (SMEs) finance. Erişim adresi: <https://www.worldbank.org/en/topic/sme/finance> Erişim tarihi: 11.09.2024
- Yorulmaz, H. (2023). Tekstil KOBİ'leri Bağlamında Yeşil İşletme Stratejisi Motivasyonlarının AHP Yöntemiyle Önceliklendirilmesi. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4(4), 477-502.
- Yorulmaz, H. (2024). Road to Workplace Spirituality Through Sustainable Business Strategies Based on NRBV Approach. In *Fostering Organizational Sustainability With Positive Psychology* (pp. 249-275). IGI Global.

Linear Paralysis From Paradoxical Tensions: Evidence From A Textile Recycling Cluster In An Emerging Economy

*¹Tulin Dzhengiz, ² Simon Smith

*¹ Manchester Metropolitan University, UK

² Oxford Brookes University, UK

Key words: Industrial clusters, eco-clusters, ambidexterity, textile recycling.

Existing industrial clusters, particularly those focused on recycling, play a pivotal yet often overlooked role in the pursuit of a sustainable circular economy. As this transition is riddled with tensions and contradictions, this study delves into the dynamics of a textile recycling cluster in an emerging economy context. This cluster, though it is expected to play a crucial role in the circular transition, experiences a 'linear paralysis' where the cluster's embeddedness in past linear economy practices is exacerbated by unbalanced tensions such as individual firm identity prevailing over collective, competition overshadowing cooperation, and economic concerns outweighing environmental and social considerations. The inability to balance these escalating tensions perpetuates a 'lock-in,' further impeding the cluster's progress towards sustainability and albeit imperfect, circularity. The findings underline the necessity of addressing these paradoxical tensions to drive meaningful transformation within existing industrial clusters and advance the circular economy agenda.

1. Introduction

The concept of circular economy (CE) has gained popularity in the realm of corporate sustainability, as highlighted by several studies (Stewart and Niero, 2018, Unal et al., 2019, van Loon and Van Wassenhove, 2018, Bocken et al., 2017). While this conversation typically presents a positive outlook (Rajala et al., 2018, Ranta et al., 2020), emphasizing the potential sustainability benefits associated with CE, it is important to recognize that CE is not without its fair share of tensions, trade-offs, and paradoxes (Norris, 2019). Several articles recently emphasize the importance of investigating these potential tensions further, calling for a more careful examination of their implications for CE (Dzhengiz et al., 2023, Daddi et al., 2019, Chizaryfard et al., 2022, Schroeder et al., 2018).

To better understand these tensions, scholars have explored the intersection between CE and paradox theory. For instance, De Angelis (2021) creatively brought together the concepts of paradox and CE in a conceptual article, demonstrating how organizations operating within a circular economy would likely face various organizational paradoxes. Daddi et al. (2019) found that circular offerings may lack quality and competitiveness, creating a conflict between economic and environmental concerns. Greer et al. (2021) highlighted the paradoxical tensions between organizing waste management and treating waste as a resource. These studies offer glimpses into the challenges that organizations may face in transitioning towards a CE. However, there is still much to be explored in this intersection between CE and paradox theory.

One area where understanding the paradoxical nature of CE is essential is within existing industrial clusters. Industrial clusters would play a critical role in the CE transition and to date, their role is commonly overlooked (Bressanelli et al., 2022). An industrial cluster is a socioeconomic entity where a close-knit community of people and economic agents work together in a specific geographic region, sharing knowledge and resources to create superior products and services in the marketplace (Morosini, 2004, Porter, 1998). Many industrial

clusters worldwide are already involved in recycling, making them essential to the future of CE as they carry the potential to provide the initial infrastructure for a successful transition (Mazzoni, 2020). These clusters offer competitive advantages such as a higher market share, lower search costs, and specialized labour (Swann and Prevezer, 1996). They also promote knowledge spill overs and learning opportunities between industry players (Guo and Guo, 2013, Guo et al., 2018, Turkina and Van Assche, 2018). However, industrial clusters are also known for the inherent tensions between competition and cooperation (Bengtsson and Kock, 2000, Xu et al., 2023), exploitation and exploration (Mendes et al., 2023), local and global connectivity (Mudambi et al., 2017). Therefore, organizing CE efforts within an industrial cluster can also result in a multitude of complex tensions, which can pose challenges during the CE transition.

There are some limited explorations of the role of existing industrial clusters in the sustainability and CE transition (Liu, 2014, Lund-Thomsen et al., 2016, Mazzoni, 2020). However, there is a lack of research that investigates the tensions associated with organizing for circularity and sustainability within these clusters, particularly in industrial recycling sites. Understanding these tensions is crucial as the inability to manage such tensions may inhibit the transition or hinder progress towards a sustainable CE. Indeed, scholars highlight the reality about limited recycling rates, a rise in plastic usage coupled with deteriorating recycling rates, and organizational efforts facing constraints in implementing broad circular business models and ecosystems (Bocken et al., 2023), ultimately highlighting the multifaceted tensions and contradictions inherent in the transition to a truly sustainable CE future.

Therefore, to fill this knowledge gap, this study investigates the paradoxical tensions that organizations in a textile recycling cluster in an emerging economy face in transitioning towards sustainable CE. To do so, the study draws on the explorations of a fieldwork which consisted of 48 interviews with 53 participants. Contrary to prior research which identified industrial clusters as enablers of the CE (Razminiene and Tvaronaviciene, 2018, Razminiene et al., 2021), my findings suggest that existing clusters may not always provide an appropriate space to facilitate the transition towards a sustainable CE due to the poor engagement with organizational tensions and a lack of paradox management. The cluster examined in this study demonstrates a ‘linear paralysis’ caused by the dominance of actors’ embeddedness in the past over transitioning into a sustainable CE future. I find that this linear paralysis is escalated by several unbalanced tensions: dominance of individual firm identity over collective, competition over cooperation, low price strategy over quality, economic concerns over environmental and social and the dominant engagement with less preferred business models in the R hierarchy of CE. These tensions escalate each other, further paralysing the cluster and creating a ‘lock-in’.

In conclusion, this study sheds light on the complex nature of transitioning towards a sustainable CE within existing industrial clusters. Doing so, it contributes to the literature on CE by highlighting the role of paradox management strategies and engaging with organizational tensions to effectively enable the CE transition in existing industrial clusters.

2. Materials and Methods

This study utilized a qualitative research approach with fieldwork and semi-structured interviews (Galletta, 2013) in a specific empirical context.

Empirical Context

Cluster Choice: Preconsumer Textile Waste Recycling Cluster in an Emerging Country

Recycling plays a crucial role in the textile industry due to the massive amounts of fabric wasted during the design and production stages of clothing. Approximately 15% of fabric ends up discarded on the cutting room floor, leading to what is known as "pre-consumer textile waste" (Publications.parliament.uk, 2023). Although this waste is less problematic than post-consumer textile waste in terms of hygiene concerns (Lau, 2015), addressing its recycling is still essential. Various industrial textile recycling clusters worldwide are dedicated to transforming pre-consumer textile waste and giving it a new lease on life, such as the well-studied Prato cluster in Italy (Lazzeretti and Capone, 2016, Mazzoni, 2020). In this study, however, my focus shifts to a different geographical context: an emerging economy. To maintain participant anonymity, specific city and country information is omitted.

Description of Cluster Activities

Figure 1 presents an overview of the activities within this cluster and its value chain, which revolves around utilizing textile production waste originating from clothing production in garment workshops, yarn, and fabric manufacturing. The waste from these activities is collected through various channels, including informal actors and licensed waste collectors. Once collected, the waste undergoes a sorting process, where it is categorized by colour and material and then stored in large warehouses. These warehouses are located outside the cluster and require the trimmings and scraps to be transported to the cluster for recycling. Notably, approximately 80% of textile recycling in this country occurs within the specific cluster under study, thus, this clusters' role in the CE transition of the textile industry in that emerging country setting is crucial. During the study period, around 15-20% of preconsumer waste had to be imported for recycling due to higher recycling capacity and demand of this cluster compared to the waste generated within the country. Again, demonstrating the relevance of the cluster in the circular transition not only in its own emerging country setting, but beyond.

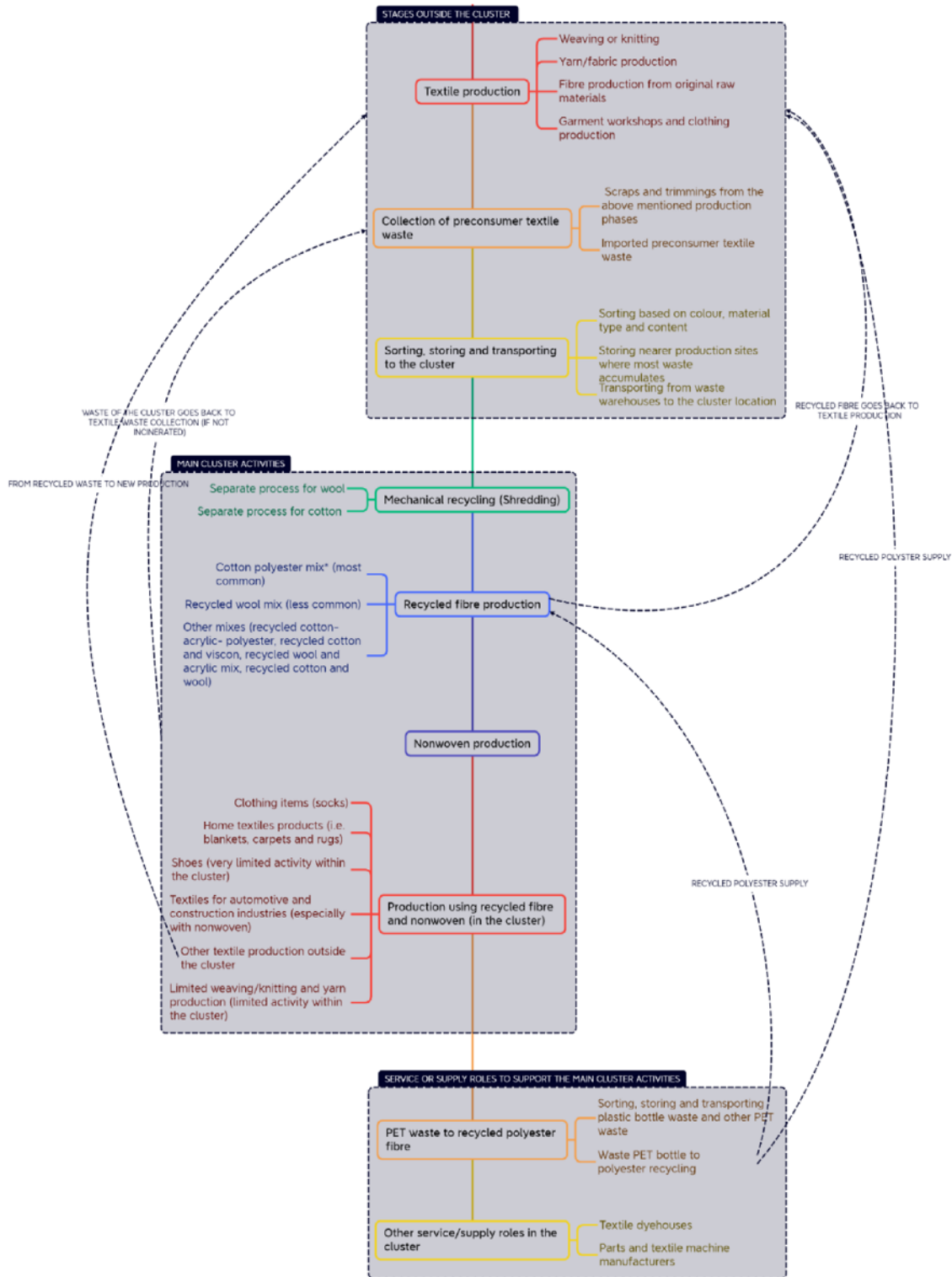


Figure 1.CE activities of/around the cluster (Authors own illustrations)

The main activities within the cluster involve mechanically recycling the preconsumer textile waste using shredders, which are then used to produce recycled fibres and threads. The cluster produces a wide range of fibre types of different qualities and with different material mixes. Some of these recycled threads are also used in nonwoven production. From fibre production or nonwoven stage, a wide range of B2B and B2C products are generated, including socks, blankets, carpets, and rugs made from recycled fibres. It is important to note that the recycled fibres are not pure, as they are commonly blended with virgin or recycled

polyester and other products to enhance fibre length and improve overall quality. To fulfil the significant demand for recycled polyester in the cluster, some PET bottle to recycled polyester producers are also present in the cluster, supporting recycled fibre production. Additionally, there are textile dyehouses available to meet the cluster's needs whenever colour changes are necessary.

While certain products like blankets, carpets, and socks are manufactured within the cluster, subsequent stages after recycled fibre and nonwoven production typically take place outside the cluster in other cities and countries where textile production occurs. This creates a semi-circular loop for the cluster where finished items are transported out of the cluster for further production stages.

The cluster primarily comprised small and medium-sized enterprises (SMEs), many of which were family-owned businesses. At the time of the field trip, it was observed that about 200 SMEs existed within the cluster, with a significant number of them being micro or small enterprises. These micro and small businesses played a vital role in the cluster's dynamics, contributing to its diverse and vibrant ecosystem.

While the cluster operated informally, some lead firms managed to establish strong leadership positions and implemented enhanced quality and branding strategies. Interestingly, despite their considerable influence within the cluster, some of these lead firms did not explicitly identify themselves as part of the cluster, while other SMEs openly acknowledged their association with the cluster.

The cluster grew as what the participants refer to as a 'copy-paste model,' wherein many businesses observed the success (often measured in terms of financial gains) of other firms within the cluster and decided to enter the same line of business, attempting to imitate the strategies and practices of those perceived as 'successful.'

Data Collection: Archival Data, Fieldwork, and Interviews

The research process encompassed three distinct stages, integrating data collection and analysis, as depicted in Figure 2.



Figure 2. Research process: Stages of data collection and analysis

In stage 1 (January-June 2021), before commencing my fieldwork, I conducted an analysis of archival data to become familiar with the field and existing studies related to this cluster (see Table 1 for details). This analysis encompassed reports, news articles, and media stories.

By immersing myself in these data sources, I gained crucial insights into the contextual background, identified key stakeholders for potential interviews, established cluster characteristics, identified the themes to explore and developed an interview guide, and explored the country's background in relation to CE principles, textile recycling, and development.

Table 1. Archival data collection

Sources of Data	#documents	Rationale
Press releases, news, blogs and other media sources	62	To gain perspective of external stakeholders about the cluster
Reports about the cluster and about the potential of textile recycling in the country	34	To understand the cluster activities, to establish key stakeholders and identify who to interview and visit during fieldwork, to reach out to statistics and official reporting about the cluster and textile recycling in the country
Academic articles about the cluster or about mechanical textile recycling	14	To prepare for fieldwork by gaining a contextual understanding of the cluster, and the focus of the cluster which is generally based on mechanical textile recycling
Youtube videos and online interviews of cluster actors	11	To prepare for fieldwork by gaining a contextual understanding of the cluster, and the focus of the cluster which is generally based on mechanical textile recycling
Total	121	

In the second stage (June-November 2021), my focus was on collecting primary data. The process involved using purposeful sampling and snowballing techniques to select interviewees. Initially, I employed purposeful sampling (Patton, 1990, Lincoln and Guba, 1985) to identify and choose participants based on their relevance and expertise within the cluster, guided by the analysis of archival data (refer to Figure 2). As the research progressed, I also utilized a snowballing approach (Lincoln and Guba, 1985), where interviewees recommended other key individuals to participate in the study. Out of the 48 interviews, 39 were recorded, while the remaining interviews were not recorded due to participant preferences. For the unrecorded interviews, I relied extensively on memos and fieldnotes to capture participants' responses to the interview questions effectively. The interviewees represented various stakeholders within the cluster (see Table 2 for the full list).

While the participants were diverse, the majority comprised small and medium-sized enterprises (SMEs) involved in providing preconsumer textile waste to the cluster, mechanically recycling this waste through shredding, and producing recycled fibres. These recycled fibres and threads were utilized in various products, including home textiles (blankets, carpets, rugs), clothing items (such as socks), and other textile products like yarn

and fabrics. Apart from these economic actors, other stakeholders included representatives from the regional chamber of commerce, acting as orchestrators of the cluster, non-governmental organizations (NGOs), academics providing training and consultancy services to the cluster, and organizations offering certifications (i.e., certification body). During fieldwork and interviews, I also conducted factory visits, with some participants allowing picture and video capture for research purposes.

Table 2. Interviews

	Number	Duration (minutes)
Companies that use recycled fibre to make products (inside and outside of the cluster)		
• Carpet making from recycled fibre (in the cluster)	1	30
• Garment factory that uses the recycled fibre products from the cluster (supplies clothing to H&M and ZARA and alike fast fashion brands) (out of the cluster)	1	120
• Home textiles brand that supplies from the cluster (out of the cluster)	1	40
• Independent weaving facility that uses recycled fibre (in the cluster)	1	60
• Shoe products out of recycled fibres (in the cluster)	1	75
• Integrated shredding, fibre and blanket production (recycled cotton and mixes) (in the cluster)	1	90
• Integrated shredding, fibre and fabric production (recycled cotton and mixes) (in the cluster)	1	60
• Integrated shredding, fibre, weaving (recycled cotton and mixes)	1	60
Companies that supply preconsumer textile waste to the cluster (outside)		
• Textile waste collection, sorting, transporting it into the cluster	3	120
• Integrated textile waste collection, sorting, storing, transport, and shredding (for cotton products) (in the cluster)	1	45
• Integrated textile waste collection, sorting, storing, transport, and shredding (for wool products) (in the cluster)	1	60
Mechanical recycling and recycled fibre production (inside the cluster)		
• Fibre production (recycled cotton and mixes)	1	105
• Integrated shredding, fibre production (recycled cotton and mixes)	11	660
• Integrated shredding and fibre production (recycled wool and mixes)	2	150
• Integrated shredding and textile dyehouse	1	120
• Nonwoven production	1	120
Service or supply roles to support the cluster (inside the cluster)		
• Pet to polyester recycling	3	200
• Textile dyehouse	2	100
• Parts and textile machine manufacturers	1	120
Other societal stakeholders involved in the cluster's development		
• Chamber of commerce	1	70
• Industry-Academia Collaboration representatives	2	105
• Academics who act as a consultant or researcher in the cluster	4	300
• Environmental NGOs and non-profits	4	260
• Certification body	1	105
• Industrial Zone/District organization	1	90

I completed a total of 48 interviews involving 53 participants, with a cumulative duration of approximately 54 hours and 30 minutes. It became evident that the interviewing phase had reached its conclusion when I noticed that no new themes were emerging in the interviews, indicating thematic saturation (Guest et al., 2006).

Data Analysis

During Stage 3 of the research process, as a result of fieldwork and interviews, I generated a new primary data-driven database, revealing challenges and barriers not authentically presented in the available secondary data. To analyse the combined primary and secondary data, I adopted the Gioia approach, following three steps for coding and analysis (Gioia et al., 2013).

In the first stage of coding, I generated open in-vivo codes (Saldana, 2009) based on the challenges and barriers identified by the interviewees. Subsequently, in the second stage, I carefully examined these initial codes and further developed second stage codes that specifically highlighted the tensions present. These tensions exhibited characteristics of a paradox, displaying contradiction, interrelatedness, and persistence (Smith and Lewis, 2011). As I progressed to the third stage, I aggregated these tension factors into distinct paradoxical tension categories, as they aligned with the existing literature (Smith et al., 2013, Slawinski and Bansal, 2015, Van der Byl and Slawinski, 2015, Hahn et al., 2015a). Figure 3 provides examples to the coding process and data structure.



Figure 3. Examples to data structure: First order and second order codes and themes identified

3. Results and Discussion

Linear Paralysis: Dominance of Embeddedness in the Past over Transitioning to a Sustainable CE Future

The cluster exhibits six interconnected tensions, primarily rooted in past practices. Five of these tensions contribute to a struggle between stability and change toward a circular

economy (CE). A professor described the cluster as experiencing a painful transformation, transitioning from opportunism to institutionalization. A consultant characterized the cluster as "drugged" and a "dying industry," highlighting its resistance to innovation despite some hopes for a brighter future. However, such progress depends on the cluster's realization of its potential. **Dominance of Individual Firm Identity over Collective Cluster Identity**

The cluster's stagnation is partly due to a lack of shared vision and a clash between two identities—rubbish collectors versus raw material producers. Without a collective goal or “shared pain,” collaboration remains difficult.

Dominance of Competition over Cooperation

The cluster's competitive environment undermines cooperation. Participants noted the growing number of recyclers and resulting jealousy, secrecy, and distrust. Attempts to collaborate by halting waste purchases to lower prices were unsuccessful, as some members broke the agreement, prioritizing personal gain over collective benefit.

Dominance of Low-Price Strategy over High-Quality Strategy

The cluster's focus on low prices, originating from when waste was seen as worthless, persists. This mentality has led to a divide between firms capable of innovation and those that prioritize short-term gains. The reliance on polyester as a binder in recycled fibres complicates efforts to improve quality.

Dominance of Economic Concerns over Social and Environmental Concerns

Environmental benefits, such as reduced water use and waste elimination, are acknowledged, but broader environmental impacts, like microplastic pollution and CO₂ emissions from waste transport, are overlooked. Social concerns, such as low-skilled labor and compliance with certifications, also remain unaddressed.

Dominance of Less Preferred Business Models in the CE R Hierarchy

The cluster prioritizes recycling virgin cotton waste over more sustainable practices like reuse.

Many recyclers are unfamiliar with circular economy concepts, focusing on short-term gains instead. The cluster predominantly engages in 'downcycling,' resulting in lower-quality recycled fibres that rely heavily on polyester.

4. Conclusion

This study emphasizes the critical role of paradoxical tensions in existing industrial clusters' transition towards a sustainable Circular Economy (CE), building upon the intersection of industrial clusters and CE (de Oliveira et al., 2018; Bressanelli et al., 2022; Razminienė et al., 2021) as well as CE and paradox theory (De Angelis, 2021; Daddi et al., 2019; Greer et al., 2021). Scholars like Murray et al. (2017), Helander et al. (2019), and Geissdoerfer et al. (2017) have highlighted the need to align CE initiatives with environmental sustainability goals, while others focus on the social sustainability aspect (Wuyts and Marin, 2022; Ashton et al., 2022; Jaeger-Erben et al., 2021).

Despite the optimistic view of some studies on industrial clusters in CE transition (Razminiene, 2019b; Razminiene and Tvaronaviciene, 2018), this study finds that paradoxical tensions, like competition versus cooperation and quality versus durability, can impede sustainable transition, as also noted by Daddi et al. (2019), De Angelis (2021), and Goworek et al. (2020).

Introducing the concept of 'linear paralysis', the study suggests that clusters locked in a linear economic model, due to an inability to balance these tensions, lead to a negative feedback loop. This concept is crucial in understanding why clusters that have thrived under existing economic models find transitioning difficult. The study aligns with the idea of 'imperfect circularity' (Figge et al., 2021; Strand, 2022) and acknowledges the risk of circular washing (Marrucci et al., 2022; Stål and Corvellec, 2018).

Future research should delve deeper into the interplay between cluster dynamics, CE, and sustainability, with a focus on understanding linear paralysis in different settings. Policymakers are urged to consider these findings in fostering a just, inclusive, and sustainable CE transition, especially in clusters engaged in activities like recycling.

References

- [1] Stewart R, Niero M. Circular economy in corporate sustainability strategies: A review of corporate sustainability reports in the fast-moving consumer goods sector. *Business Strategy and the Environment*, 2018;27:1005–1022.
- [2] Unal E, Urbinati A, Chiaroni D. Managerial practices for designing circular economy business models: The case of an Italian SME in the office supply industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2019;30:561–589.
- [3] Van Loon P, Van Wassenhove LN. Assessing the economic and environmental impact of remanufacturing: a decision support tool for OEM suppliers. *International Journal of Production Research*, 2018;56:1662–1674.
- [4] Bocken NMP, Ritala P, Huotari P. The Circular Economy: Exploring the Introduction of the Concept Among S&P 500 Firms. *Journal of Industrial Ecology*, 2017;21:487-490.
- [5] Rajala R, Hakanen E, Mattila J, Seppälä T, Westerlund M. How Do Intelligent Goods Shape Closed-Loop Systems? *California Management Review*, 2018;60:20-44.
- [6] Ranta V, Keranen J, Aarikka-Stenroos L. How B2B suppliers articulate customer value propositions in the circular economy: Four innovation-driven value creation logics. *Industrial Marketing Management*, 2020;87:291-305.
- [7] Norris L. Urban prototypes: Growing local circular cloth economies. *Business History*, 2019;61:205-224.
- [8] Dzhengiz T, Miller EM, Ovaska JP, Patala S. Unpacking the circular economy: A problematizing review. *International Journal of Management Reviews*, 2023.
- [9] Daddi T, Ceglia D, Bianchi G, Barcellos MD. Paradoxical tensions and corporate sustainability: A focus on circular economy business cases. *Corporate Social Responsibility & Environmental Management*, 2019;26:770-780.
- [10] Chizaryfard A, Nuur C, Trucco P. Managing structural tensions in the transition to the circular economy: The case of electric vehicle batteries. *Circular Economy and Sustainability*, 2022;2:1157-1185.
- [11] Schroeder P, Dewick P, Kusi-Sarpong S, Hofstetter JS. Circular economy and power relations in global value chains: Tensions and trade-offs for lower income countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018;136:77-78.
- [12] De Angelis R. Circular economy and paradox theory: A business model perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2021;285.

- [13] Greer R, Von Wirth T, Loorbach D. The Waste-Resource Paradox: Practical dilemmas and societal implications in the transition to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 2021;303.
- [14] Bressanelli G, Visintin F, Saccani N. Circular Economy and the evolution of industrial districts: A supply chain perspective. *International Journal of Production Economics*, 2022;243.
- [15] Morosini P. Industrial clusters, knowledge integration and performance. *World Development*, 2004;32:305-326.
- [16] Porter ME. Clusters and the new economics of competition, Harvard Business Review Boston, 1998.
- [17] Mazzoni F. Circular economy and eco-innovation in Italian industrial clusters. Best practices from Prato textile cluster. *Insights into Regional Development*, 2020;2:661-676.
- [18] Swann P, Prevezer M. A comparison of the dynamics of industrial clustering in computing and biotechnology. *Research Policy*, 1996;25:1139-1157.
- [19] Guo JJ, Guo B. How do innovation intermediaries facilitate knowledge spillovers within industrial clusters? A knowledge-processing perspective. *Asian Journal of Technology Innovation*, 2013;21:31-49.
- [20] Guo JJ, Guo B, Chen XL, Du J. The impact of knowledge attributes on technological learning routine within industrial clusters. *International Journal of Technology Management*, 2018;78:234-260.
- [21] Turkina E, Van Assche A. Global connectedness and local innovation in industrial clusters. *Journal of International Business Studies*, 2018;49:706-728.
- [22] Bengtsson M, Kock S. Coopetition in business networks—to cooperate and compete simultaneously. *Industrial Marketing Management*, 2000;29:411-426.
- [23] Xu R, Wu JL, Gu JB, Raza-Ullah T. How inter-firm cooperation and conflicts in industrial clusters influence new product development performance? The role of firm innovation capability. *Industrial Marketing Management*, 2023;111:229-241.
- [24] Mendes T, Braga V, Silva C, Ratten V. Taking a closer look at the regionally clustered firms: How can ambidexterity explain the link between management, entrepreneurship, and innovation in a post-industrialized world? *The Journal of Technology Transfer*, 2023;1-47.
- [25] Mudambi R, Mudambi SM, Mukherjee D, Scalera VG. Global connectivity and the evolution of industrial clusters: From tires to polymers in Northeast Ohio. *Industrial Marketing Management*, 2017;61:20-29.
- [26] Liu X. Research on circular economy and industrial clusters. *Management & Engineering*, 2014;26.
- [27] Lund-Thomsen P, Lindgreen A, Vanhamme J. Industrial Clusters and Corporate Social Responsibility in Developing Countries: What We Know, What We do not Know, and What We Need to Know. *Journal of Business Ethics*, 2016;133:9-24.
- [28] Bocken N, Pinkse J, Darnall N, Ritala P. Between Circular Paralysis and Utopia: Organizational Transformations towards the Circular Economy. *Organization & Environment*, 2023;10860266221148298.
- [29] Razminiene K, Tvaronaviciene M. Detecting the linkages between clusters and circular economy. *Terra Economicus*, 2018;16:50-65.
- [30] Razminienė K, Vinogradova-Zinkevič I, Tvaronavičienė M. Tracing Relationship between Cluster's Performance and Transition to the Circular Economy. *Sustainability*, 2021;13.
- [31] Publications.parliament.uk. 4 Textile waste and collection [Online]. Available:

- <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmenvaud/1952/reportfiles/195207.htm> [Accessed Retrieved 18 July 2023].
- [32] Lau YL. Reusing pre-consumer textile waste. SpringerPlus, 2015;4
- [33] Galletta A. Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond: From Research Design to Analysis and Publication, New York: NYU Press; 2013.
- [34] Guest G, Bunce A, Johnson L. How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 2006;18:59-82.
- [35] Gioia DA, Corley KG, Hamilton AL. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology. *Organizational Research Methods*, 2013;16:15-31.
- [36] Saldana J. *The Coding Manual for Qualitative Researchers*, London: SAGE Publications, 2009.
- [37] Smith WK, Lewis MW. Toward a Theory of Paradox: A Dynamic Equilibrium Model of Organizing. *The Academy of Management Review*, 2011;36:381-403.
- [38] Smith WK, Gonin M, Besharov ML. Managing Social-Business Tensions: A Review and Research Agenda for Social Enterprise. *Business Ethics Quarterly*, 2013;23:407-442.
- [39] Slawinski N, Bansal P. Short on Time: Intertemporal Tensions in Business Sustainability. *Organization Science*, 2015;26:531-549.
- [40] Van der Byl CA, Slawinski N. Embracing tensions in corporate sustainability: A review of research from win-wins and trade-offs to paradoxes and beyond. *Organization & Environment*, 2015;28:54-79.
- [41] Hahn T, Pinkse J, Preuss L, Figge F. Tensions in corporate sustainability: Towards an integrative framework. *Journal of Business Ethics*, 2015;127:297-316.
- [42] Ashton WS, Fratini CF, Isenhour C, Krueger R. Justice, equity, and the circular economy: introduction to the special double issue. Taylor & Francis; 2022.
- [43] Jaeger-Erben M, Jensen C, Hofmann F, Zwiers J. There is no sustainable circular economy without a circular society. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021;168:105476.
- [44] Wuyts W, Marin J. "Nobody" matters in circular landscapes. *Local Environment*, 2022;27:1254-1271.
- [45] Figge F, Thorpe AS, Manzhynski S. Between you and I: A portfolio theory of the circular economy. *Ecological Economics*, 2021;190.
- [46] Strand R. Can there be a responsible narrative about the circular economy? The impossibilities of the circular economy. Routledge, 2022.
- [47] Marrucci L, Corcelli F, Daddi T, Iraldo F. Using a life cycle assessment to identify the risk of "circular washing" in the leather industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 2022;185:106466.
- [48] Stål HI, Corvellec H. A decoupling perspective on circular business model implementation: Illustrations from Swedish apparel. *Journal of Cleaner Production*, 2018;171:630-643.

Functional Study of Electrochemical the Effect of Silver Metal Doping on The Solid Electrolyte of LLTO

*¹ Zahra Yadi, ¹Nagihan Delibaş, ^{1,2} Aligholi Niaei

*¹ Sakarya University, Science Faculty, Physics Department, Türkiye

² Tabriz University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, Iran

Key words: Oxide perovskite, solid electrolyte, cation defect, ionic conductivity.

In recent years, due to the increase in environmental pollution and the reduction of fossil resources of electric vehicles, it has been noticed that commercial lithium-ion batteries have been liquid electrolytes, which are not safe in terms of safety issues, for this reason, the replacement of solid electrolytes has been suggested, oxide perovskites due to the structure that they have been given importance and attention in this case. The perovskite-type structured solid electrolytes with the $\text{Li}_{3x-3y}\text{La}_{(2/3)-x}\text{Ag}_y\text{Ti}_{1-y}\text{O}_3$ ($y=0.1$) have been prepared by pechini methods. Comprehensive analyses using X-ray Diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), Raman spectroscopy, Scanning Electron Microscope (SEM), and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) were conducted to investigate the crystalline structure, morphology and elemental composition, chemical state of the materials of the synthesized samples. Also electrochemical analyzes of impedance, cycle voltammetry, stability and charge-discharge with Al/LLTAO/Li cell were to direction the performance of the synthesized sample. According to the results upon the addition of Ag to the LiLaTiO_3 solid electrolyte, a transition in crystal structures from cubic to tetragonal due to the cation defect was observed. The results revealed a high total Li^+ conductivity ($6.90 \times 10^{-5} \text{ S.cm}^{-1}$), and notably, the lithium transference number of LLTAO-0.1 was found to be close to 1, attributed to the absence of oxygen vacancies and dense structure of the perovskite which facilitates the lithium-ion diffusion between electrodes. The absence of oxygen vacancies reduces impedance, allowing for more efficient ion transport throughout the material. Moreover, the denser structure provides a higher density of conducting pathways, facilitating the movement of ions and electrons within the electrolyte. As a result, the combination of the absence of oxygen vacancies and the denser structure collectively enhances the overall conductivity and performance of the material, making it highly suitable for advanced applications in battery technology. Due to the intrinsically fast Li^+ migration channels and three-dimensional skeletal structure, LLTAO exhibits remarkable cycling performance and stability. The presence of cation defects significantly influence the concentration of cations, practically due to partial substitution in the B-site of the perovskite structure, thereby altering its electrochemical properties.

Whey and Chickpea Extract for Sustainable Protein Production: Fermentation with *Lactococcus garvieae*

*¹ Halil İbrahim Uzun, ² Harun Önlü

*¹ Mus Alparslan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering,
Türkiye

² Mus Alparslan University, Vocational School of Technical Services, Food Processing Department, Türkiye

Key words: Whey, single cell protein, lactic acid bacteria.

Increasing population and resource scarcity increase the need for sustainable protein production. Whey, a by-product of the food industry, is a potential raw material that can be utilised both in solving environmental problems and as an alternative protein source. As an alternative to traditional protein sources, microbial-based protein production (single cell protein - SCP) stands out as an important option in this context. In this study, SCP production was investigated by adding red lentil, green lentil and chickpea extracts to whey using *Lactococcus garvia*. The aim was to determine the efficiency of these legume extracts as nitrogen source and to obtain the highest protein yield. The results showed that chickpea extract provided higher SCP production compared to other legumes. The amount of SCP obtained in chickpea enriched media was 1692 mg/L, which was higher than green lentil (1272 mg/L) and red lentil (955 mg/L).

In conclusion, chickpea extract was evaluated as an effective nitrogen source for sustainable protein production. SCP has the potential to be used especially in areas such as food supplements, animal feeds and bioplastic production. In future studies, industrial scale production processes should be optimised and the potential of SCP in biotechnological applications should be further investigated. This study demonstrates how whey and legume sources such as chickpea can be utilised for sustainable protein production and shows that this area has significant potential for future research.

1. Introduction

With modernisation, increased development efforts and rising living standards have brought some concerns about food security. Population growth is projected to reach 9.7 billion by 2050, which will inevitably lead to increased competition for land, water and energy [1]. It is vital to develop sustainable food systems based on renewable food components. The increase in fresh water use, especially in agriculture, and the increase in greenhouse gas emissions are seen as problems that need to be solved as a priority. Nowadays, protein production other than traditional methods is carried out for various purposes, especially feed and biopolymers. They are produced from plants (wheat gluten, soya, pea, corn zein, cottonseed protein, etc.) and animal products (whey, casein, collagen, gelatin, keratin, fish myofibril protein, etc.) [2-4]. However, the fact that vegetable protein production requires arable land and fresh water brings some problems in terms of compliance with the United Nations (UN) sustainable development goals [5]. The use of proteins obtained from products needed in food supply for different purposes, especially biopolymers, raises questions about sustainability [5,6]. For this reason, it is necessary to create alternatives other than plant and animal products for protein production.

Microorganisms, thanks to their protein content, offer the opportunity to produce a wide variety of protein-based products, including biopolymers [7]. Protein production can be done directly

from raw microorganism biomass. Therefore, this requirement can be overcome and renewable protein-based products can be produced without the use of chemical agents used in the extraction of other microbial polymers such as polyhydroxybutyrate (PHB). Microorganismal proteins (MP), which can also be used as plastic raw materials, are reported to have superior mechanical and biodegradability properties and offer an opportunity to prevent the formation of plastic waste, especially microplastics, in the environment [8]. Considering their high biodegradability, functional properties and potential edibility, MP-based biopolymers are particularly suitable for food packaging and medical applications [9]. However, it is known that more research is needed to improve the mechanical-physical properties of MP-based biopolymers and to expand their application areas [10,11].

Microorganism-based single cell proteins (SCP), which are currently consumed as feed and food supplements, are an innovative and alternative source of dead and dry microbial biomass such as bacteria, fungi and algae cultured on agricultural wastes and industrial by-products [12-14]. SCP is produced by culturing microorganisms on various carbon sources such as agricultural and industrial wastes and then harvesting and processing the cells to obtain a protein-rich biomass [15]. Singha et al. (2021) defined a cell containing 66% protein, 6.3% total fat and 12.5% carbohydrate as SCP, although the name SCP refers to a single cell protein in a study for the production of plant SCP-based bioplastics [8]. Nasser et al. (2011) also defined SCP as the dried cell of a microorganism [15]. SCP is also used to produce other biopolymers such as cellulose, chitin and alginate, which have various applications in the food, pharmaceutical and biomedical industries. The use of SCP as a source of biopolymers is a promising research area for the development of sustainable and environmentally friendly materials [15]. The protein content of microorganisms varies between 60-80% of the total dry weight, while the remaining dry cell weight consists of carbohydrates, fats, vitamins and minerals [8]. The advantages of microorganism-based SCP over plant/animal proteins can be listed as follows; i) microorganisms grow faster than plants and animals, have higher protein content and more sulphur-containing amino acids. Therefore, protein production is higher [16]. Thus, there is an excess protein source that can be used in non-food applications such as safe bioplastic production [17,18]. ii) Different wastes such as agricultural wastes, food wastes, domestic and industrial wastewater can be used as substrates in microorganism production. Therefore, it can be easily produced and is not dependent on land or water use [19]. iii) In the process of protein-based bioplastic production from agricultural organic materials or agricultural wastes, it does not have disadvantages such as the need for pre-treatment of wastes, possible localisation and/or seasonality of wastes and the need for logistics operation [20]. iv) Large-scale water is not required as in microalgae and macroalgae-based SCP production [8]. v) SCP production does not contribute to high carbon footprint, fertiliser-induced soil pollution and groundwater pollution as in conventional agriculture using industrially produced nitrogen-based fertilisers [5,19]. Therefore, ecosystem and food safety risks that may arise from the use of agricultural products for bioplastic production can be eliminated [20]. vi) Since microorganisms can absorb carbon dioxide during their growth process, they are suitable for carbon neutrality [21,22], vii) Microbial growth is independent of climatic conditions and microorganisms can be grown in desired quantities throughout the year [15]. In summary, microorganism-based SCP-based biopolymer stands out with advantages such as environmental protection, environmental improvement and economy.

In addition, one of the reasons for the selection of microbial SCP as direct food, food additives and biomaterials is celiac disease, which occurs in approximately 1% of the world population [23]. It is stated that products produced from gluten-based SCP may carry health risks. Therefore, it is emphasised that gluten-free alternatives should be evaluated [24]. In addition,

while SCP production from bacteria, valuable secondary products such as PHB, polylactic acid (PLA), ectoine, lipid, exopolysaccharide (EPS) and vitamins can be obtained simultaneously [15,25]. Therefore, value-added SCP production technology is integrated with the concept of circular bio-economy for the development of environmentally friendly and sustainable products [26,27]. Besides the celiac risk, it is very important to ensure the safety of SCP in other biosafety issues. The absence of harmful toxins (endo/exo) or substances (heavy metals or metabolites) is mandatory [28,29]. This necessitates the selection of biosafe bacterial species. Lactic acid bacteria (LAB) are acid-tolerant, aerotolerant, nonaerobic, gram-positive, cytochrome-free, catalase-negative, fermentative bacteria that produce lactic acid as the main end product during sugar fermentation [30,31]. Many LAB species have probiotic and antimicrobial bioprotective properties. Due to these properties, LAB are 'generally recognised as safe - GRAS' bacteria [30,31]. Studies have shown that LAB have components such as organic acids, H₂O₂, CO₂, cyclic dipeptides, fatty acids, which inhibit the growth of yeasts and moulds, which are especially risky for food safety [32].

Polylactic acid (PLA) based bioplastics stand out at the intersection of LAB and biopolymers [33]. PLA is a biodegradable polyester synthesised by lactic acid polymerisation, lactide chain development or ring opening. As of 2019, it is recorded that the share of PLA in bioplastic production worldwide is 13.9 percent [34,35]. In PLA production, wastes such as various agricultural products, woody biomass and plant wastes, especially corn, can be used as substrate and starting material [35]. However, although the use of agricultural products and organic wastes as substrate and/or starting material in PLA production reduces production costs, it is stated that the potential risks of agricultural products to the ecosystem with soil, water and fertiliser requirements, food safety and food security risks, the necessary pre-treatment of lignocellulosic biomass, indirect fermentation and saccharification increase the cost [35]. In addition, various chemical solvents consumed during PLA extraction increase the costs and may also increase the chemical pollution load [36]. Therefore, bioplastic production using LAB-based SCP eliminates environmental concerns as well as biosafety and is considered economical.

In microorganism production, substrate is one of the most important components in terms of production efficiency and economy. It is stated that various wastes can be used as substrate in microbial SCP production [19]. The dairy industry, one of the largest and most important food industries today, generates a large amount of by-products other than the main product, which are commonly considered as waste but can be effectively utilised to develop value-added products [37]. Whey is a by-product mainly produced in the cheese making industry or dairy industry and is mainly composed of lactose, lactic acid, fats, proteins, various minerals, water-soluble vitamins and various other essential nutrients. According to the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and the Food and Agriculture Organisation (FAO), annual whey production worldwide is approximately 120 million tonnes [38]. Since whey has high Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) values, its management as a waste is of great importance. It is noted that whey can be used directly for protein extraction and can also be used effectively for microbial growth as it provides all the necessary nutrients for microorganisms [38]. According to 2018 data, approximately 50% of whey is discharged directly into the sewerage system or used as animal feed [38]. Revin et al. (2018) investigated the use of whey as a substrate to produce bacterial cellulose using *Gluconobacter B11267* strain bacteria [39]. It is reported that 5.45 g/L dry weight was successfully obtained in this study. The yield obtained was higher than that obtained with standard Hestrin-Schramm medium (2.14 g/L) [39]. In addition, Tsouko et al. (2015) successfully used whey as a substrate for different bacterial species [40]. Alkan et al.

(2019) used whey as a substrate for biosurfactant production with *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Lactobacillus rhamnosus* bacteria and showed that the results obtained were similar to the studies conducted with de Man, Rogosa, and Sharpe (MRS), which is a general medium for LAB [41]. There are many studies on the use of whey as a medium for LAB-mediated lactic acid production. Benaissa et al. (2017) added tomato juice and yeast extract to whey for fermentation with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* and compared it with whey and MRS media [42]. Accordingly, they reported that the biomass growth in whey was in the same range with the biomass growth in MRS medium. Krischke et al. (1991) concluded that in the fermentation of whey filtrate with *Lactobacillus casei subsp. casei* for lactic acid production, the best growth comparable to MRS medium occurred with the combination of yeast extract (5g/dm³) and hydrolysed whey retentate (50 g/dm³) [43]. Aeschlimann and Von Stockar (1990) obtained an increase in lactic acid conversion from 0.34 g/g to 0.92 g/g with the addition of yeast extract to whey (3.0 g/dm³) using *Lactobacillus helveticus* [44]. Chiarini et al. (1992) replaced yeast extract with beetroot molasses in the production of lactic acid from whey with *Lactobacillus helveticus* and obtained similar results with yeast extract [45]. Guerra et al. (2001) obtained 0.41 g/l biomass in whey with *Lactococcus lactis subsp. lactis* and 1.56 g/L biomass with MRS [46]. Apart from these studies, *Lactobacillus bulgaricus* [47]; Macwan et al. (2016) *Lactobacillus helveticus* [48], *S. thermophilus*, *Lactobacillus mesenteroides*, Rama et al. (2019) *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*; Panesar et al. (2010) with *Lactobacillus casei* [49], Sharma et al. (2021) with *Lactobacillus plantarum* [50] strains for lactic acid production in whey, they evaluated different parameters such as cell viability, lactose consumption, lactic acid production, proteolytic activity, amino acid release. In these studies, although whey is found to be sufficient as a source of carbon, peptide and amino acid, the necessity of nitrogen addition to the environment is emphasised. In addition, according to Hayek et al. (2019), manganese sulphate (MnSO₄·5H₂O) and magnesium sulphate (MgSO₄·7H₂O) are typically included in the medium for the growth and metabolic activity of microorganisms [51]. Mn²⁺ is essential for the growth and metabolic activity of most microorganisms including LAB. As seen in the mentioned studies, whey as a medium for the production of LAB-based products and biomass may be economically advantageous, although it lags behind MRS alone. However, studies on the biomass produced in whey in terms of LAB and the protein ratio in biomass are insufficient.

In this study, applications were carried out to realise SCP production by using LAB, which is accepted as biosafe as a SCP source, and to increase the SCP production efficiency of LAB with extracts to be obtained from red lentil, green lentil and chickpea, which are also considered as waste.

2. Materials and Methods

1. Use of Whey as Media for LAB and Determination of SCP Production Rates

In this project, *Lactobacillus sakei*, *Lactococcus garviae*, *Enterococcus faecium*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Weissella confusa* strains were used [52,53]

Whey was used as a substrate in a preliminary study carried out at the Molecular Biology Laboratory of Mus Alparslan University (MAUN) for these strains and growth was observed for all of the bacteria.

Bacterial strains were grown aerobically in 100 ml bottles containing 90 ml of medium on Mush Kashkaval Cheese whey medium obtained from a local cheese producer (Mush) (Revin et al., 2018). Whey was autoclaved at 121°C for 15 min, followed by centrifugation at 4°C and 6500 x g for 10 min to remove whey sediment. The supernatant obtained after removal of the

precipitates was adjusted to pH 6.7 with 5N NaOH. Then, it was autoclaved again at 121°C for 15 minutes to obtain a suitable medium [41]. The strains added to the medium were grown at 37°C for 24 hours [33]. At the end of growth, the bacterial cells were collected by continuous centrifugation at 5000 rpm for 10 min at 4°C. PBS (Phosphate Buffered Salt Solution) was used to remove impurities. To prepare PBS, 8 g NaCl, 0.2 g KCl, 1.44 g Na₂HPO₄ and 0.24 g KH₂PO₄ were dissolved in 1 l distilled water, pH was adjusted to 7.4 with NaOH and autoclaved at 121°C for 15 minutes and stored at 4°C. In order to remove impurities, the pellet (cells) was vortexed with 3 times the volume of PBS, centrifuged at 5000 rpm for 10 minutes at 4°C, and the pellet (cell pellets) was dried at room temperature and weighed [54].

2. LAB Determination of the Most Suitable Nitrogen Source

Although whey is thought to be sufficient for LABs in terms of nitrogen, LABs are generally species that especially need nitrogen source [42]. Therefore, in order to increase LAB production efficiency in whey, red lentil, green lentil and chickpea extracts were used as nitrogen sources in the production of some LAB species. Expired lentils and chickpeas were collected from local markets, washed with distilled water to remove impurities, and then dried in an oven at 45 °C for 2 hours. After drying, they were ground to a fine powder passing through a 150 micron mesh sieve, mixed with distilled water at a flour/water ratio of 1:15 and heated at 80 °C for 1 hour to extract the active compound from the lentils. The solution will be cooled to room temperature and centrifuged at 3500 rpm for 10 minutes to remove impurities. The supernatant was taken and oven dried to obtain lentil and chickpea extracts [55]. The obtained powdered extracts were added to whey at 1% [56]. Then LABs were grown as previously described in the step where only whey was used as substrate.

3. Results and Discussion

For SCP production, Mus Kashar Cheese whey was used as a substrate and *Lactobacillus sakei*, *Lactococcus garviae*, *Enterococcus faecium*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Weissella confusa*, strains were used [52,53]. According to our findings for these strains, there is no study in which SCP production capacity was directly determined. *L. lactis* [57] and *L. helveticus* [58] and *L. delbrueckii* [59] were evaluated for lactic acid production using whey and *Weissella* [60] for dextran production using whey. In the study with *L. plantarum* [61], the results were given as chemical oxygen demand and lactic acid conversion, but no biomass data were shown. Although there are studies on *L. cremoris*, *L. garviae*, *L. faecium*, *L. sakei* using whey, no SCP study was found [62].

Sweet whey is produced during the production of rennet-cured cheeses such as Kashar, Cheddar and Gouda. It typically has a pH value ranging from 5.6 to 7.0, an indication of its lower acidity compared to sour whey [63,64]. In contrast, sour whey is obtained from acid-precipitated cheeses, such as cottage cheese and Greek yoghurt, and has a much lower pH value, typically between 3.6 and 4.3 [64]. This difference in pH affects the solubility and stability of proteins and minerals in whey, and sweet whey is more suitable for further processing into protein powders and other value-added products (Risner et al., 2019). The content of whey varies seasonally. For the whey of Muş Kashkaval Cheese obtained in May 2024, the pH was 5.5. Average values for sweet whey are given in Table 1.

Table 1. Whey Components [63,65]

Component	Sweet Whey (mg/L)	Sour Whey (mg/L)
Total dry matter	63000 – 70000	63000 – 70000
Lactose	46000 – 52000	44000 – 46000
Protein	6000 – 9000	6000 – 8000
Calcium	400 – 600	1200 – 1600
Phosphate	1000 – 3000	2000 – 4500
Lactate	2000	6400
Chloride	1100	1100

The higher protein content in sweet whey makes it more attractive for the production of protein-rich products [66].

The average SCP amounts obtained in studies with different LAB strains in Mus Kashk cheese whey are given in Table 2.

Table 2. SCP Production Amounts of Different LAB Strains in Whey

LAB Strain	SCP Amount (mg/L)
<i>Enterococcus faecium</i>	383 mg/L
<i>Lactobacillus sakei</i>	251 mg/L
<i>Lactococcus garviae</i>	412 mg/L
<i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i>	324 mg/L
<i>Lactococcus lactis</i>	271 mg/L
<i>Weissella confusa</i>	159 mg/L

According to these results, *Lactococcus garviae* (371 mg/L) produced the highest SCP production in Mus Kashar Cheese Whey.

The presence of nitrogen plays a key role in metabolic activities and growth in the fermentation processes of LABs, which are shown as essential microorganisms. These bacteria primarily utilise peptides and amino acids as nitrogen sources required for protein synthesis and cellular functions [67,68]. The availability of nitrogen in the form of amino acids or peptides is critical for LAB growth because their ability to resynthesise these compounds is limited [69]. Studies have shown that the addition of nitrogen sources significantly increases the growth and metabolic activity of LAB, leading to increased fermentation efficiency [70,71]. The presence of nitrogen not only promotes growth but also increases the metabolic activity of LAB, leading to increased production of lactic acid and other fermentation by-products. Therefore, although whey is rich in nitrogen, it is inadequate compared to classical substrates which are richer in nitrogen source. Therefore, in order to determine the effect of nitrogen addition, nitrogen-rich red lentil, green lentil and chickpea extracts were added to whey and the studies were continued with *Lactococcus garviae*.

It is known that whey protein is mainly composed of whey proteins, which are rich in essential amino acids, making it a valuable source of nitrogen for microbial growth. The presence of lactose also provides a fermentable carbohydrate that can be utilised by LAB [72]. Red lentils have a high protein content, ranging from 23 to 29% depending on the variety [73,74] and are a good source of essential amino acids and minerals such as iron and potassium (Alghamdi et al., 2013). Green lentils also have a protein content that typically ranges from 26 to 28% [74,75]. It is also rich in dietary fibre and essential nutrients such as folate and iron [76]. Protein

isolates from green lentils can serve as an effective source of nitrogen in fermentation, similar to red lentils. Chickpea is rich in protein (about 20-25%) and contains a favourable amino acid profile, including high levels of lysine and arginine [77]. It is also a nutritious source of nitrogen for microbial fermentation, providing dietary fibre and essential minerals [77]. It can significantly influence the growth and metabolic activity of LAB. Studies have shown that the addition of nitrogen-rich substrates such as whey and legume protein concentrates can increase the growth rate and lactic acid production of LAB [70,71].

Chickpea showed significant efficacy in promoting the growth and SCP production of *Lactococcus garviae* during the fermentation process. Several factors may contribute to this phenomenon, including the nutritional composition of chickpea, its functional properties and metabolic interactions occurring during fermentation. The protein content and quantity of chickpea, the presence of essential amino acids such as lysine and arginine [78] can be said to enhance the fermentation process when these products are used for protein synthesis and energy production [78,79]. Furthermore, chickpea contains several vitamins and minerals, including B vitamins, which are very important for the metabolic processes of LAB (Saez et al., 2022). Fermentation of chickpea flour with LAB has been shown to improve the nutrient profile by increasing the bioavailability of nutrients and reducing antinutritional factors such as phytic acid [78,80]. This improved nutritional quality makes chickpea an attractive substrate for fermentation. Furthermore, research has shown that fermentation of chickpea with LAB can lead to significant increases in lactic acid production, an important indicator of successful fermentation [78,80]. Studies have shown that chickpea flour fermented with selected LAB strains resulted in higher lactic acid levels and improved nutrient profiles compared to other legumes [78,80]. This efficacy can be attributed to the specific amino acid composition of chickpea, its functional properties and its ability to undergo fermentation processes that favour LAB growth. In conclusion, the efficacy of chickpea in promoting the growth of lactic acid bacteria and unicellular protein production can be attributed to its rich nutrient composition, favourable functional properties and metabolic interactions occurring during fermentation. These factors make chickpea an ideal substrate for fermentation processes aimed at producing high value functional foods. The ratios of *Lactococcus garviae* SCP obtained by adding different legume extracts as nitrogen source to Mus Kashar Cheese whey are given in Table 3.

Table 3. Effect of Different Nitrogen Sources on SCP Production

Extract type (1%)	SCP amount mg/L	Extract type (1%)	SCP amount mg/L
Chickpea			1692
Green Lentil			1272
Red Lentil			955

4. Conclusion

The results obtained in this study showed that chickpea extract was an effective nitrogen source for the production of SCP from whey using *Lactococcus garviae*. Chickpea significantly supported the growth of LAB and SCP production with its rich amino acid profile and nutrients provided during fermentation. SCP has the potential to be used in food and feed sectors with its high protein content. It can be utilised as a protein source especially in vegan and vegetarian diets, while it offers a sustainable and environmentally friendly alternative as animal feed. In addition, the use of microbial proteins in bioplastic production has a significant potential and it is possible to produce high value-added products such as biodegradable food packaging.

Future studies include detailed investigation of the nutritional and functional properties of SCP,

optimisation of production processes for industrial scale-up, and investigation of the effects of different LAB strains on SCP production. In particular, the potential of SCP in bioplastic production needs to be further investigated. In addition, the environmental and economic impacts of such production processes should also be analysed and the aim should be to optimise these processes in terms of sustainability. In conclusion, the efficiency of chickpea in fermentation processes has significantly increased the potential for obtaining a sustainable protein source from whey. However, further research is needed to transfer these processes to commercial and industrial applications.

Acknowledgments

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK, Project No: 124Z131) and the Muş Alparslan University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No: BAP-24-MMF-4901-02). The authors extend their gratitude to these institutions for their financial and technical support, which significantly contributed to the completion of this research.

References

- [1]. Koukoumaki DI, Tsouko E, Papanikolaou S, Ioannou Z, Diamantopoulou P, and Sarris D, *Carbon Resources Conversion* 2024;7 (2): 100195.
- [2]. Dubey NK and Dubey R, 'Edible films and coatings: An update on recent advances' *Biopolymer-based formulations*. Elsevier, p. 675–695.
- [3]. Kouhi M, Prabhakaran MP, and Ramakrishna S, *Trends in Food Science & Technology* 2020;103 248–263.
- [4]. Mohamed SA, El-Sakhawy M, and El-Sakhawy MA-M, *Carbohydrate polymers* 2020;238 116178.
- [5]. Matassa S, Batstone DJ, Hülsen T, Schnoor J, and Verstraete W, 'Can direct conversion of used nitrogen to new feed and protein help feed the world?', ACS Publications, 2015. ACS Publications, 2015.
- [6]. Ezeh AC, Bongaarts J, and Mberu B, *The Lancet* 2012;380 (9837): 142–148.
- [7]. Matassa S, Boon N, Pikaar I, and Verstraete W, *Microbial biotechnology* 2016;9 (5): 568–575.
- [8]. Singha S, Mahmutovic M, Zamalloa C, Stragier L, Verstraete W, Svagan AJ, Das O, and Hedenqvist MS, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2021;9 (18): 6337–6346.
- [9]. Areniello M, Matassa S, Esposito G, and Lens PN, *Trends in Biotechnology* 2023;41 (2): 197–213.
- [10]. Garavand F, Rouhi M, Razavi SH, Cacciotti I, and Mohammadi R, *International journal of biological macromolecules* 2017;104 687–707.
- [11]. Ghanbarzadeh B and Oromiehi A, *International journal of biological macromolecules* 2008;43 (2): 209–215.
- [12]. Ravindra P and others, *Biotechnology advances* 2000;18 (6): 459–479.
- [13]. Matassa S, Papiro S, Pikaar I, Hülsen T, Leijenhörst E, Esposito G, Pirozzi F, and Verstraete W, *Green Chemistry* 2020;22 (15): 4912–4929.
- [14]. Sharif M, Zafar MH, Aqib AI, Saeed M, Farag MR, and Alagawany M, *Aquaculture* 2021;531 735885.
- [15]. Nasser A, Rasoul-Amini S, Morowvat MH, Ghasemi Y, and others, *American Journal of food technology* 2011;6 (2): 103–116.
- [16]. Khoshnevisan B, Tsapekos P, Zhang Y, Valverde-Pérez B, and Angelidaki I, *Bioresource technology* 2019;290 121743.
- [17]. Matassa S, Boon N, and Verstraete W, *water research* 2015;68 467–478.

- [18]. Ulber R, Sell D, and Hirth T, Renewable raw materials: new feedstocks for the chemical industry. John Wiley & Sons, 2011.
- [19]. Pikaar I, Matassa S, Bodirsky BL, Weindl I, Humpenöder F, Rabaey K, Boon N, Bruschi M, Yuan Z, Van Zanten H, and others, Environmental Science & Technology 2018;52 (13): 7351–7359.
- [20]. Coppola G, Gaudio MT, Lopresto CG, Calabro V, Curcio S, and Chakraborty S, Earth systems and environment 2021;5 231–251.
- [21]. Crippa M, De Wilde B, Koopmans R, Leyssens J, Linder M, Muncke J, Ritschkoff A-C, Van Doorselaer K, Velis C, and Wagner M, A circular economy for plastics: Insights from research and innovation to inform policy and funding decisions. European Commission EC, 2019.
- [22]. Kumar R, Sharma P, and Bandyopadhyay S, Journal of Water Process Engineering 2021;40 101966.
- [23]. Renzetti S, Behr J, Vogel RF, Barbiroli A, Iametti S, Bonomi F, and Arendt EK, Food chemistry 2012;131 (4): 1076–1085.
- [24]. Gómez-Heincke D, Martínez I, Partal P, Guerrero A, and Gallegos C, Journal of the Science of Food and Agriculture 2016;96 (10): 3432–3438.
- [25]. Strong PJ, Xie S, and Clarke WP, Environmental science & technology 2015;49 (7): 4001–4018.
- [26]. Karan H, Funk C, Grabert M, Oey M, and Hankamer B, Trends in plant science 2019;24 (3): 237–249.
- [27]. Kaur G, Uisan K, Ong KL, and Lin CSK, Current opinion in green and sustainable chemistry 2018;9 30–39.
- [28]. Bourdichon F, Casaregola S, Farrokh C, Frisvad JC, Gerds ML, Hammes WP, Harnett J, Huys G, Laulund S, Ouwehand A, and others, International journal of food microbiology 2012;154 (3): 87–97.
- [29]. Murali Sankar P, Karthiba L, Shreedevasena S, Anantha Raju P, Vanitha S, Salama EA, Kamalakannan A, and Jeyakumar P, Food Microbiology Based Entrepreneurship: Making Money From Microbes 2023;153–172.
- [30]. Liu J-M, Fehér C, Cao M, Lu F, and Jensen PR, ‘Lactic acid bacteria: microbial metabolism and expanding applications’, Frontiers Media SA, 20219 : . Frontiers Media SA, 2021.
- [31]. Plavec TV and Berlec A, Microorganisms 2020;8 (2): 297.
- [32]. Akpınar D and Kılıç GB, Gıda 2012;37 (1): 47–54.
- [33]. Zhang Y, Kumar A, Hardwidge PR, Tanaka T, Kondo A, and Vadlani PV, Biotechnology progress 2016;32 (2): 271–278.
- [34]. Simangunsong DI, Hutapea TH, Lee HW, Ahn JO, Sitompul J, and others, J Eng Technol Sci 2018;50 (4): 578–587.
- [35]. Varghese S, Dhanraj N, Rebello S, Sindhu R, Binod P, Pandey A, Jisha M, and Awasthi MK, Chemosphere 2022;305 135390.
- [36]. Castro-Aguirre E, Iniguez-Franco F, Samsudin H, Fang X, and Auras R, Advanced drug delivery reviews 2016;107 333–366.
- [37]. Talan A, Pokhrel S, Tyagi R, and Drogui P, Bioresource Technology Reports 2022;17 100875.
- [38]. Pescuma M, de Valdez GF, and Mozzi F, Applied microbiology and biotechnology 2015;99 6183–6196.
- [39]. Revin V, Liyaskina E, Nazarkina M, Bogatyreva A, and Shchankin M, Brazilian Journal of Microbiology 2018;49 151–159.
- [40]. Tsouko E, Kourmentza C, Ladakis D, Kopsahelis N, Mandala I, Papanikolaou S, Paloukis F, Alves V, and Koutinas A, International journal of molecular sciences

- 2015;16 (7): 14832–14849.
- [41]. Alkan Z, Erginkaya Z, Konuray G, and TURHAN EÜ, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 2019;43 (5): 676–683.
- [42]. BENAÏSSA M, Halima Z-K, and KARAM N-E, *African Journal of Biotechnology* 2017;16 (30): 1630–1637.
- [43]. Krischke W, Schröder M, and Trösch W, *Applied microbiology and biotechnology* 1991;34 573–578.
- [44]. Aeschlimann A and Von Stockar U, *Applied Microbiology and Biotechnology* 1990;32 398–402.
- [45]. Chiarini L, Mara L, and Tabacchioni S, *Applied microbiology and biotechnology* 1992;36 461–464.
- [46]. Guerra NP, Rua ML, and Pastrana L, *International Journal of Food Microbiology* 2001;70 (3): 267–281.
- [47]. Ghasemi M, Najafpour G, Rahimnejad M, Beigi PA, Sedighi M, and Hashemiyeh B, *African Journal of Biotechnology* 2009;8 (1): .
- [48]. Macwan SR, Parmar SC, Prajapati JB, and Aparnathi KD, *Journal of Pure & Applied Microbiology* 2016;10 (2): .
- [49]. Panesar PS, Kennedy JF, Knill CJ, and Kosseva M, *Brazilian archives of Biology and Technology* 2010;53 219–226.
- [50]. Sharma A, Mukherjee S, Tadi SRR, Ramesh A, and Sivaprakasam S, *Lwt* 2021;139 110744.
- [51]. Hayek SA, Gyawali R, Aljaloud SO, Krastanov A, and Ibrahim SA, *Journal of Dairy Research* 2019;86 (4): 490–502.
- [52]. Onur M and Önlü H, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021;(32): 562–572.
- [53]. Onur M and Önlü H, *Brazilian Journal of Microbiology* 2024;55 (1): 663–679.
- [54]. Kunasundari B, Murugaiyah V, Kaur G, Maurer FH, and Sudesh K, *PLoS One* 2013;8 (10): e78528.
- [55]. Nomura K, Sakai M, Ohboshi H, and Nakamura A, *Food Hydrocolloids* 2021;117 106740.
- [56]. Altaf M, Naveena BJ, and Reddy G, *Food technology and biotechnology* 2005;43 (3): 235–239.
- [57]. Roukas T and Kotzekidou P, *Enzyme and microbial technology* 1998;22 (3): 199–204.
- [58]. Kulozik U and Wilde J, *Enzyme and microbial technology* 1999;24 (5–6): 297–302.
- [59]. El-Sabaeny A, *Microbiologia (Madrid, Spain)* 1996;12 (3): 411–416.
- [60]. Nachtigall C, Hassler V, Wefers D, Rohm H, and Jaros D, *International Journal of Biological Macromolecules* 2023;246 125631.
- [61]. Monkoondee S, Kuntiya A, Chaiyaso T, Leksawasdi N, Techapun C, Kawee-Ai A, and Seesuriyachan P, *Preparative Biochemistry and Biotechnology* 2016;46 (4): 392–398.
- [62]. Favaro L, Schirru S, Comunian R, Basaglia M, Casella S, Paba A, Daga E, Gombossy de Melo Franco B, de Souza Oliveira RP, Todorov SD, and others, *Environmental Engineering and Management Journal* 2012;11 (3 Supplement, S73): .
- [63]. Ohstrom AM, Buck AE, Du X, and Wee J, *Frontiers in Microbiology* 2023;14 1208284.
- [64]. Vargas SA, Ruiz-López II, Amador-Espejo GG, and Ruiz-Espinosa H, *International Journal of Dairy Technology* 2024;77 (2): 518–531.
- [65]. Yerlikaya O, Kınık Ö, and Akbulut N, *Gıda* 2010;35 (4): 289–296.
- [66]. Trindade MB, SOARES BC, Scudino H, Guimaraes JT, Esmerino EA, Freitas MQ, Pimentel TC, Silva MC, Souza SL, Almada RB, and others, *Food Science and Technology* 2019;39 (3): 788–791.
- [67]. Atilola OA, Gyawali R, Aljaloud SO, and Ibrahim SA, *Foods* 2015;4 (3): 318–327.
- [68]. Ayad AA, Gad El-Rab DA, Ibrahim SA, and Williams LL, *Fermentation* 2020;6 (3):

- 64.
- [69]. Park S-G, Ohk S-H, and Kim J-M, *KSBB Journal* 2015;30 (1): 33–37.
- [70]. Thitiprasert S, Jaiuae P, Amornbunchai N, Thammakes J, Piluk J, Srimongkol P, Tanasupawat S, and Thongchul N, *Scientific Reports* 2024;14 (1): 10522.
- [71]. Krull S, Brock S, Prüße U, and Kuenz A, *Fermentation* 2020;6 (4): 97.
- [72]. Szudera-Kończal K, Myszka K, Kubiak P, and Majcher MA, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2020;68 (39): 10799–10807.
- [73]. Barbana C and Boye JI, *Food & function* 2013;4 (2): 310–321.
- [74]. Moldovan O, Păucean A, Vlaic R, Bors MD, and Muste S, *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology* 2015;72 (1): 127–132.
- [75]. Montejano-Ramírez V and Valencia-Cantero E, *Agriculture* 2024;14 (1): 103.
- [76]. S. Santos C, Silva B, MP Valente L, Gruber S, and W. Vasconcelos M, *Foods* 2020;9 (4): 400.
- [77]. De Angelis D, Pasqualone A, Allegretta I, Porfido C, Terzano R, Squeo G, and Summo C, *Heliyon* 2021;7 (2): .
- [78]. Sáez GD, Sabater C, Fara A, and Zárata G, *Journal of Applied Microbiology* 2022;133 (1): 181–199.
- [79]. Silvestre-De-León R, Espinosa-Ramírez J, Pérez-Carrillo E, and Serna-Saldívar SO, *International Journal of Food Science & Technology* 2021;56 (10): 5178–5189.
- [80]. Vasilean I, Aprodu I, Garnai M, Munteanu V, and Patraşcu L, *Foods* 2021;10 (7): 1530.

Tarımsal Sulama Amacına Uygun Olarak Yağmur Sularının Arıtılmasını ve Depolanmasını Sağlayan Pratik Bir Yöntem

*¹ Mehmet Emre BURULDAY, ² Rukiye Sena ÇALIŞKAN ve ³ Eyüp DEBİK

*¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

² Mir Araştırma ve Geliştirme A.Ş., Prototip Saha Ar-Ge Birimi, İstanbul/Türkiye

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

Anahtar kelimeler: Yağmur suyu arıtma, arıtma tankı, rezervuar tankı, sürdürülebilir su kullanımı.

Özet

Yağmur sularının geri kazanılması ve faydalı hale getirilmesi amacıyla çeşitli toplama sistemleri, depolama tankları ve arıtma üniteleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yağmur suyundan kum ve yağlı bileşiklerin ayrıştırılmasını sağlayarak tarımsal sulama için depolanmasını mümkün kılan tankların tasarımı amacıyla fiziksel arıtım yöntemleri incelenmiştir. Tank malzemesi olarak uzun çalışma ömrü, kimyasal dayanıklılığı, üretim, montaj ve bakım kolaylığı ile sızdırmazlık özellikleriyle bilinen büyük çaplı HDPE sarmal borular kullanılmıştır. Arıtma tankının içerisine, sudaki kolloidal yapıdaki askıda katı maddeleri ve bulanıklığı gidermek amacıyla lamella filtre yerleştirilmiştir. Ayrıca, su yüzeyinde birikebilecek yağ tabakasını ayırmak için bantlı tip bir yağ sıyrıcı kullanılmıştır. Tank içerisindeki akış dengesizliklerini önlemek ve sistem kararlılığını sağlamak amacıyla, giriş-çıkış hızları, yüzey yükleri, yağ ve kum arıtma kapasiteleri ile lamella çöktürme alanı gibi parametreler optimize edilmiştir. Hidrolik hesaplar ve ortaya çıkan tasarımlar, sistemin %80-85 doluluk oranıyla çalışarak dört farklı debi ile toplamda 666 L/sn yağmur suyunu arıtıp depolayabileceğini göstermektedir. Bu sistem, farklı çalışma sahalarında yağış indekslerine bağlı olarak, yüksek hacimlerde yağmur suyunun tarımsal sulamaya uygun hale getirilmesini sağlamaktadır.

Key words: Rainwater treatment, treatment tank, reservoir tank, sustainable water use.

Abstract

Various collection systems, storage tanks, and treatment units are used to recover and repurpose rainwater for beneficial use. In this study, physical treatment methods are examined to design tanks that can separate sand and grease from rainwater, enabling its storage for agricultural irrigation. The tank material consists of large-diameter HDPE spiral pipes, known for their long service life, chemical resistance, ease of production, assembly, maintenance, and impermeability. A lamella filter is installed inside the treatment tank to remove suspended solids and turbidity from the colloidal structure of the water. Additionally, a belt-type oil skimmer is used to separate grease that may accumulate on the water surface. To prevent flow imbalances within the tank and ensure system stability, parameters such as inlet-outlet velocities, surface loads, grease and sand treatment capacities, and the lamella sedimentation area are optimized. Hydraulic calculations and the resulting designs allow for the treatment and storage of rainwater with a total capacity of 666 l/s with four different flow rates, operating at 80-85% occupancy rate. This system enables large volumes of rainwater to be made suitable for agricultural irrigation, depending on the rainfall indices of different operational areas.

1. Giriş

Artan nüfus, endüstriyel gelişmeler ve iklim değişikliği gibi sebeplerle, gelişmekte olan

ülkelerde su temini sistemleri büyük stres altındadır. Bu soruna çözüm bulmak amacıyla ihtiyaca yönelik yağmur suyu arıtma, gri su ve atıksuyun yeniden kullanımı ve tuzdan arındırma gibi alternatif su kaynaklarının kullanımına yönelik önlemler alınmakta ve çözümler geliştirilmektedir [1].

Yağmur suyu hasadı, suyun verimli ve sürdürülebilir kullanımını mümkün kılarak kentsel sürdürülebilirliğin artırılmasına olumlu yönde etki etmektedir. 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen 17 ayrı 'Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri' incelendiğinde yağmur suyu arıtma ve depolama sistemlerinin kullanılması önemli bir yere sahiptir [2];

- *Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına alma* (Hedef 6),
- *Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlama* (Hedef 7),
- *Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılma* (Hedef 11),
- *İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçme* (Hedef 13).

Yağmur suyunun arıtılması ve depolanması, doğal kaynakların korunması ve su tasarrufu açısından da ayrıca önemli bir uygulamadır. Yağmur suyu toplanıp arıtılarak farklı amaçlarla kullanılabilir hale dönüştürülebilir.

Yağmur suyunun kullanımı tarımda sulama, sanayi süreçlerinde soğutma suyu, bahçe sulama ve evsel ihtiyaçlar gibi çeşitli uygulamaları kapsamaktadır. Bununla birlikte su stresinde azalmaların görülmesi, içme suyu harici kullanımlar için kimyasal madde kullanımının azaltılması, erozyonun ve taşkınların azalması, su temini sistemlerinde enerji kullanımının azalması gibi pozitif etkiler sunmaktadır [3].

Yağmur suyu hasadının diğer bir önemli faydası ise daha düşük miktarda karbon emisyonuna sebep olmasıdır. Bu konuda yapılan çalışmalarda geleneksel yöntemler ile karşılaştırma yapılmıştır. Örneğin Virginia'da yapılan bir çalışmada yağmur suyu toplama sistemlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda yağmur suyu hasat sisteminin kullanımı ile sera gazı emisyonlarında %52'lik bir düşüş görülmüştür [4].

Yağmur suyunun kalitesini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlardan bazıları çevre koşulları, yağmurun düştüğü bölge, yağmurun toplandığı sistemin yapısı, depolandığı alanın özellikleri ve bekleme süresidir. Yağmur suyunun kalitesini etkileyen üç önemli unsur vardır. Bunlar;

- Sera gazları ve ağır metal içeren partiküler madde kirliliği
- Toplama sistemleri
- Depolama alanları'dır [5].

Morales-Figueroa ve arkadaşlarının [5] yaptığı çalışmada filtrasyon, adsorpsiyon ve dezenfeksiyon metotlarının birlikte kullanımı üzerine denemeler yapılmıştır ve sonuçlar farklı çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Yağmur suyu arıtma performansı, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) su kalite parametreleri ile karşılaştırılmıştır. Yağmur suyunda bulunan E. coli, bulanıklık ve toplam çözünmüş maddenin gideriminde filtrasyon+dezenfeksiyon; PO₄³⁻, NH₄⁺, E. coli, toplam çözünmüş madde, KOİ ve BOİ₅ gideriminde ise filtrasyon+adsorpsiyon metotlarının etkili arıtma yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon ve filtrasyon yöntemleri, diğer arıtma tekniklerine kıyasla daha yüksek giderim verimliliği sunmuştur. Sonuçta arıtılan su, ikincil kullanımlar için uygun olmasına karşın, içeriğindeki organik maddeler nedeniyle insan tüketimi için uygun değildir.

Vietnam'da gerçekleştirilen bir araştırmada [6] Vietnam'ın kuzey bölgelerinde belirli kamu hizmetleri için inşa edilen yağmur suyu hasat sistemlerinin performansı incelenmiştir. Bu sistemler, yağmur suyunu toplamakta, paslanmaz çelik tanklarda depolamakta ve karmaşık bir

filtrasyon ünitesi ile Ultraviyole (UV) dezenfeksiyon sistemi kullanarak arıtmaktadır. Beş yılı aşkın bir süre gerçekleştirilmiş olan bu çalışmanın bulguları, arıtmadan önce yağmur suyunun bakteriyel kontaminasyona maruz kaldığını ve bu nedenle doğrudan içme suyu amacıyla kullanılamayacağını ortaya koymuştur. Ancak, arıtma işleminden sonra su, tüm parametreler açısından içme suyu standartlarına uygun hale gelmiştir. Areerachakul ve arkadaşlarının [7] yaptığı çalışmada Granüler aktif karbon (GAC) filtrasyonu, çözülmüş organik maddeyi gidermek için mikrofiltrasyona (MF) ön işlem olarak kullanılmıştır. GAC filtrasyonu sonrasında, GAC üzerinde oluşan biyofilmin, 15, 10 ve 5 cm'lik yatak filtre derinlikleri için çözülmüş organik maddeyi sırasıyla %40, %35 ve %15'e kadar giderdiği bulunmuştur. Singh ve ekibinin [8] yaptığı çalışmada yağmur suyu arıtımında kullanılan filtrasyon, UV dezenfeksiyon, klorlama, ozonlama, solar dezenfeksiyon ve solar pastörizasyon metotları avantaj ve dezavantajları bakımından karşılaştırılmıştır. Bu teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanmasının, maliyete, yönetim kolaylığına ve suya erişime bağlı olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda çeşitli ülkelerde hasat edilmiş yağmur suyunun kalite testlerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

Kennedy ve arkadaşlarının [9] araştırmasında, toplanan yağmur suyunun polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) açısından potansiyel kirlenme kaynakları, etkileri ve insan sağlığına yönelik olası riskleri değerlendirilmekte olup, bu çalışmada mevcut bilgilere genel bir bakış sunulmuştur. Yapılan analizlerdeki PAH konsantrasyonlarının ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından belirlenen standartları aştığı tespit edilmiştir.

Ayaz ve arkadaşlarının [10] yaptığı çalışmada evlerden çıkan gri suların ve yağmur sularının makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle oluşan basit arıtma yöntemi ile arıtılarak kullanma ve içme suyu olarak geri kazanılması amaçlanmıştır. Bunun için saksıya ekilen maydonoz tohumlarının ekilip büyütülmesi denenmiştir ve sonuçta en fazla gelişen bitkinin arıtılan gri su ile sulanan saksıdaki tohum olduğu gözlemlenmiştir.

Yağmur suyunun arıtılması genellikle filtreleme, dezenfeksiyon ve yumuşatma gibi adımlardan oluşur. Filtrasyon işlemi, yağmur suyundaki katı parçacıkları ve yabancı maddeleri uzaklaştırmak için kullanılır. Bu çalışma, fiziksel arıtma metodu kullanılarak yağmur suyu içindeki kum ve yağlı bileşenlerin filtrasyonunu içermektedir. Kullanılan yöntem ve yapılan tasarım ile hem düşük maliyetli hem de uygulanabilirliği yüksek, pratik bir sistem geliştirilmiştir.

2. Materyal ve Metod

Çalışmada tasarlanan yağmur suyu arıtma ve depolama tankları HDPE malzemedен üretilen sırasıyla 2000 mm ve 1500 mm çaplı sarmal borulardan oluşmaktadır. Fiziksel arıtmanın gerçekleştirileceği boruların içerisine yağmur suyunda bulunan kum ve yağın ayrıştırılması amacıyla Lamella filtre ve Bantlı Yağ Sıyırıcı bileşenleri eklenmiştir. Rezervuar tankı görevi göreceğ borular içerisinde ise suyun tahliyesi için dalgıç pompa kullanılmıştır.

2.1. Yağmur Suyu Arıtma ve Depolama Yöntemi

Tank malzemesi olarak kullanılan HDPE Sarmal Borular (Şekil 1 Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.); yağmur sularının depolanması, kanalizasyon sistemleri, atıksu uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu borular uzun ömürlü ve ekonomik olmasının yanı sıra iç yüzeyinde yosun ve bakteri oluşumunu engellemesi sebebiyle hijyenik olarak değerlendirilebilmekte; çok geniş bir aralıktaki farklı çaplarda üretilebilmekte ve elastomerik contalı veya elektrofüzyon kaynaklı birleştirme yöntemleri kullanılarak kolaylıkla montaj edilebilmektedir.



Şekil 1. HDPE sarmal boru

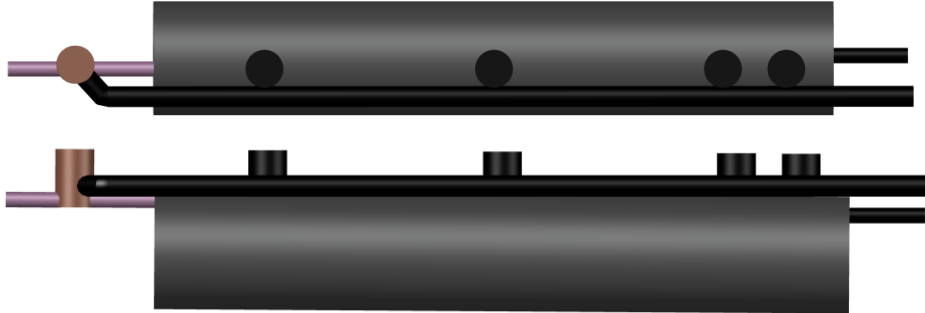
Yağmur suyu arıtma tankı ile yağmur suyu içerisinde bulunan kum ve yağlı bileşiklerin ayrıştırılması sağlanmaktadır. Arıtma sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

a. Dengeleme tankı

Yıllık yağış miktarına bağlı olarak tanka gelen yağmur suyu miktarı değişebilir. Dengeleme tankı, bu dalgalanmaları düzenleyerek arıtma işlemlerinin verimliliğini artırır. Arıtma tankına aşırı yük (maksimum yağmur suyu debisi) gelmesi halinde dengeleme tankı devreye girerek tank kapasitesini aşan suyun bypass hattından deşarj edilmesini sağlar. Ayrıca lamellere gelen su debisindeki en küçük dalgalanmalar bile çöktürme performansını olumsuz yönde etkileyebileceğinden dengeleme tankının en önemli vazifesi lamellere gelen su debisini sabit tutmasıdır.

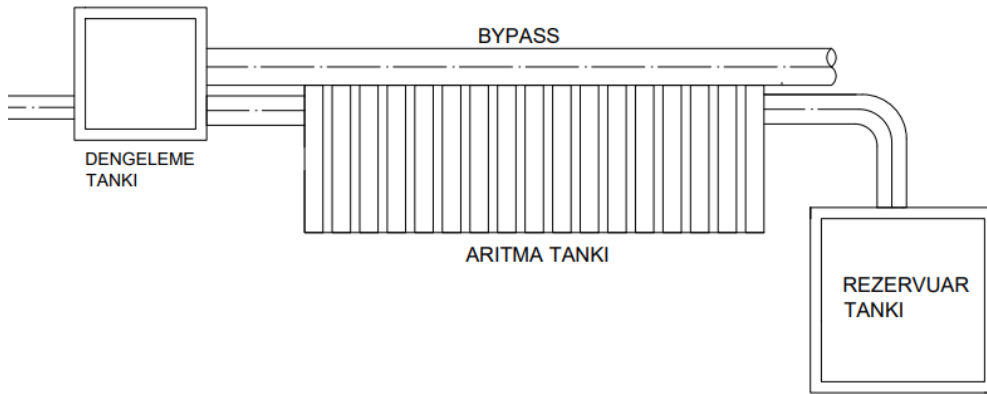
b. By-pass hattı

Bypass hattı, acil durumlarda ve bakım/onarım hallerinde alternatif bir tahliye borusu olarak kullanılmaktadır. Şekil 2’de dengeleme tankı ve by-pass hattının arıtma tankındaki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 2. Dengeleme tankı ve by-pass hattının 3 boyutlu temsili modeli

Tasarlanan sistemin şematik görünümü Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Arıtma tankı için sistem diyagramı

c. *Giriş borusu*

Arıtma tankına gelen yağmur sularında kum, çakıl ve yağ gibi maddeler bulunmaktadır. Bu maddelerin sudan ayrıştırılabilmesi için giriş boru çapları 400 mm tasarlanarak yeterli hidrolik bekletme süresi sağlanmıştır.

d. *Perdeler*

2000 mm'lik çapa sahip tanklara giren su, üst perdeye çarpmaktadır. Bu perdenin kullanım amacı tanka giren suyun hızını kesmek ve tank içinde dengeli bir şekilde yayılmasını sağlamaktır. Bu sayede tankın içindeki kum, çakıl vb. katı maddelerin çökmesi kolaylaşarak arıtma verimliliği artmaktadır. Tank tabanına yerleştirilen perdeler vasıtasıyla suyla birlikte taşınan katı maddelerin dipte çökmesi sağlanmaktadır.

e. *Menholler*

Arıtma tankına yerleştirilen menholler ile dipteki kum tabakası temizlenmektedir. Bu menholler tank içerisinde bakım ve onarım işleri için de kullanılabilir.

f. *Lamella filtre ve Bantlı yağ sıyrıcı*

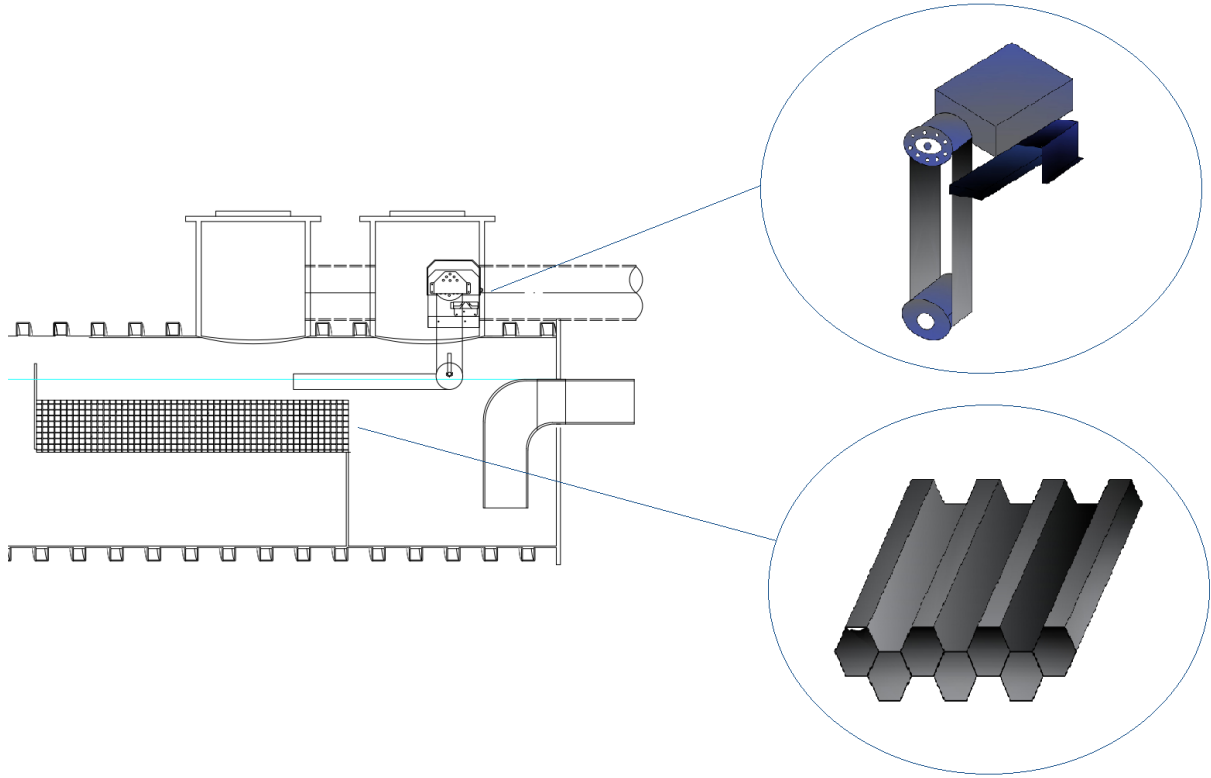
Arıtma tanklarında yer alan lamella ile kum ve yağlı bileşikler, yüzdürme ve çöktürme işleminin eş zamanlı gerçekleşmesi sayesinde, yağmur suyundan ayrılmaktadır.

Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.'te gösterilen lamella durultucu plakaları, sudaki kolloidal yapıda bulunan askıda katı maddelerin ve bulanıklığın giderimi için uygulanmaktadır. Plaka aralıklarının dar olması yüzey alanını artırır ve bu sayede etkili bir çökeltme gerçekleşmiş olur. Lamella plakalarının daha verimli çalışabilmesi amacıyla %55 eğimli yerleşim yapılmıştır. Seçilen lamella 60 derece sıcaklığa dayanıklı PVC malzemeden yapılmıştır ve net kalınlığı 1-1,2mm olarak üretilmiştir.

Üst tabakada biriken yağlar, Şekil4'teki gibi bir bantlı tip yağ sıyrıcı ile toplanarak tanktan uzaklaştırılmaktadır.

Yağ sıyrıcı kullanımı sudan yağ ayırmanın en etkili ve güvenilir yöntemidir. Yüzeyde biriken yağı yağ filminin kalınlığına bağlı olarak belirli bir hızla ayırır. Yağ sıyırma işlemi yapılırken su ve yağ arasındaki yoğunluk farkından faydalanılır.

Yoğunluğu düşük olan yağ yüzeye çıkar ve bu yağlar sıyrıcı bant tarafından yakalanarak dışarıya atılır. Tank içerisinde bantlı yağ sıyrıcıdan sonra eklenebilecek bir yağ filtresinin yükü de bu sayede azalmış olur.



Şekil 4. Lamella filtre [11] ve bantlı tip yağ sıyrıcı [12]

g. Çıkış borusu

Arıtılan su, çıkış boru hattıyla tanktan alınmaktadır. Çıkış boru çapı 400 mm tasarlanmıştır. Çıkış çapı dikkate alınarak taşkın, sel gibi standart yağış endeksinin yüksek olduğu durumlarda su tahliyesinin emniyetini sağlamak amacıyla bypass hattı eklenmiştir. Aynı zamanda, temiz suyla birlikte katı maddelerin taşınmasının önlenmesi amacıyla çıkış suyu hızının pratik olarak 1,5 - 2 m/s civarında tutulması güvenlidir. Arıtma sistemi; hareketli yükler, su basıncı gibi dış faktörlerden etkilenmeyecek ve çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca bakım ve onarım faaliyetleri için de uygun olarak tasarlanmıştır.

Arıtma tankından çıkan su, rezervuarda depolanır. Bu sayede arıtılmış su gerektiğinde tarımsal sulamaya iletilir. Yani ihtiyaç duyulan zaman ve miktara göre suyun alınması kolaylaştırılır.

2.1.1. Tank Tasarımı İçin İncelenen Parametreler ve Hidrolik Hesaplar

Yağmur suyu arıtma sisteminde debi değişikliklerine göre dört farklı uzunlukta arıtma tankı tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada sadece 18 metre uzunluklu tank üzerinden ilerlenecektir.

Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.'de arıtma tankına ve Tablo 3'de rezervuar tankına ait veriler gösterilmektedir.

Tablo 2. Arıtma tankı verileri

Numara	Tank Çapı (mm)	Debi (l/s)	Tank Uzunluğu (m)	Tank Hacmi (m ³)
1	2000	92	18	53

Tablo 3. Örnek rezervuar tankı verileri

Numara	Tank Çapı (mm)	Tank Uzunluğu (m)	Tank hacmi (m ³)
--------	----------------	-------------------	------------------------------

1	1500	17	30
---	------	----	----

Tankta doluluk oranı, su arıtma sisteminin emniyeti ve doğru çalışması için önemli bir parametredir. %80-85 oranında doluluk yüzdesi olması optimum çalışma şartları için yeterli ve gereklidir. Buna göre bu oranı sağlayan su yüzeyi genişliği 1,6 m alınacaktır.

Tank hacmi silindirik ve çapı 2 m'dir. Doluluk oranı %80 kabul edilmiştir. Debi ve tank alanı kullanılarak tank içi su hızı hesaplanabilir. Boyutlandırmada kullanılan önemli parametrelerden biri olan yüzey yükü ve hidrolik bekletme süresi için Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği'ne göre 0,1 mm ve daha büyük çaptaki danelerin çöktürülmesi için yüzey yükü, 24 m/sa değerinin altında ve hidrolik bekletme süresi 45-90 sn aralığında olmalıdır.

Tedarik edilecek lamel boyutları Tablo 4'te verilmiştir. Lamel plakası için lamel hacmi, yüzey alanı ve yüzey yükleri hesaplanmıştır. Katalogda 1 m³ lamelin yüzey alanı 13 m² olarak verilmiştir ve yüzey yükünün 880 m/gün'den düşük olması önerilir.

Tablo 4. Lamel Boyutları

Numara	Lamel Boyu, m	Lamel Eni, m	Lamel Yüksekliği, m
1	3	1.8	0.5

2.1.2. İncelenen Standartlar ve Test Prosedürleri

Standartlar

Dünyanın farklı bölgelerinde yağmur suyunun kullanımına ilişkin standartlar ve düzenlemeler getirilmiştir. Bu düzenlemeler değişken olup içme suyu, temizlik ve hijyen amaçlı kullanım suyu, kullanım suyu gibi farklı kalemlerde ele alınmıştır [13].

Bu çalışmanın hesaplarının ve sonuçlarının değerlendirilebilmesi amacıyla Türkiye'de atıksu arıtımı için kabul edilen yöntemleri kapsayan Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği, hafif sıvılar için ayırma sistemlerinin çeşitli yönlerini ele alan TS EN 858 Standardı, termoplastik malzemeden imal edilen, spiral sarımlı yeraltı drenaj, yağmur suyu ve kanalizasyon sistemlerini içeren TS 12132 Standardı kullanılan referanslar arasındadır.

Test Prosedürleri

Sistem bileşenlerinin su geçirmezliği için TS EN 858/2'de su basıncı testi yer almaktadır. Deney düzeneği, ayırma sistemi için imal edilen özdeş malzemeler, kaplamalar ve bağlantı contaları kullanılarak kurulmalıdır. Kurulan deney düzeneği kapatılmalı, su ile doldurulmalı ve en az 2 saat boyunca 0,5 bar'lık bir su basıncına tâbi tutulmalıdır. Herhangi bir kaçak olmamalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 2004).

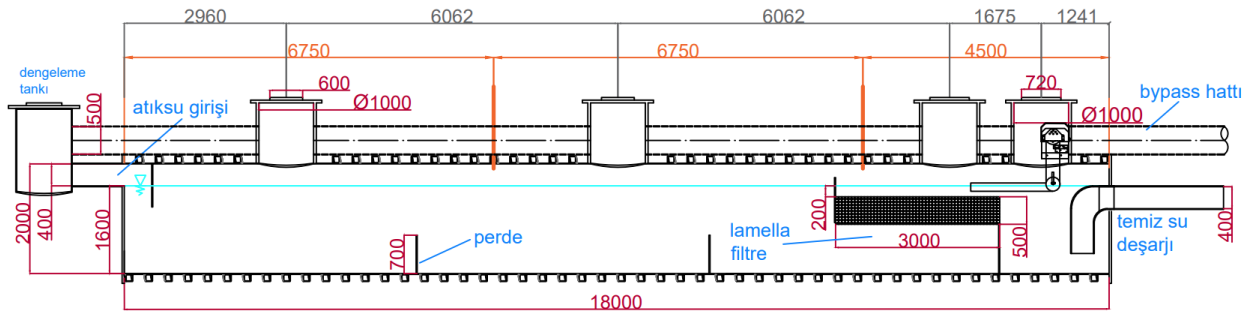
DIN EN 1610'da su geçirmezlik kontrolü için basınçlı hava ve su testi anlatılmaktadır. Bu standarda göre menholler ve muayene odaları su ile test edilmelidir. Menhollerin ve muayene odalarının hava testi personel için tehlikeli olabilir. Bu nedenle ulusal yönetmelikler tarafından yasaklanmamışsa, nominal çapı 1250 mm'ye eşit veya daha küçük olan menholler ve muayene odaları, yalnızca LA veya LB test yöntemi ile hava ile test edilebilir. Arıtma ve rezervuar tanklarında 720 mm ve 600 mm şeklinde iki farklı menhol türü kullanıldığından LA veya LB test yöntemlerine tabiidir. Farklı bir yöntem ise boruların ve bağlantı parçalarının, menhollerin ve muayene odalarının, örneğin havalı boruların ve sulu menhollerin ayrı ayrı test edilmesi olabilir. Testi uygularken LD metodu kullanılacağı için başlangıç basınç değeri (P0) 200 mbar alınmıştır. Bu değer test esnasında hatalı ölçüm oluşmaması açısından %10 artırılarak 220 mbar kabul edilir. Test süresinin hesaplanmasında Denklem 1 kullanılmıştır.

$$t = \frac{1}{K_p} \cdot \ln \frac{P_0}{P_0 - \Delta P} \dots \dots \dots (1)$$

Buna göre test süresi yaklaşık 9 dk olarak alınacaktır. Zaman ölçüm hassasiyeti ise 5 saniye olacaktır. İlgili standarda göre basınç farkı değeri 15 mbar alınacaktır. 30 saniyelik zaman aralıklarında basınç farkı 15 mbar'dan az ise "boru uyumludur" denilebilir [14].

3. Bulgular ve Tartışma

Hesaplanan sonuç değerleri Tablo **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'te verilmiştir. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'da tasarım detayları verilen arıtma tankında kullanılan dengeleme tankı, perdeler, lamella filtre, yağ sıyırıcı ekipmanları ve yapılan boyutlandırma hesaplamaları ile yüzey yükü, hız ve hidrolik bekletme süresi gibi parametreler müsaade edilen değer aralıklarında sağlanmıştır.



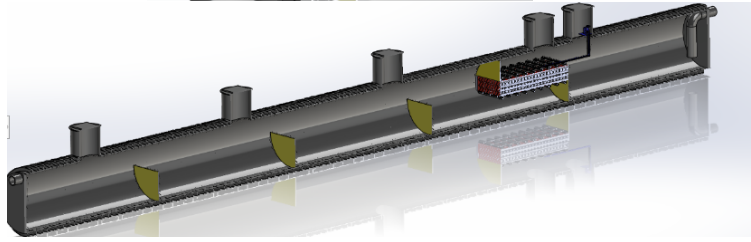
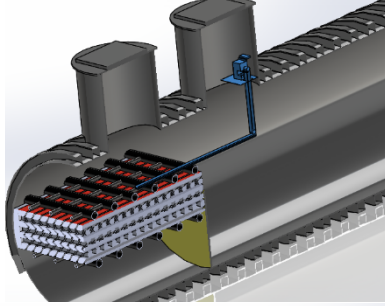
Şekil 4. Tank çizimi

Tablo 4. Arıtma tankı için sonuç değerleri

Parametre	1. Tank	2. Tank	3. Tank	4. Tank
Debi (L/sn)	92	141	177	256
Giriş borusu alanı (m ²)	0,078	0,078	0,078	0,126
Tank alanı (m ²)	2,669	2,669	2,669	2,669
Giriş borusu su akış hızı (m/sn)	1,181	1,810	2,272	2,038
Tank içi su akış hızı (m/sn)	0,034	0,053	0,066	0,096
Yüzey yükü (m ³ /m ² /sa)	17,250	15,863	12,445	11,520
Hidrolik bekletme süresi (sn)	348,130	378,582	482,531	521,289
Yağ miktarı (m ³ /sa)	0,039	0,060	0,075	0,108
Lamel yüzey alanı (m ²)	35,1	46,8	70,2	81,9
Lamel yüzey yükü (m ³ /m ² /gün)	226,462	260,308	217,846	270,066
Çıkış borusu alanı (m ²)	0,096	0,096	0,126	0,196
Çıkış borusu su akış hızı (m/sn)	0,957	1,466	1,409	1,304

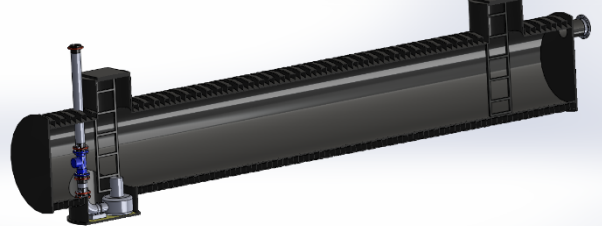
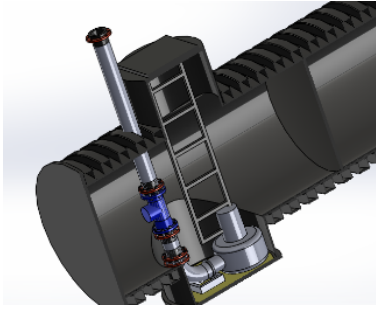
(b)'de arıtma ve rezervuar tanklarının detay çizimleri gösterilmiştir. Lamella filtrenin hemen sonrasında üst tabakada biriken yağların yönlendirilmesi amacıyla bir plaka

yerleştirilerek yağ toplama verimi artırılmıştır. Rezervuar tanklarında kullanılan pompa vasıtasıyla aşırı yağmur yükü ve diğer gerekli hallerde tanktan tahliye yapılabilecektir.



(a) Arıtma tankı lamel ve bantlı tip yağ sıyırıcı detayı

(b) Arıtma tankı kesiti katı modeli



(c) Rezervuar tankı pompa detayı

(d) Rezervuar tankı kesiti katı modeli

Şekil 5. Arıtma (a, b) ve rezervuar (c, d) tankları detay çizimleri

4. Sonuç

Bu çalışmada tarımsal sulamada kullanılmak üzere yağmur sularının arıtılması ve depolanması için ilgili tebliğ ve standartlar doğrultusunda yapılan ve HDPE sarmal borulardan oluşturulacak tankların tasarım hesap sonuçları ve teknik çizimleri gösterilmiştir.

Tasarlanan arıtma ve depolama tankları ile 666 L/sn kapasitede yağmur suyu arıtılarak sulama suyu, soğutma suyu gibi kullanımlar için geri kazanılabilir. Kullanılan lamella filtre ve yağ sıyırıcı ekipmanlar başta olmak üzere, tasarlanan tanklar içerisindeki perdeleme, giriş-çıkış ve menhol detayları ile pratik ve ekonomik sistemlerin geliştirilebileceği değerlendirilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Mir Araştırma ve Geliştirme A.Ş. firması Prototip Saha Ar-Ge Biriminde gerçekleştirilen Yağmur Suyunun Toplanması ve Ayrıştırılması Projesi kapsamında yapılmıştır. Desteklerinden dolayı Mir Ar-Ge A.Ş. firmasına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

[1] Imteaz M. A., Ahsan E., Nasir C., Rahman A., (2011). "Reliability Analysis of Rainwater

- Tanks in Melbourne Using Daily Water Balance Model”, *Resources, Conservation and Recycling*, 56(1), 80-86.
- [2] Link: <https://sdgs.un.org/goals> Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, 2024 / (bakıldı: 26 Eylül 2024).
- [3] de Sá Silva A. C. R., Bimbato A. M., Balestieri J. A. P., Vilanova M. R. N., 2022. “Exploring Environmental, Economic and Social Aspects of Rainwater Harvesting Systems: A Review”, *Sustainable Cities and Society*, Volume: 76.
- [4] Ghimire S. R., Johnston J. M., Ingwersen W. W., Hawkins T. R., 2014. “Life Cycle Assessment of Domestic and Agricultural Rainwater Harvesting Systems”, *Environmental Sciences & Technology*, 48(7), 4069-4077.
- [5] Morales-Figueroa C., Castillo-Suárez L. A., Linares-Hernández I., Martínez-Miranda V., 2023. “Treatment Processes and Analysis of Rainwater Quality for Human Use and Consumption Regulations, Treatment Systems and Quality of Rainwater”, *International Journal of Environmental Science and Technology*, Volume 20, 9369-9392.
- [6] Tran S. H., Dang H. T. T., Dao D. A., Nguyen V. A., Nguyen L. T., Nguyen V. A., Han M., 2021. “On-Site Rainwater Harvesting and Treatment for Drinking Water Supply: Assessment of Cost and Technical Issues”, *Environmental Science and Pollution Research*, Volume 28, 11928–11941.
- [7] Areerachakul N., Kitiphatmontree M., Kandasamy J., Kus B., Duangduen C., Pivsa-Art S., Vigneswaran S., 2009. “Submerged Membrane System with Biofilter as a Treatment to Rainwater”, *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, Volume 9, 431-438.
- [8] Singh S., Yadav R., Kathi S., Singh A. N., 2022. “Treatment of harvested rainwater and reuse: Practices, prospects, and challenges”, *Cost Effective Technologies for Solid Waste and Wastewater Treatment*, 161-178.
- [9] Kennedy E. O., Adams I., Raymond W., Ande S., 2022. “Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Harvested Rainwater in Warri and Agbarho, Nigeria”, *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, Volume 36, 79-789.
- [10] Ayaz Y., Kırpık M. A., Daldal T., Çakır S., Daldal A., 2024. “Evsel Atık Suları ile Yağmur Sularının Geri Dönüşüm Serüveni”, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 63-69.
- [11] Link: <https://lamellasettler.org/model-sw45/> SW Türkiye (bakıldı: 16 Temmuz 2024).
- [12] Link: <https://www.ufukmakina.net/> Ufuk Makina (bakıldı: 25 Temmuz 2024)
- [13] da Costa Pacheco P. R., Dumit Gómez Y., Ferreira de Oliveira I., Girard Teixeira L. C., 2017. “A View of the Legislative Scenario for Rainwater Harvesting in Brazil”, *Journal of Cleaner Production*, Volume: 141, 290-294.
- [14] Link: <https://shorturl.at/uinJe> European Committee for Standardization, 1997 / (bakıldı: 20 Eylül 2024).

Analyzing the Health Risks of Air Pollution on COPD in İstanbul

*¹ Ali Osman ÇEKER, ¹ Enes BİRİNCİ, ² Özkan ÇAPRAZ, ² Hüseyin OZDEMİR, ¹ Ali DENİZ

^{*1} İstanbul Technical University, Department of Meteorological Engineering, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Science, Climate and Marine Sciences, 34469, Maslak, İstanbul, Türkiye

Key words: PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, COPD, İstanbul, hospital admissions.

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is closely linked to inhaling harmful particulate matter in the atmosphere. This study analyzed COPD cases among 45-64-year-olds in İstanbul, related to air pollution, using a generalized linear model (GLM) for 2013-2015. Meteorological factors were considered for delays of 0-10 days. The effects of pollutants on the same day (Lag 0) and hospital admissions over ten days (Lag 10) were assessed using relative risk (RR). Daily PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂ concentrations, along with average temperature and humidity, were analyzed. Significant correlations between air pollution and COPD were observed over two years. A 10 µg/m³ rise in PM₁₀, observed with a 10-day lag, was found to have minimal influence.

1. Introduction

Pollution is the leading environmental factor causing illness and early death in modern society. Diseases related to pollution led to 9 million premature deaths in 2015, representing 16% of all deaths worldwide [1]. In 2019, 99% of the global population resided in areas where air pollution levels exceeded the guidelines set by the World Health Organization [2]. Air pollution in İstanbul has become a critical problem due to modernization and fossil fuel consumption. Increased traffic and emissions pose a major threat to human health, especially concerning cardiovascular, respiratory, and non-accidental deaths linked to PM₁₀ [3]. COPD is characterized by ongoing respiratory symptoms and is linked to extensive exposure to harmful airborne particles (GOLDCOPD, 2023). The global prevalence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is estimated to be around 174 million people [4] This study utilized hospital admission (HA) data for individuals aged 45 to 64, collected from all hospitals in İstanbul from March 1, 2013, to May 31, 2015, with separate data for total, male, and female admissions. The correlation between this data and air pollution was analyzed using the “DLNM” package in the R program. The relationship between air pollution in İstanbul (2013-2015) and HA due to COPD in the 45-64 age group was examined for three pollutants: PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂.

2. Materials and Methods

İstanbul is situated roughly between 28°E and 30°E longitudes and 41°N and 42°N latitudes. As Türkiye’s largest metropolis, it is home to over 16 million people and spans both Asia and Europe. Figure 1 shows the location of Türkiye and İstanbul.

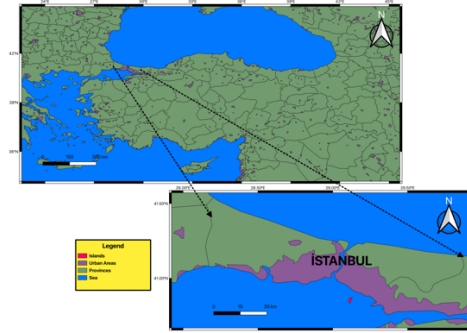


Figure 1: Location of Türkiye and İstanbul

The Turkish Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change manages the National Air Quality Monitoring Network, which provided hourly air pollution data from 2013 to 2015. This study utilized data on nitrogen dioxide (NO₂) and particulate matter (PM) with aerodynamic diameters of less than 10 and 2.5 micrometers. The Republic of Türkiye Ministry of Health database provided daily respiratory health aid records from 21 public hospitals in İstanbul between 2013 and 2015. This study employed a single-pollutant GLM with a distributed lag model (DLNM) to quantify the relationship between air pollutants and hospital admissions for COPD over various lag days, using Poisson regression. GLMs with natural cubic splines were constructed in R version 3.10.0, utilizing functions from the *dlnm* package (R Development Core Team, 2013). The DLNM package facilitates the identification and interpretation of distributed lag linear (DLMs) and nonlinear models (DLNMs). In this study, we examined the levels of three pollutants PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂ over nine consecutive days (lags 0–9). To calculate the average daily air pollution concentrations across İstanbul, data from ten air quality stations were aggregated and used as continuous variables in our statistical models.

3. Results and Discussion

The 0-9 day lag analysis results were calculated separately for men, women, and total hospital admissions (HA). The risk began on day L5 for both men and women. Additionally, considering the total values, lag values were slightly above the average on days L4 and L5 by one day. Therefore, it cannot be concluded that the increase in PM₁₀ concentrations poses a significant risk for COPD. Figure 2a, 2b and 2c illustrates the impact of PM₁₀ concentration on COPD in men. In other words, based on total hospital admissions, an increase in PM₁₀ concentration does not appear to significantly influence COPD.

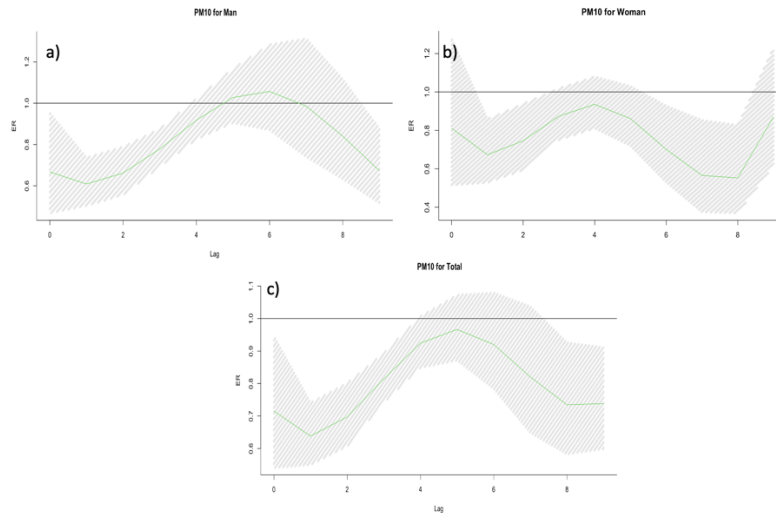


Figure 2: Effect of PM_{10} pollutant on HA for a) Man b) Woman and c) Total COPD at lag 0-9 days.

Figure 3a, 3b and 4c shows the cumulative effect of $PM_{2.5}$ concentration, another air pollutant, on COPD in men. According to the Figure, $PM_{2.5}$ had a significant impact on COPD starting from Lag 0. While the curve dropped below 1 and lost effect by the third day, a rise was noted again at Lag 8. Similarly, the effect of $PM_{2.5}$ on COPD in women, shown in Figure 3b, exhibited patterns comparable to those seen in men. Lastly, Figure 3c illustrates the impact of $PM_{2.5}$ on total COPD cases, with a notable effect, reaching an ER value of 1.2 on the first day. Although NO_2 has been identified as the pollutant with the highest risk for asthma and COPD hospitalizations in Berlin [5], $PM_{2.5}$ was found to be the greatest risk factor for hospitalizations in this study.

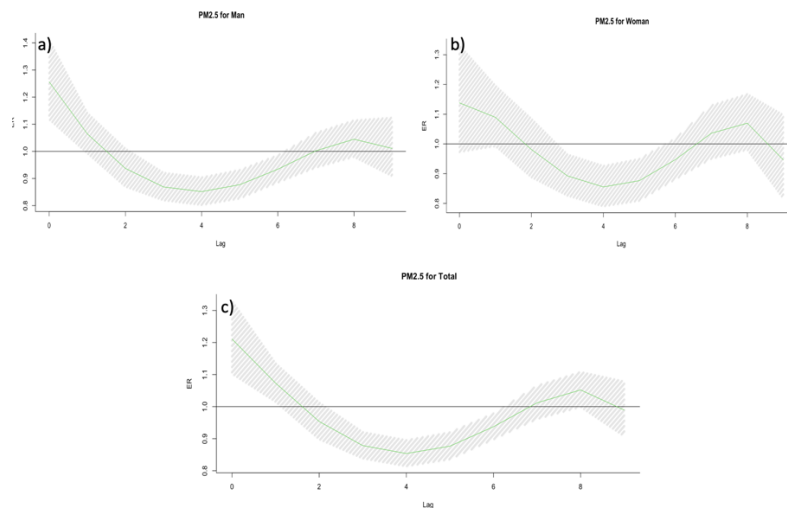


Figure 3: Effect of $PM_{2.5}$ pollutant on HA for a) Man b) Woman and c) Total COPD at lag 0-9 days.

Figures 4a, 4b, and 4c illustrate the effects of NO_2 on men, women, and the total patient population, respectively. In Figure 4a, the impact of NO_2 on men shows a pattern similar to that of $PM_{2.5}$. Figure 4b depicts the influence of NO_2 on COPD in women, which is comparable to that seen in men, though with a lesser effect. Finally, Figure 4c shows that NO_2 concentration had a positive effect on total COPD admissions, both in the early and later days.

Overall, while PM_{2.5} and NO₂ were associated with increased COPD cases, PM₁₀ did not show a significant effect on COPD incidence.

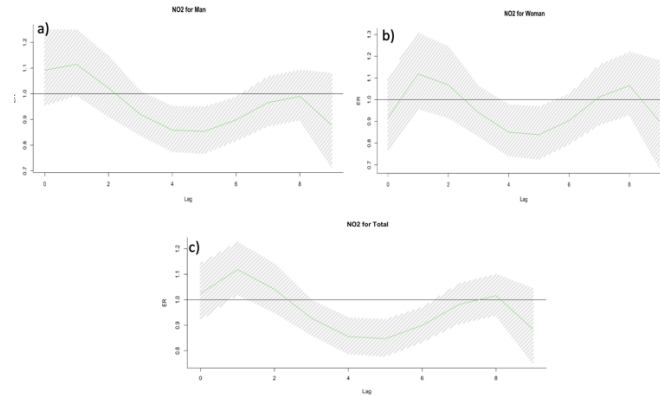


Figure 4: Effect of NO₂ pollutant on HA for a) Man b) Woman and c) Total COPD at lag 0-9 days.

4. Conclusion

This study aims to assess the impact of air pollutants PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂ on COPD in individuals aged 45-64. These pollutants pose serious health risks, particularly related to lung cancer and bronchial inflammation. Using ER values, calculated from daily averages of PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂ concentrations along with daily hospital admissions (HA) for men, women, and the total population, the study found that PM₁₀ did not significantly impact COPD from 2013 to 2015. However, PM_{2.5} and NO₂ were linked to an increased risk of COPD, with short-term exposure to these pollutants associated with higher HA among COPD patients, while PM₁₀ showed no effect.

Acknowledgments

Data was provided through the service procurement protocol on "reducing the effects of air pollution on the health budget". Thus, the authors thank the Turkish State Ministry of Health and the Turkish Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change for providing the related data.

Declarations

Ethics declarations: Ethics Board Of Health And Engineering Sciences Human Research At Istanbul Technical University (Date: 10.07.2024 and Decision No: İTÜ-SM.İNAREK-2024-02).

References

- [1] Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ... & Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The lancet*, 391(10119), 462-512.
- [2] WHO. Ambient (Outdoor) Air Quality and Health. Available online: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed on 15 March 2023).
- [3] Çapraz, Ö., Deniz, A., & Doğan, N. (2017). Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in İstanbul, Turkey, 2013 to 2015. *Chemosphere*, 181, 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.105>

- [4] Vos, T., Allen, C., Arora, M., Barber, R. M., Bhutta, Z. A., Brown, A., ... & Boufous, S. (2016). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The lancet*, 388(10053), 1545-1602. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31678-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31678-6).
- [5] Hoffmann, C., Maglakelidze, M., von Schneidemesser, E. et al. Asthma and COPD exacerbation in relation to outdoor air pollution in the metropolitan area of Berlin, Germany. *Respir Res* 23, 64 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12931-022-01983-1>,

Zararlı Sert Elektrokrom+6 Kaplamalara Alternatif Olarak Geliştirilen Çevre Dostu Akımsız Kaplamalar: Bibliyometrik Analiz (2000–2022)

*¹ Sezer TAN, ² Enes F. ERKAN, ² M.Fatih TAŞKIN, ² Abdullah H. KÖKÇAM,
¹ Hasan ALGÜL, ¹ Mehmet UYSAL, ² A. Talha ÇELİK, ¹ Figen ALGÜL, ² İbrahim USTA, ¹ Özer UYGUN,
¹ Ahmet ALP

*¹ Sakarya University, Engineering Faculty, Metallurgical and Materials Engineering Department, Türkiye
² Sakarya University, Engineering Faculty, Industry Engineering Department, Türkiye

Key words: Bibliometric analysis, citation analysis, co-citation analysis, co-word analysis, electroless coatings.

Today, surface coating applications are an indispensable application in terms of engineering. In addition to hard and wear-resistant current applications, electroless coating methods that are more environmentally friendly and can provide the same engineering properties are applied. Different types of metal, alloy and composite coatings can be made using electroless methods to achieve engineering results such as better hardness, wear and corrosion resistance.

Electroless methods are advantageous processes because they do not use electricity and have less potential to produce gas. Nickel mitel is the most widely used metal plating method to obtain surfaces that are resistant to both corrosion and wear. In this article, we conducted a bibliometric analysis study to determine the prevalence of this method in the academic field and to generate new ideas while technically examining the relevant literature. We filtered studies on this topic published in the last 20 years in the Scopus database. Using the Bibliometrix program, we demonstrated its use and sustainability by performing analyzes that will provide technical and visual infrastructure for future studies. In this way, we tried to ensure that a more environmentally friendly coating application becomes widespread.

1. Introduction

Electroless coating technology is an autocatalytic process that allows metal to accumulate on any surface via chemical reactions, without external electricity. Its main advantage is the ability to coat uniformly regardless of surface type or shape, making it widely applicable [1]. The technology has gained importance due to its control over coating thickness, improved wear resistance, soldering properties, and the ability to increase hardness through heat treatment [2]. Bibliometric analysis is a method for science mapping and visualizing research fields, helping researchers identify key studies and trends [3]. It provides a comprehensive view of scientific patterns and dynamics [4]. This study aims to use bibliographic data from past research on coatings to guide future studies, offering insights through the analysis of publication numbers, citations, and journal indexes. The Scopus database, one of the most comprehensive abstract and citation databases, was utilized for this analysis study. The main keyword groups used for the search included "nickel AND electroless," "composite coating," "alloy AND coating AND corrosion," "nickel AND electroless AND composite AND alloy AND coating AND corrosion AND tribology AND ni AND friction AND hardness AND wear AND deposition." The search was conducted for the period between 2000 and 2022. After filtering the results by source type, document type, and related discipline, 446 publications were obtained. These articles were then analyzed using a tool named Bibliometrix, which is developed for R software.

The rest of the study is organized as follows: The second part provides information on electroless coatings, while the third part explains the research methodology and the analysis method. The fourth part describes the application process, which is divided into two parts: bibliometric and network analysis. Finally, the fifth section presents the results of the study.

ELECTROLESS COATINGS

In electroless coating, metal ions precipitate onto a substrate through electrochemical reactions without using electricity [1,5,6]. This autocatalytic process, especially for nickel, provides uniform coatings on parts with various geometries, offering advantages like corrosion resistance, lubricity, wear resistance, and electrical properties [7-10]. The process involves a metal salt, reducing agent, complexing agents, stabilizers, and buffers to control coating speed and pH. The substrate is immersed in a heated solution, and the thickness is determined by dipping time. The method is used in industries like electronics, oil, aerospace, and automotive [7,9].

The first applications focused on nickel and cobalt alloys, and now metals like copper, gold, silver, and palladium are also used, with nickel being the most common [7,11]. Electroless nickel coatings are categorized into nickel-phosphorus, nickel-boron, and pure nickel, with sodium hypophosphite, borohydride, and DMAB as common reducing agents [7,12]. Nickel phosphor coatings are the most commonly applied coating type in electroless coating applications. The coating properties also differ according to the amount of phosphorus that changes the coating structure. Nickel phosphorus (Ni-P) coatings can be classified as low (1-3%), medium (4-10%), and high (11-13%) phosphorus content coatings, and most of the coating properties are directly related to the amount of phosphorus in the structure [13]. The Electroless Ni-P coating technique is used in many areas because it has excellent coating properties such as high corrosion resistance, wear resistance, good lubricity, high hardness, and acceptable ductility [14–16]. The conductivity of the coatings is lower than conventional conductors such as copper. However, the conductivity of the coatings can be increased 3-4 times with heat treatments. Electroless Ni-P coatings have a low coefficient of friction and do not show adhesion. The hardness values of the coatings are quite high, and there is a possibility of increasing these values with heat treatment [17].

Ni-B coatings can achieve up to 1200 HV hardness with heat treatment, making them suitable for aerospace and automotive applications [10,19]. Multi-alloy coatings, such as Ni-Co-P and Ni-W-P, offer improved magnetic and thermal properties, while composite coatings incorporate particles like SiC and PTFE to enhance wear resistance [11,18,20]. These coatings find use in industries requiring specific chemical resistance or hardness.

Furthermore, incorporating tungsten into the Ni-P coating enhances its thermal stability and mechanical properties. Combining copper or tin with electroless Ni-W-P baths results in quaternary Ni-W-Cu-P and Ni-W-Sn-P precipitates that exhibit higher crystallinity [11,21]. Electroless Ni-W-P coatings can be used as a potential material to protect biodiesel tanks from corrosive attack [22]. A new method for creating NiSi layers through the electroless coating of Ni alloys (Ni-P, Ni-W-P, Ni-W-B) on p-type Si (100) was proposed by Duhin et al. (2009) using palladium citrate-activated aminopropyltriethoxysilane (APTS). The electroless Ni coating method is an effective way to produce NiSi thin layers. It is relatively straightforward and does not need a vacuum deposition system, making it a less expensive and less complex alternative to evaporation and sputtering techniques [23].

Electroless composite coatings combine metallic and non-metallic additives to enhance properties like wear resistance. Fine particles such as diamond, silicon carbide, and PTFE are used as reinforcements. Initially, this process faced challenges due to bath instability caused by the high surface area of fine particles, but adding stabilizers has resolved these issues, allowing for stable electroless nickel composite coatings [5,9]. These coatings improve wear resistance, lubricity, and energy conservation. Hard materials like oxides, carbides, nitrides, and lubricants such as PTFE and MoS₂ are commonly used in composite layers, with SiC, Al₂O₃, and diamond being the most popular [1,5,9]. Despite their complexity, these coatings are favored for applications requiring maximum wear resistance and low surface friction. For

example, Ni-SiC composite coatings can increase hardness from 520 HV to 875 HV [25]. Novakovic and Vassiliou (2009) found that heat treatment of electroless Ni-P-TiO₂ coatings in a vacuum increased surface microhardness to 1433 HV and improved corrosion resistance compared to Ni-P coatings [26]. Electroless Ni-P-SiC coatings can extend mold lifespans by 15 times [1]. Studies on Ni-P composite coatings with nanodiamond particles showed that surface appearance changes with the concentration of diamond particles, ranging from shiny to rough [27]. Research has also shown that nanoparticles like SiC and Si₃N₄ modify the metallic matrix growth more than micron-sized particles [25].

Ni-P-ZrO₂/Al₂O₃/Al₃Zr coatings were deposited via an alkali bath, and particle size effects on microstructure and corrosion resistance were studied [28,29]. Coatings with nano SiO₂ improved mechanical properties, microhardness, and corrosion resistance [30–32]. Electroless nanocomposite coatings have also been developed with good microwave absorption properties, and nano SiO₂ additions improved Ni-P coatings' wear resistance and hardness [31].

Electroless deposition is a key technique in nanotechnology, producing voidless coatings on nano-sized particles. Numerous studies on reinforcement elements like SiC, TiN, TiO₂, SiO₂, WC, Al₂O₃, and B₄C have been published [33–40]. Carbon-based reinforcements, such as CNTs and graphene, are also widely used due to their superior mechanical and chemical properties, with CNTs being notable for their high tensile strength and thermal conductivity [32].

RESEARCH METHODOLOGY

Bibliometric analysis uses mathematical and statistical methods to examine research documents, helping researchers identify trends and key aspects of studies from major databases [41,42]. It is widely accepted for analyzing research trends, identifying emerging themes, and guiding researchers by offering insights into specific fields [43]. Bibliometric analysis has proven useful across various disciplines, including business [44–46], social media [47–49], engineering [50–52], and health [53–55], highlighting its ability to uncover trends and produce valuable outputs.

For electroless coating research, the Scopus database was preferred for its comprehensive data. The search string used for gathering data on electroless coatings was: nickel AND electroless "composite coating" alloy AND coating AND corrosion OR nickel AND electroless AND composite AND alloy AND coating AND corrosion AND tribology AND ni AND friction AND hardness AND wear AND deposition. This search in November 2022 yielded 640 documents. Figure 1 shows the quantitative characteristics of the articles obtained from the Scopus database.



Figure 20. Main Information of Database

Data Analysis

The evolution of computer technologies and software has made data analysis much more accessible. Several software programs have been developed for analyzing documents, including popular options like VosViewer, Gephi, and Bibliometrix. Although these programs have distinct features and operate on different algorithms, they use similar techniques to create network structures for various analysis units. In this study, Bibliometrix tool was selected as

the tool of choice, developed for R software. Bibliometrix is an open-source tool for scientometrics and quantitative bibliometric research encompassing all the main bibliometric analysis methods [56].

2. Results and Discussion

The implementation section of this study on trends in electroless coatings consists of two parts. In the first section, data is presented on the number of authors working in the field of electroless coatings between 2000-2022, the number of publications produced by the country, the number of citations received, the distribution of publications by affiliations, the number of citations received by publications, and the number of publications in sources. The second part presents network analysis data on the number of publications made by authors in electroless coating studies and how keywords are used together.

Figure 1 illustrates the flow of the study.

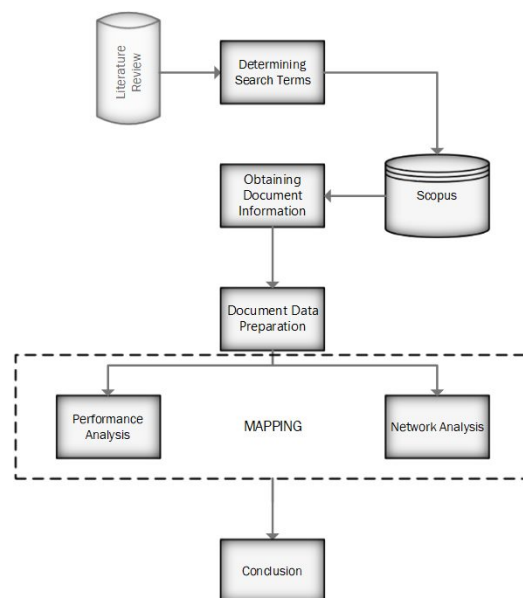


Figure 21. Flowchart of This Study

Performance Analysis

This study analyzed 446 electroless coating studies conducted between 2000-2022 using Bibliometrix software, which was selected due to its open-source nature and ability to analyze topics of interest. Bibliometrix offers researchers the flexibility to analyze a variety of subjects, and its seamless integration with other programming languages like R makes it a popular choice for analysis studies.

Authors

This section analyzes the authorship of the selected publications resulting from the filters and their collaboration networks formed through working on articles, the number of citations they have received, their production over time, and their shared citation networks.

Figure 3 presents the authors' local citation numbers, representing the number of citations they received from other publications within the analyzed dataset. The data shows that researcher Prasanta Sahoo received a total of 120 citations, which is the highest among all authors included in the 446 studies analyzed.

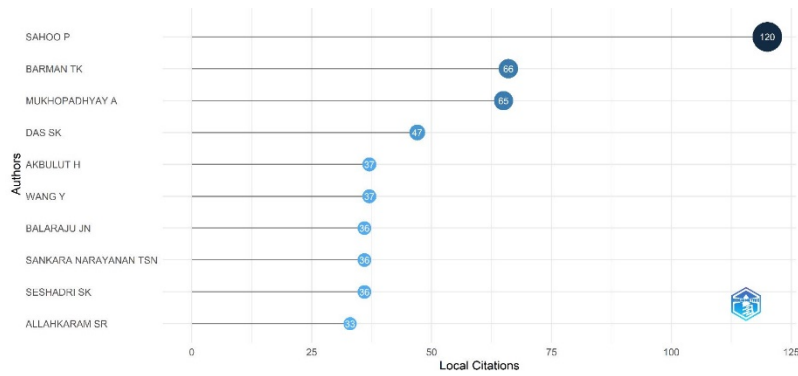


Figure 22. Most Local Cited Authors

After analyzing the number of publications among the current documents, it was found that researcher Sahoo has authored 34 studies, as shown in Figure 4. The analysis of Figures 3 and 4 reveals that Sahoo has contributed significantly to the literature in the coverage area by publishing numerous studies and receiving many citations in publications related to the same topic.

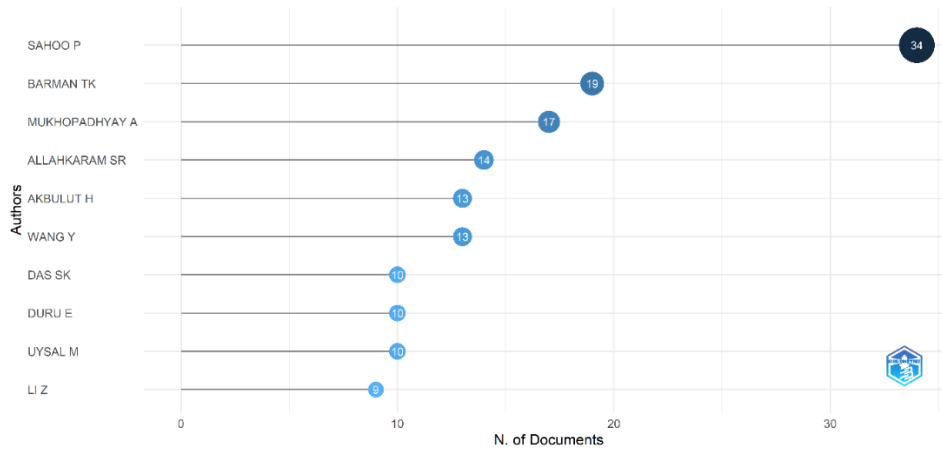


Figure 23. Most Relevant Authors

Countries

Researchers from various countries conducted a total of 446 studies. China ranked first with 110 articles, including 17 Multiple Country Publications (MCP) (international collaboration) and 93 Single Country Publications (SCP) (domestic collaboration). Following China were India, Iran, and Türkiye, respectively. Although England had fewer studies in the field, it led the way in terms of the proportion of collaborations among its domestic researchers. The number of publications by country can be found in Figure 5.

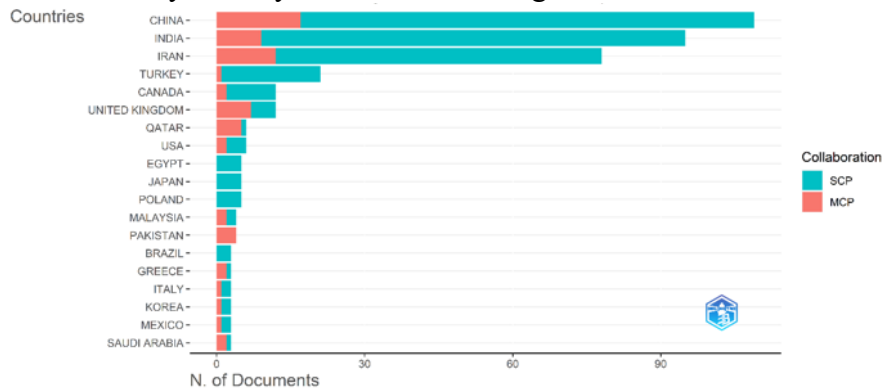


Figure 24. Corresponding Author's Country

According to the analyzed documents, China has received the highest number of citations, with 2343 citations received by studies in the country. India follows with 1691 citations, and Iran with 1522 citations. Figure 6 displays the distribution of countries based on the number of citations received by their articles.

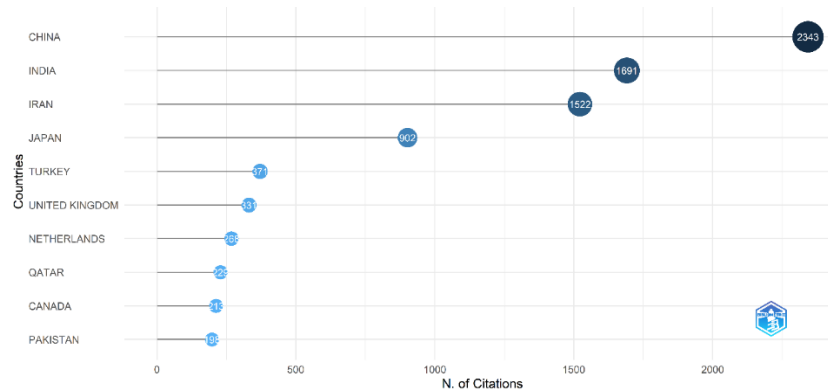


Figure 25. Most Cited Countries

Since 2013, China, India, and Iran have all ramped up their research efforts in the coverage area. While there is no significant difference in the number of articles published, studies conducted in India and Iran have shown a greater increase, with India taking the lead after 2017. The same trend is also evident in Türkiye and UK studies. Figure 7 illustrates the distribution of articles published in each country over the years in the coverage area.

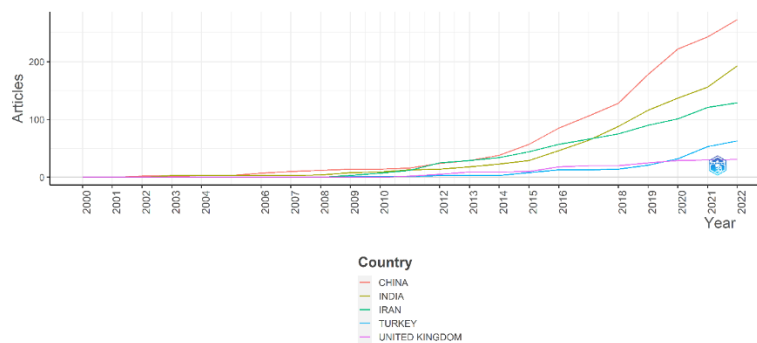


Figure 26. Countries' Production Over Time

Affiliations

The affiliation analysis displays the frequency distribution of affiliations for all co-authors listed in each analyzed paper. Figure 8 depicts the institutions actively working in the coating field. Jadavpur University leads with 37 published papers, followed by Sakarya University with 25 studies. The affiliation analysis is crucial in identifying the institution conducting the most research in the coating field.

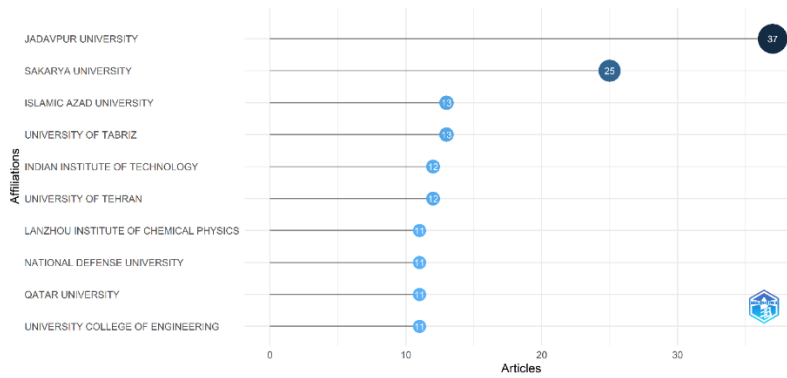


Figure 27. Most Relevant Affiliations

Figure 9 displays the number of articles published by institutions over time. Until 2015, the number of publications related to Jadavpur University increased in line with other universities. However, after 2015, Jadavpur University began to stand out significantly. After 2019, Sakarya University's number of publications in the coating area also significantly increased, propelling them to second place. Generally, when prominent authors publish many articles on a topic, it tends to boost the ranking of their affiliated institutions. Therefore, analyzing institutions alone may not be sufficient, and examining the relationships between institutions and authors would be more beneficial.

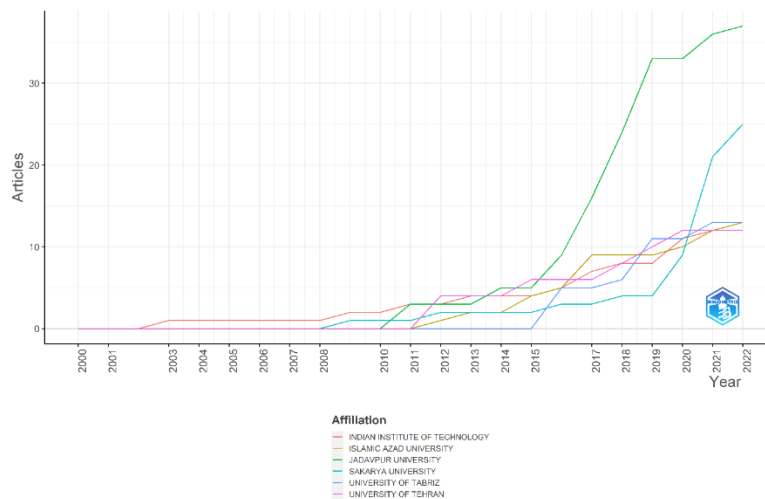


Figure 28. Affiliations' Production Over Time

Documents

This section focuses on the most cited articles, believed to be the most informative and widely read. It is expected that using the results obtained from the literature review based on this graph will lead to faster and more accurate outcomes, ultimately positively impacting the literature review stage. Figure 10 displays the articles with the highest citations and the corresponding citation count. Notably, the publications by [57–59] have received the most citations in the coating field.

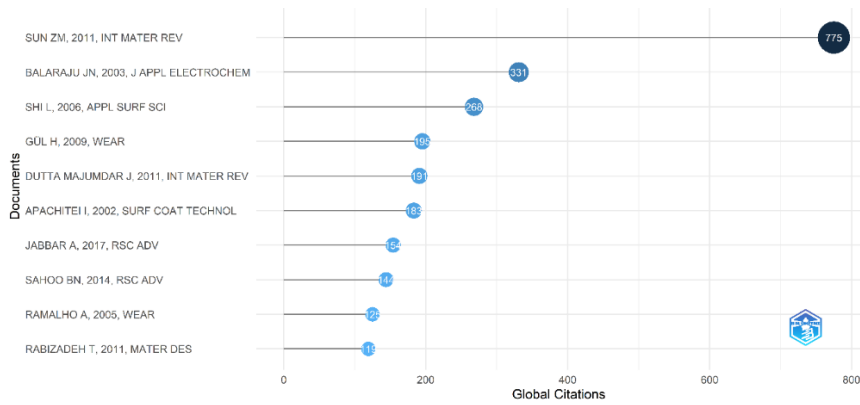


Figure 29. Most Global Cited Documents

Figure 11 illustrates the frequency of keyword usage in the analyzed articles through a Word Cloud, where the size of each word is proportional to its frequency of use in the articles. The mentioned keywords play a significant role in verifying the relevance of the identified articles and the chosen keywords. As words like composite coatings, wear resistance, wear of materials, friction, and corrosion resistance frequently appear in the studied articles, they are prominent in Figure 11.



Figure 30. Word Cloud

This section highlights the extensive use of keywords such as "wear of materials," "wear resistance," "composite coatings," "friction," and "tribology" in 2018. The terms "Electroless plating," "electroless," and "phosphorus" are general expressions that have been used thus far. Figure 12 illustrates the frequency of keyword usage over the years.

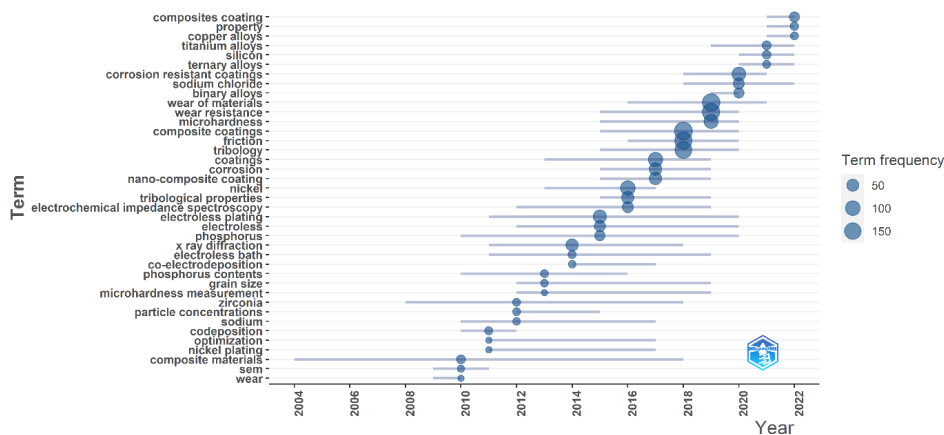


Figure 31. Trend Topics

Sources

The source analysis section examines the journals in which the articles are published. This analysis provides insight into which journals are more likely to contain the desired articles. Finding a suitable journal for one's work is crucial for authors, making the journal analysis part particularly significant. According to the analysis, Surface and Coatings Technology has the most publications, featuring 69 articles. Applied Surface Science and Wear journals have contributed significantly to the literature with 21 publications each.

The information presented in Figure 13 shows the number of publications in the coating field based on the journals they were published in.

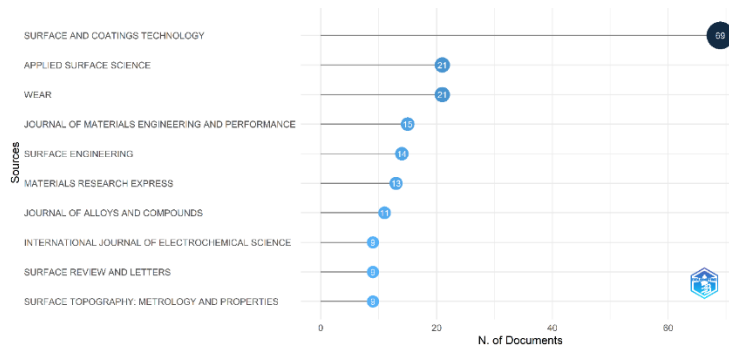


Figure 32. Most Relevant Sources

Figure 14 shows the number of local citations received by the selected articles based on the journals and sources they were published in. Surface and Coatings Technology is ranked first with 2066 local citations, followed by the Wear journal with 1057 local citations, and the Applied Surface Science journal with 969 citations. This analysis demonstrates that the sources listed here contain the most relevant and successful articles related to their topics.

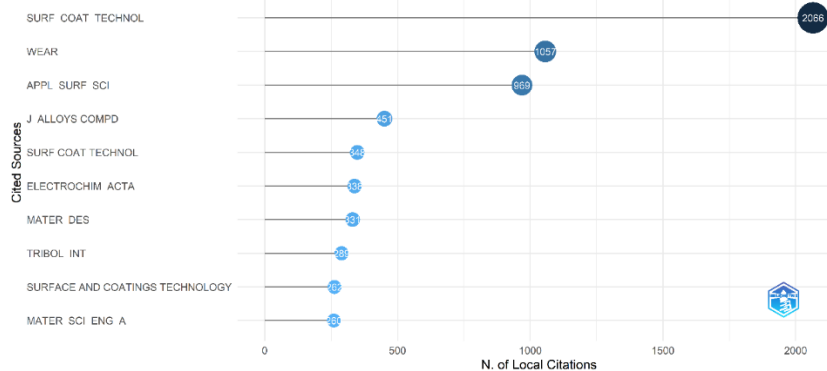


Figure 33. Most Local Cited Sources

Figure 15 presents the number of publications per year for the analyzed sources. "Surface and Coatings Technology" stands out with more than 60 publications in 2022, ranking first among the sources. Therefore, researchers may prioritize examining articles published in this journal and consider it as a highly relevant and popular source compared to others.

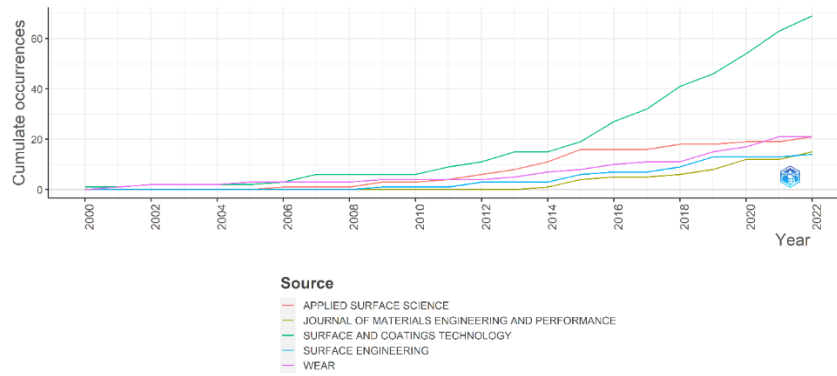


Figure 34. Source Dynamics

Network Analysis

Network analysis examines cases of co-occurrences of authors, keywords, and articles.

Co-occurrence Network

Table 1 presents the top co-occurring words divided into three clusters, and each word is ranked with coefficients based on an algorithmic calculation of their frequency of use together.

Node	Cluster	Betweenness
corrosion resistance	1	1,012
corrosion resistant coatings	1	0,455
morphology	1	0,359
corrosion	1	0,241
electrochemical corrosion	1	0,178
nanoparticles	1	0,165
corrosive effects	1	0,130
electrochemical impedance spectroscopy	1	0,077
surface morphology	1	0,039
sodium chloride	1	0,153
wear of materials	2	2,043
wear resistance	2	2,186
friction	2	2,296
tribology	2	1,883
hardness	2	0,753
coatings	2	0,457
friction coefficients	2	0,412
microstructure	2	0,187
heat treatment	2	0,249
nickel compounds	2	0,227
tribological properties	2	0,184
electroless	2	0,040
surface roughness	2	0,094
metallic matrix composites	2	0,034
coefficient of frictions	2	0,018
tribological behaviors	2	0,044
composite coatings	3	2,351
scanning electron microscopy	3	1,776
nickel coatings	3	0,842
nickel	3	0,654
microhardness	3	0,690
electrodeposition	3	0,374
electroless plating	3	0,125
nanocomposites	3	0,307
electrodes	3	0,294
nano-composite coating	3	0,253
x ray diffraction	3	0,210
silicon carbide	3	0,083
energy dispersive spectroscopy	3	0,063
nickel alloys	3	0,062

Table 5. Co-occurrence Network

Thematic Evolution

In Figure 16, clustering is performed based on time, showing which keywords and titles the keywords in the three clusters created leave behind with time. This way, changes in the articles written on this subject over time can be analyzed. The keyword "composite coatings" is widely used between 2015-2022. The keyword "friction" used between 2000-2007 has evolved into "composite coatings" and "wear of materials" keywords over time, and its usage has decreased.

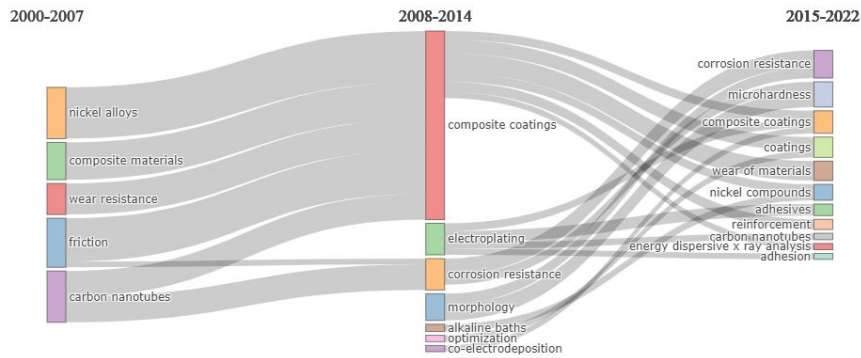


Figure 35. Thematic Evolution

Collaboration Network

Collaboration networks reveal the interactions between authors, institutions (such as universities or departments), and countries in a specific research field. Figure 17 depicts a shared author network for the analyzed articles, which is a valuable tool for identifying regular working groups, covert academic groups, and influential authors. The analyzed articles identify Sahoo as part of a specific common group. The thickness of the lines in the figure indicates the intensity of collaboration between the relevant authors.

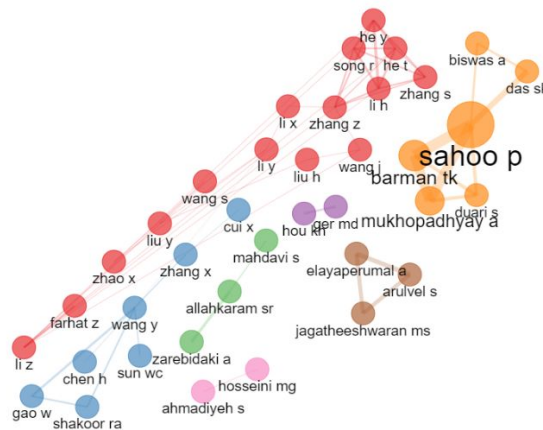


Figure 36. Collaboration Network of Authors

3. Conclusions

Electroless plating has traditionally been defined as a deposition process in which metallic ions are reduced from an electrolyte to a metallic form by electrons supplied by a chemical agent [1]. Electroless coatings have two main advantages over other metal coating techniques. First, there is no dependence on electric field lines as in coatings made using current. Second, unlike galvanic plating, deposition is possible on non-conductive surfaces. The line-of-sight deposition possible with the electroless coating is due to the simultaneity of reactions allowing precipitation to occur wherever substrate and electrolyte are in contact, including in recessed areas. In addition, it is possible to control the coercivity with the change of a single component in the solution in electroless coatings. Therefore, in the last 20 years, electroless coating techniques have become very popular in industries such as oil fields, automotive, or marine, where the wear and corrosion resistance of the part is required.

This study aims to guide the researchers on electroless coating, which has been popular recently, by making a bibliometric analysis. For this purpose, 446 articles covering 2000-2022 were analyzed. When the number of studies in this field is examined, it has been observed that the popularity of electroless coating studies continues to increase exponentially.

According to the keyword analysis, it is seen that three keywords stand out: "composite coatings," "wear resistance," and "wear of materials." When the analyses are made according to the countries, China, India, and Iran produced most articles, respectively. In addition, when the citation numbers of these three countries are examined, they have had a widespread academic impact. It has also been observed that studies in India have increased rapidly after 2017. When the authors are examined, the researcher named Prasanta Sahoo has come to the forefront with 34 articles in the last 22 years. The publications of Sahoo had a widespread impact, cited 120 times out of 446 articles published and examined in the same field. When institutions are examined, Jadavpur University and Sakarya University have the highest number of articles, respectively.

There are some limitations in this study. The first one is that examined articles were only obtained from the Scopus database. Although it will not affect the analysis results significantly, minor changes may occur if some other important databases (Web of Science, Compendex, etc.) were included. However, Scopus was also preferred because it is an important database. As a second limitation, the analyses were conducted among 446 articles from the database after applying various filters. The type of articles (theoretical or experimental, etc.) was not considered in the filtering. In future studies, combining other important databases and analyzing the articles according to their types can provide a more comprehensive literature analysis.

As the industry requirements for electroless coatings increase, the need for studies in this field will increase accordingly. The main contributions of this article can be summarized as follows: First, an overview of electroless coating is provided to help researchers seize new research opportunities and constitute new perspectives. Specifically, relevant contributions from leading journals, publications, authors, institutions, and keywords were identified. Second, it offers potential research opportunities for electroless coating that can help researchers identify future hot topics when conducting studies on electroless coatings.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Scientific and Technical Research council of Turkey (TUBITAK) under contract number 122M023.

References

- [1] G.O. Mallory, J.B. Hajdu, *Electroless plating: fundamentals and applications*, Reprint ed, American Electroplaters and Surface Finishers Society, Orlando, Fla., 1990.
- [2] M. Yan, H.G. Ying, T.Y. Ma, Improved microhardness and wear resistance of the as-deposited electroless Ni–P coating, *Surf. Coat. Technol.* 202 (2008) 5909–5913. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.06.180>.
- [3] C. Chen, Science Mapping: A Systematic Review of the Literature, *J. Data Inf. Sci.* 2 (2017) 1–40. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0006>.
- [4] Y. Wang, N. Lai, J. Zuo, G. Chen, H. Du, Characteristics and trends of research on waste-to-energy incineration: A bibliometric analysis, 1999–2015, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 66 (2016) 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.006>.
- [5] R.C. Agarwala, V. Agarwala, Electroless alloy/composite coatings: A review, *Sadhana.* 28 (2003) 475–493. <https://doi.org/10.1007/BF02706445>.
- [6] A. Brenner, G.E. Riddell, Nickel plating on steel by chemical reduction, *J. Res. Natl. Bur. Stand.* 37 (1946) 31–34.
- [7] R. Parkinson, Properties and applications of electroless nickel, in: *Nickel Development Institute*, 1996: p. 33. <https://www.semanticscholar.org/paper/Properties-and-applications-of-electroless-nickel-Parkinson/39368bf8785af539d62ae2ae67167cbcd3cea247> (accessed February 19, 2023).

- [8] N. Kanani, *Electroplating: Basic Principles, Processes and Practice*, 1st edition, Elsevier Science, Oxford, 2005.
- [9] P. Sahoo, S.K. Das, Tribology of electroless nickel coatings – A review, *Mater. Des.* 32 (2011) 1760–1775. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.11.013>.
- [10] A. Yli-Pentti, *Electroplating and Electroless Plating*, in: Elsevier, 2014: pp. 277–306. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.00413-1>.
- [11] J. Sudagar, J. Lian, W. Sha, Electroless nickel, alloy, composite and nano coatings – A critical review, *J. Alloys Compd.* 571 (2013) 183–204. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.03.107>.
- [12] V. Vitry, L. Bonin, Formation and characterization of multilayers borohydride and hypophosphite reduced electroless nickel deposits, *Electrochimica Acta.* 243 (2017) 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.04.152>.
- [13] R.M. Bozorth, The Orientations of Crystals in Electrodeposited Metals, *Phys. Rev.* 26 (1925) 390–400. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.26.390>.
- [14] J.L. Carbajal, R.E. White, Electrochemical Production and Corrosion Testing of Amorphous Ni-P, *J. Electrochem. Soc.* 135 (1988) 2952. <https://doi.org/10.1149/1.2095468>.
- [15] X. Chen, G. Li, J. Lian, Deposition of electroless Ni-P/Ni-W-P duplex coatings on AZ91D magnesium alloy, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.* 18 (2008) s323–s328. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(10\)60225-7](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(10)60225-7).
- [16] J.A. Chitty, A. Pertuz, H. Hintermann, E.S. Puchi, Influence of electroless nickel-phosphorus deposits on the corrosion-fatigue life of notched and unnotched samples of an AISI 1045 steel, *J. Mater. Eng. Perform.* 8 (1999) 83–86. <https://doi.org/10.1361/105994999770347205>.
- [17] R. Gao, M. Du, X. Sun, Y. Pu, Study of the corrosion resistance of electroless Ni-P deposits in a sodium chloride medium, *J. Ocean Univ. China.* 6 (2007) 349–354. <https://doi.org/10.1007/s11802-007-0349-2>.
- [18] G. Graef, K. Anderson, J. Groza, A. Palazoglu, Phase evolution in electrodeposited Ni-W-B alloy, *Mater. Sci. Eng. B.* 41 (1996) 253–257. [https://doi.org/10.1016/S0921-5107\(96\)01656-X](https://doi.org/10.1016/S0921-5107(96)01656-X).
- [19] A.I. Aydeniz, A. Göksenli, G. Dil, F. Muhaffel, C. Calli, B. Yüksel, Electroless ni-b-w coatings for improving hardness, wear and corrosion resistance, *Mater. Tehnol.* (2013).
- [20] M. Anık, E. Körpe, Effect of alloy microstructure on electroless NiP deposition behavior on Alloy AZ91, *Surf. Coat. Technol.* 201 (2007) 4702–4710. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.10.003>.
- [21] J.N. Balaraju, K.S. Rajam, Electroless deposition of Ni-Cu-P, Ni-W-P and Ni-W-Cu-P alloys, *Surf. Coat. Technol.* 195 (2005) 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2004.07.068>.
- [22] S. Sukkasi, U. Sahapatsombut, C. Sukjamsri, S. Saenapitak, Y. Boonyongmaneerat, Electroless Ni-based coatings for biodiesel containers, *J. Coat. Technol. Res.* 8 (2011) 141–147. <https://doi.org/10.1007/s11998-010-9286-x>.
- [23] A. Duhin, Y. Sverdlov, Y. Feldman, Y. Shacham-Diamand, Electroless deposition of NiWB alloy on p-type Si(100) for NiSi contact metallization, *Electrochimica Acta.* 54 (2009) 6036–6041. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2009.01.062>.
- [24] L. Chen, L. Wang, Z. Zeng, J. Zhang, Effect of surfactant on the electrodeposition and wear resistance of Ni–Al₂O₃ composite coatings, *Mater. Sci. Eng. A.* 434 (2006) 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.06.098>.
- [25] A. Grosjean, M. Rezrazi, J. Takadoum, P. Berçot, Hardness, friction and wear characteristics of nickel-SiC electroless composite deposits, *Surf. Coat. Technol.* 137 (2001) 92–96. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(00\)01088-4](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(00)01088-4).

- [26] J. Novakovic, P. Vassiliou, Vacuum thermal treated electroless NiP–TiO₂ composite coatings, *Electrochimica Acta*. 54 (2009) 2499–2503.
<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2008.12.015>.
- [27] V.V.N. Reddy, B. Ramamoorthy, P.K. Nair, A study on the wear resistance of electroless Ni–P/Diamond composite coatings, *Wear*. 239 (2000) 111–116.
[https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(00\)00330-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(00)00330-6).
- [28] Y. Xiang, J. Zhang, C. Jin, Study of Electroless Ni-P-Nanometer Diamond Composite Coatings, (2001).
- [29] R.C. Agarwala, R. Sharma, Electroless Ni-P Nano Coating Technology, *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Nano-Met. Chem.* 38 (2008) 229–236.
<https://doi.org/10.1080/15533170801926598>.
- [30] R.C. Agarwala, V. Agarwala, R. Sharma, Electroless Ni-P Based Nanocoating Technology—A Review, *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Nano-Met. Chem.* 36 (2006) 493–515. <https://doi.org/10.1080/15533170600596030>.
- [31] T. Rabizadeh, S.R. Allahkaram, Corrosion resistance enhancement of Ni–P electroless coatings by incorporation of nano-SiO₂ particles, *Mater. Des.* 32 (2011) 133–138.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.06.021>.
- [32] R. Sudhakar, V.T. Venkatesha, Electrodeposition of Zn–Ni Multiwalled Carbon Nanotube Nanocomposites and Their Properties, *Ind. Eng. Chem. Res.* 52 (2013) 6422–6429.
<https://doi.org/10.1021/ie303078z>.
- [33] S. Afroukhteh, C. Dehghanian, M. Emamy, Preparation of the Ni–P composite coating co-deposited by nano TiC particles and evaluation of its corrosion property, *Appl. Surf. Sci.* 258 (2012) 2597–2601. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.10.101>.
- [34] M. Alishahi, S.M. Monirvaghefi, A. Saatchi, S.M. Hosseini, The effect of carbon nanotubes on the corrosion and tribological behavior of electroless Ni–P–CNT composite coating, *Appl. Surf. Sci.* 258 (2012) 2439–2446.
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.10.067>.
- [35] S. Aman, I. Khan, Z. Ismail, M.Z. Salleh, Q.M. Al-Mdallal, Heat transfer enhancement in free convection flow of CNTs Maxwell nanofluids with four different types of molecular liquids, *Sci. Rep.* 7 (2017) 2445. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01358-3>.
- [36] Y.Y. Liu, J. Yu, H. Huang, B.H. Xu, X.L. Liu, Y. Gao, X.L. Dong, Synthesis and tribological behavior of electroless Ni–P–WC nanocomposite coatings, *Surf. Coat. Technol.* 201 (2007) 7246–7251. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2007.01.035>.
- [37] S. Ramalingam, K. Balakrishnan, S. Shanmugasamy, A. Subramania, Electrodeposition and characterisation of Cu–MWCNTs nanocomposite coatings, *Surf. Eng.* 33 (2017) 369–374. <https://doi.org/10.1080/02670844.2016.1258164>.
- [38] M. Sarret, C. Müller, A. Amell, Electroless NiP micro- and nano-composite coatings, *Surf. Coat. Technol.* 201 (2006) 389–395. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.11.127>.
- [39] Q. Wang, M. Callisti, A. Miranda, B. McKay, I. Deligkiozi, T.K. Milickovic, A. Zoikis-Karathanasis, K. Hrissagis, L. Magagnin, T. Polcar, Evolution of structural, mechanical and tribological properties of Ni–P/MWCNT coatings as a function of annealing temperature, *Surf. Coat. Technol.* 302 (2016) 195–201.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.06.011>.
- [40] Z. Yang, H. Xu, Y.-L. Shi, M.-K. Li, Y. Huang, H.-L. Li, The fabrication and corrosion behavior of electroless Ni–P-carbon nanotube composite coatings, *Mater. Res. Bull.* 40 (2005) 1001–1009. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2005.02.015>.
- [41] K.W. McCain, Dictionary of bibliometrics, *J. Am. Soc. Inf. Sci.* 47 (1996) 716-717A.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199609\)47:9<716::AID-ASI8>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199609)47:9<716::AID-ASI8>3.0.CO;2-V).

- [42] A.H. Alsharif, N.Z. Salleh, R. Baharun, Research Trends of Neuromarketing: A Bibliometric Analysis, *J. Theor. Appl. Inf. Technol.* 98 (2005) 2948–2962.
- [43] A. Sridhar, M. Ponnuchamy, P. Senthil Kumar, A. Kapoor, L. Xiao, Progress in the production of hydrogen energy from food waste: A bibliometric analysis, *Int. J. Hydrog. Energy.* 47 (2022) 26326–26354. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.258>.
- [44] M. Del Giudice, A. Di Vaio, R. Hassan, R. Palladino, Digitalization and new technologies for sustainable business models at the ship–port interface: a bibliometric analysis, *Marit. Policy Manag.* 49 (2022) 410–446. <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1903600>.
- [45] N. Donthu, S. Kumar, D. Pattnaik, Forty-five years of Journal of Business Research: A bibliometric analysis, *J. Bus. Res.* 109 (2020) 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.10.039>.
- [46] D. Mukherjee, S. Kumar, D. Mukherjee, K. Goyal, Mapping five decades of international business and management research on India: A bibliometric analysis and future directions, *J. Bus. Res.* 145 (2022) 864–891. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.011>.
- [47] S. Noor, Y. Guo, S.H.H. Shah, M.S. Nawaz, A.S. Butt, Research Synthesis and Thematic Analysis of Twitter Through Bibliometric Analysis, *Int. J. Semantic Web Inf. Syst. IJSWIS.* 16 (2020) 88–109. <https://doi.org/10.4018/IJSWIS.2020070106>.
- [48] K. Nusair, I. Butt, S.R. Nikhashemi, A bibliometric analysis of social media in hospitality and tourism research, *Int. J. Contemp. Hosp. Manag.* 31 (2019) 2691–2719. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-06-2018-0489>.
- [49] D. Salimi, K. Tavasoli, E. Gilani, M. Jouyandeh, S. Sadjadi, The impact of social media on marketing using bibliometrics analysis, *Int. J. Data Netw. Sci.* 3 (2019) 165–184.
- [50] Md.T. Amin, F. Khan, M.J. Zuo, A bibliometric analysis of process system failure and reliability literature, *Eng. Fail. Anal.* 106 (2019) 104152. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104152>.
- [51] C.-H. Lee, C.-L. Liu, A.J.C. Trappey, J.P.T. Mo, K.C. Desouza, Understanding digital transformation in advanced manufacturing and engineering: A bibliometric analysis, topic modeling and research trend discovery, *Adv. Eng. Inform.* 50 (2021) 101428. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101428>.
- [52] A.K. Shukla, M. Janmajaya, A. Abraham, P.K. Muhuri, Engineering applications of artificial intelligence: A bibliometric analysis of 30 years (1988–2018), *Eng. Appl. Artif. Intell.* 85 (2019) 517–532. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.06.010>.
- [53] T.Y. Akintunde, T.H. Musa, H.H. Musa, I.H. Musa, S. Chen, E. Ibrahim, A.E. Tassang, M.S.E.D.M. Helmy, Bibliometric analysis of global scientific literature on effects of COVID-19 pandemic on mental health, *Asian J. Psychiatry.* 63 (2021) 102753. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2021.102753>.
- [54] M. Di Mascolo, C. Martinez, M.-L. Espinouse, Routing and scheduling in Home Health Care: A literature survey and bibliometric analysis, *Comput. Ind. Eng.* 158 (2021) 107255. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107255>.
- [55] W.M. Sweileh, Bibliometric analysis of global scientific literature on vaccine hesitancy in peer-reviewed journals (1990–2019), *BMC Public Health.* 20 (2020) 1252. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09368-z>.
- [56] R. Rodríguez-Soler, J. Uribe-Toril, J. De Pablo Valenciano, Worldwide trends in the scientific production on rural depopulation, a bibliometric analysis using bibliometrix R-tool, *Land Use Policy.* 97 (2020) 104787. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104787>.
- [57] J.N. Balaraju, T.S.N. Narayanan, S.K. Seshadri, Electroless Ni–P composite coatings, *J. Appl. Electrochem.* 33 (2003) 807–816.

- [58] L. Shi, C. Sun, P. Gao, F. Zhou, W. Liu, Mechanical properties and wear and corrosion resistance of electrodeposited Ni–Co/SiC nanocomposite coating, *Appl. Surf. Sci.* 252 (2006) 3591–3599. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.05.035>.
- [59] Z.M. Sun, Progress in research and development on MAX phases: a family of layered ternary compounds, *Int. Mater. Rev.* 56 (2011) 143–166. <https://doi.org/10.1179/1743280410Y.0000000001>.

Sürdürülebilirlik ve Emanet Bilinci: Çevresel Tutum ve Davranışlarda Değerlerin Rolü Üzerine/Sustainability and the Awareness of Trust: The Role of Values in Environmental Attitudes and Behaviors

*¹ Ali Ayten, ² Rahime Eymen Bakır, ³ Muhammet Enes Vural

*¹ Marmara Üniversitesi, Din Psikolojisi Anabilim Dalı, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Din Psikolojisi Anabilim Dalı, Türkiye

³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Din Psikolojisi Anabilim Dalı, Türkiye

Anahtar kelimeler: Çevre, sürdürülebilirlik, değer, erdem, emanet bilinci.

Özet

Günümüzde çevresel sorunlar, küresel düzeyde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. İklim değişikliği, çevre kirliliği, biyoçeşitliliğin azalması ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi problemler, insanlığın sürdürülebilir bir çevre arayışına yönelmesine neden olmuştur. Bu sorunlar, sadece ekosistemleri değil, aynı zamanda insan sağlığı ve ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Bu kapsamda, çevre etiği ve bireylerin çevreye yönelik tutumları, araştırmacılar ve politika yapıcıların odağı haline gelmiştir. Önceki araştırmalar, çevreye yönelik tutumların sadece maddi çıkarlar ya da dışsal baskılarla değil, aynı zamanda bireylerin inancı ve değer yargılarıyla da şekillendiğini göstermektedir. Bu noktada manevi ve ahlaki değerlerin, çevre dostu davranışları teşvik etmede önemli bir role sahip olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, Değer-İnanç-Norm Modeli gibi teoriler, sahip olunan değerlerin çevreci tutumları desteklemedeki rolünü açıklamada önemli bir dayanak oluşturmaktadır. Bu teorik zemine dayalı olarak bu çalışma, sürdürülebilir bir çevre için dini ve kültürel değerlerin, özellikle emanet bilincinin, çevreye yönelik tutum ve davranışları şekillendirmedeki rolünü incelemeyi amaçlamaktadır. Emanet bilinci, İslam dini başta olmak üzere çeşitli dini geleneklerde, doğanın insanlara bir emanet olarak verildiği anlayışına dayanır. Bu anlayışa göre insanlar, doğayı sadece kullanmakla kalmaz, aynı zamanda onu koruma ve gelecek nesillere aktarma sorumluluğunu da taşır. İçsel değer ve inançlarla da bütünleşen bu tarz bir yaklaşım, insanın kendini doğanın ayrılmaz bir parçası olarak görmesini ve çevreye zarar vermemek için bireysel sorumluluk alınması gerektiği bilincini geliştirir. Dolayısıyla çalışmada emanet bilinci özelinde köklerini manevi arka plandan alan değerlerin, bireylerin çevre dostu tutum ve davranışları benimsemelerine katkı sağlayabileceği savunulmaktadır. Sonuç olarak, sürdürülebilir bir çevre anlayışının yaygınlaşması için manevi ve kültürel köklerden beslenen değer odaklı yaklaşımlar önem arz etmektedir. Bu yaklaşımlar, bireylerin çevreye karşı daha derin bir bağlılık hissetmelerine ve doğayı korumak için gönüllü çaba sarf etmelerine olanak tanır. Bireylerin, doğanın korunmasını ve sürdürülebilirliğini inanç temelli bir sorumluluk olarak görmeleri ise çevreye yönelik tutum ve davranışlarında uzun vadeli bir değişim potansiyelini bünyesinde barındırmaktadır.

Key words: Environment, sustainability, values, virtue, awareness of trust.

Abstract

Today, environmental issues pose a serious global threat. Problems such as climate change, pollution, loss of biodiversity, and water contamination have prompted humanity to search for sustainable environmental solutions. These issues not only negatively affect ecosystems but also human health and the economy. In this context, environmental ethics and individual

attitudes toward the environment have become a focus for researchers and policymakers. Previous studies have shown that environmental attitudes are shaped not only by material interests or external pressures but also by individuals' beliefs and values. It is often emphasized that spiritual and moral values play a crucial role in promoting environmentally friendly behaviors. Theories such as the Value-Belief-Norm (VBN) Model provide an important foundation for explaining the role of values in supporting pro-environmental attitudes. Based on this theoretical framework, this study aims to examine the role of religious and cultural values, especially the concept of awareness of trust, in shaping environmental attitudes and behaviors for a sustainable environment. The awareness of trust, grounded in Islamic teachings as well as other religious traditions, is based on the belief that nature is entrusted to humans by a higher power. This perspective emphasizes that humans are not only users of nature but are also responsible for protecting and preserving it for future generations. An approach that integrates such internal values and beliefs helps individuals view themselves as an inseparable part of nature, fostering personal responsibility not to harm the environment. Therefore, this study argues that values rooted in spiritual traditions, particularly awareness of trust, can encourage individuals to adopt environmentally friendly attitudes and behaviors. In conclusion, value-based approaches, which are nourished by spiritual and cultural roots, are vital for spreading the understanding of a sustainable environment. These approaches allow individuals to feel a deeper commitment to the environment and motivate them to take voluntary actions to protect it. When individuals see environmental protection and sustainability as a faith-based responsibility, their environmental attitudes and behaviors may shift toward long-term, sustainable changes.

Giriş

İnsanoğlu günümüzde pek çok çevre sorunuyla karşı karşıyadır ve bu sorunları zaman geçtikçe gündelik hayatında daha fazla hissetmektedir. Bütün insanlık için ortak önemi haiz olması sebebiyle çevre sorunları küresel problemler olarak ele alınmaktadır. 2000'li yıllar itibariyle özellikle küresel ısınma, iklim değişikliği gibi popüler sorunlardan sıklıkla bahsediliyor olsa da; asit yağmurları, çölleşme, toksik atıklar, denizlerde petrol ve cıva kirlenmesi, nesli tükenen canlılar ve biyo-çeşitliliğin yok olması, nükleer kirlenmeler gibi çok çeşitli çevresel sorunlar söz konusudur (Kışlalıoğlu & Berkes, 2010). Ekolojik sorunlar günümüz itibariyle dünyanın farklı bölgelerinde çeşitli yoğunluklarda kendini gösterse de nihai noktada bütün dünyayı etkileme potansiyeliyle ilerlemektedir. Bu sebeple söz konusu küresel problemlerle baş edebilmek için ulusal ve uluslararası alanlarda hem kurumsal hem bireysel düzlemlerde her türlü çabaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde giderek artan söz konusu küresel çevre problemleri karşısında sürdürülebilir çevre anlayışının geliştirilmesi her geçen gün daha fazla önem arz etmektedir. Bu sebeple bu çalışmada, sürdürülebilir çevre anlayışının geliştirilebilmesi için emanet bilinci özelinde dini inanç ve değerlerin çevre yanlısı tutum ve davranışları şekillendirmedeki rolüne dikkat çekmek amaçlanmaktadır. Bu çalışmada öncelikle bireylerin çevre yanlısı tutumlarını etkileyen, kendilerini çevre karşısında konumlandırma biçimleri ile inanç ve değerlerin bu ilişkiyi düzenleme potansiyeli ele alınmakta, dinlerin ve geleneksel kültürlerin farklı referanslarla üzerinde durduğu emanet görme bilincinin aktif ve sürdürülebilir bir çevrecilik anlayışı geliştirilmesindeki rolü üzerinde durulmaktadır. Bu bağlamda, öncelikle İslam kültüründeki değer ve erdemlerin etrafında şekillenen emanet görme bilincinin lüzumu ele alınmakta, ardından sürdürülebilir çevre için değer odaklı bir model önerisinde bulunmaktadır.

İnsanın Çevre Karşısındaki Konumu

Çevresel problemlerin ortaya çıkması, artarak devam etmesi ve küresel bir soruna evrilmesi, en temelde insanın varlık düzleminde kendine biçtiği değer ve kendini doğa karşısında

konumlandırışı ile ilgilidir. Bu konum arayışında, insanın tanrı ile ilişkisi ve bu ilişkinin niteliği zihinlerdeki tabiat algısını da şekillendirmiştir. İnsanın tanrı ve tabiat karşısındaki konumunu etkileyen en önemli olgu aydınlanma hareketi ile gelen düşünsel kırılma olarak kabul edilir (Martı, 2019). Kırılmaya sebep olan fikir hareketleri, öncesinde dini referanslarla şekillenen tabiat şemasını sarsmıştır. İnsanın evren üzerindeki tahakkümünü güçlendirmek için tabiata boyun eğdirmek gerektiği mesajını taşıyan Bacon'un bilim anlayışı, bilim adamlarına tabiatı baskılama ve onu araçsallaştırarak ona müdahale etme imkânı vermiştir (Serjeantson, 2014). Descartes'in ruh ve beden ayrı ve birbirinden bağımsız olduğu fikrini ortaya koyması; tabiatın ruhtan yoksun, yalnız maddi ve mekanik olarak görülmesini kolaylaştırmıştır. Newton'un, evreni değişmeyen yasalara bağlı olarak hareket eden bir makine olarak sunması ise tabiatın tanrının izleri ve etkisini bertaraf etmiştir (Ünder, 1996). Aydınlanma sonrasında yaşanan bu ciddi dönüm noktaları insanın tabiat karşısındaki konumunu dönüştürmüştür. Yaratıcının büyüklüğünü anlatan, kutsal referanslar barındıran tabiat algısı yerini mekanik bir tabiat anlayışına bırakmış, tıpkı ruh ve beden gibi tabiat ile insan da ayrılmış, aralarındaki ilişkisellik göz ardı edilmiş ve nihayetinde tabiat insan için yalnızca bir araç olmuş; böylelikle insanın doğaya yabancılaşma süreci hız kazanmıştır (Aydın, 2021). Bu gelişmelerle yaşanan zihinsel dönüşümün ortak noktası insan merkezli (antropocentric) yaklaşımın benimsenmesi olarak ele alınabilir. İnsan merkezli değer teorisinin en belirgin özelliği, sadece insana değer atfetmesi ve insan dışında kalan her şeyin araçsal açıdan; yani insanın amaçlarına hizmet ettiği ölçüde değerli olmasıdır (Callicott, 1984). Dönemin ruhuna işleyen insan merkezli yaklaşım; insanoğlunun çevreye karşı tutum ve davranışlarını da doğrudan etkilemiş, çevre aleyhine bozulmalar başlamış ve sonunda çevresel sorunların küresel alarm dönüşmesine yol açmıştır. Bu fenomenin ortaya koyduğu üzere bireylerin yetiştikleri dönemin genel düşünce yapısı, insan çevre ilişkisi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Straughan & Roberts, 1999). Bu zihinsel ve felsefi dönüşüme ek olarak; sanayi devrimi ile sanayileşmenin artması, şehirleşme süreçleri, bu süreçlerin getirdiği sorunlar ve tüketim kültürünün hızlı artışı gibi sosyolojik zemindeki değişiklikler de insanın tabiata bakış açısını etkilemiştir. İnsanoğlu geçmişten günümüze doğru giderek daha sahip olmacı bir anlayışla doğaya karşı bir yönelim geliştirmiştir. Geçmişte bünyesinde uyum halinde yaşayacağı tabiat; kontrol edilmesi, tahakküm altına alınması ve insani ihtiyaçlar için sınırsızca tüketilmesi gereken bir ötekine dönüşmüştür. O nedenle insanın doğaya karşı sahip olmacı ve tahakküm edici yöneliminin azaltılıp buna karşın emanet görmeci yaklaşımının beslenmesi sürdürülebilir bir çevrecilik anlayışının ve çevre yanlısı davranışların geliştirilmesi ve artırılması için önem kazanmaktadır (Ayten, 2021).

Çevre Yanlısı Tutum ve Davranışları Anlamak

Çevre yanlısı davranışlarda bulunmak birçok yönden fedakârlık ve özveri gerektirir. Bireyleri bu tür davranışlarda bulunmaya yönlendiren içsel veya dışsal, çok yönlü motivasyonlar söz konusudur. Çevreci tutum ve davranışların karmaşık ve çok değişkenli yapısını anlamak için bazı kuram ve modeller geliştirilmiştir. Planlı davranış kuramı, norm aktivasyon modeli, değer inanç norm modeli, amaç çerçeveleme kuramı ve kapsamlı eylem belirleme modeli olmak üzere çevre yanlısı tutum ve davranışı açıklayan beş model öne çıkmaktadır (Uçar & Hasta, 2020). Bu kuramlar arasında yer alan Stern ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen değer inanç norm modeline göre; ekolojik davranışlar bireylerin sahip oldukları değerler, ekolojik dünya görüşleri ve inançları ile şekillenmektedir. Kurama göre; ekolojik davranışa yönelten beş değişkenli bir nedensellik zinciri vardır: değerler, ekolojik dünya görüşü, üstlenilen sorumluluk, sonuçların farkında olma ve kişisel normlar. Bu nedenselliğin ilk aşamasında yer alan değerler; insan-çevre ilişkisini belirleyen, bireyin kendisini ve çevreyi zihninde konumlandırma biçimine karşılık gelmektedir. Stern ve arkadaşları (1999) bu değerleri; biyosferik, özgeci veya benmerkezci olarak sınıflandırmaktadır. Bireyin bu değerlerden birini

benimsemesi nedensellik zincirinin diğer aşamalarını ve çevreye karşı tutum ve davranışlarını da doğrudan etkilemektedir.

İnsanın çevreye karşı etik sorumluluklarını ve çevreye atfettiği değeri ele alan çevre etiği yaklaşımları; insanın çevreye karşı tutumlarını Stern'in (2000) sınıflandırmasına benzer şekilde insan-merkezli (antropocentric), canlı-merkezli (biocentric) ve çevre merkezli (ecocentric) olmak üzere üç temel şekilde sınıflandırmaktadır (Benson, 2000). Bununla birlikte, bu kavrayışların çevre yanlısı tutum ve davranışları şekillendirmede yetersiz kaldığı göz önünde bulundurularak çeşitli yaklaşımlar geliştirilmeye devam edilmektedir. Örneğin; gelecekçi (future-oriented) yaklaşım, çevresel kararların gelecek nesillerin refahını, dünyanın sürdürülebilirliğini dikkate alarak değerlendirilmesi ve çevresel politikaların bugünün yanında gelecek nesilleri de etkilediği gerçeği dikkate alınarak oluşturulması gerektiği üzerinde durmaktadır. Bu sebeple çevre yanlısı tutumlar için sorumluluk erdemini vurgulamaktadır (Gardiner, 2006). Mistik ekoloji yaklaşımı ise çevre sorunlarının, dinlerin insan-doğa ilişkisine yaklaşımı ve bu yaklaşımın davranışa dönüşmesi ile çözülebileceğini öne sürmektedir. Dinlerin, insanların doğaya bakış açısını yönlendirme anlayışlarını inceleyen DesJardins'e (2013) göre çevreye ilişkin dini temelli anlayışın çözüm potansiyeli barındırmasının argümanlarından biri; doğanın, tanrının insanlara emaneti olmasıdır. Dolayısıyla dinler; inanan bireylerden kendilerine emanet edilen bu kaynakları koruyarak onlardan faydalanmalarını beklemektedir. Diğer yandan teo-merkezli (theocentric) çevre yaklaşımı da çevre sorunlarını analiz ederken manevi veya dinsel bir perspektifi merkeze almaktadır. Teo-merkezli yaklaşım çevrenin sürdürülebilirliğini sağlamak için dini öğretilerden yararlanmayı önermektedir. Bu yaklaşıma göre çevre insanın kullanımına sunulan bir kaynak olmanın ötesinde yaratıcının bir eseri ve ilahi bir emanettir (Berry, 2006; Nasr, 2019; Yücel & Konak, 2021).

Çevre yanlısı tutum ve davranışları anlamaya yönelik geliştirilen kuramlar ve etik yaklaşımlar göz önüne alındığında; bireylerin çevreye ilişkin benimsedikleri değerlerin, çevreye bakış açılarını ve çevre yanlısı tutumlarını doğrudan etkileme potansiyeli barındırdığı söylenebilir. Bu teorik çerçeveye dayanarak, bireylerin çevreye yönelik benimsedikleri değerlere kaynaklık etmesi sebebiyle, sürdürülebilir çevre anlayışının geliştirilmesinde inanç ve değerlerin rolünü ele almak gerekmektedir.

Sürdürülebilir Çevre Anlayışında İnanç ve Değerlerin Rolü

Ciddi ekolojik buhran içinde olduğumuz günlerde bireylerin sürdürülebilir yaşam tarzını benimsemeleri hayati önem arz etmektedir. Ancak sürdürülebilir yaşam tarzı veya davranış biçimleri bireylere maddi ve manevi yükümlülükler aynı zamanda fedakârlıklar gerektirmektedir. Bireyleri sorumluluk almaya ve fedakârlık göstermeye yöneltecek bir davranış değişimi; ancak ideal davranış biçiminin anlam dünyalarında karşılık bulması ile mümkün olur. Bireylerin anlam dünyalarına hitap eden, kişisel normlarını etkileyerek davranışlarını şekillendiren en önemli faktörlerden biri ise dini inanç ve değer yargılarıdır.

Dini inanç ve değerler, bireylerin davranış biçimlerini dönüştürebilecek, bakış açılarını değiştirebilecek güce sahip belki de en önemli kaynaktır. Çevreye yönelik tutum ve davranışları yönlendirmenin yanı sıra, davranışların her şartta tutarlı ve uygun olmasını sağlamanın etkili yolu bireylere içsel bir motivasyon sağlamaktır. Bireyin öznel değerleri ile anlamlandırabildiği davranış kalıpları oluşturmasına zemin hazırlamak, tutarlılığı sağlamada önemlidir. Bu sebeple, sürdürülebilir bir yaşam için çevre yanlısı tutum ve davranışların yerleştirilmesinde dini inanç ve değerlerden beslenen, bireyde anlam bulacak bir anlayış geliştirmek gerekmektedir (Foltz, 2003; Özdemir, 2021; Tucker, 2001). Toplumların hâlihazırda benimsemiş olduğu kültürel ve dini değerlerinin kaynak olması, sürdürülebilir yaşam biçiminin daha içsel ve samimi bir yaklaşımla kabulünü sağlar. Bu noktada önemli olan; davranışsal motivasyonların insanların kıymet verdiği değerlerden kaynaklanıyor olması,

insanlık olarak ortak ekolojik tavırların benimsenmesi, hatta bu hayat tarzının bir üst değer olarak birleştirici ve bütünleştirici olmasıdır.

1980'li yıllardan itibaren çevrenin dini boyutu üzerinde durulmakta ve ekolojik problemlerin çözümünde dinlerin rolü üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Özdemir, 2020). Hemen hemen tüm dinler insanın çevre ile uyumlu bir ilişki geliştirmesini sağlayan ilke ve değerleri kazandırmayı hedefler. Bu sebeple dinlerin, çevre bilinci geliştirmeyi destekleyen öğretileri pek çok araştırmaya konu olmuştur. Ancak bu araştırmaların büyük çoğunluğu Batı'da gerçekleştirilmiş olup Yahudi veya Hıristiyan geleneği üzerine temellenmiştir (Cooper & Palmer, 2006). İslam dünyasında ise dindarlık ile çevreci davranış ilişkisini ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar ise genellikle İslam'ın çevreci davranışlarla paralel değerleri üzerine odaklanan teorik araştırmalardır (Ayten, 2021; Foltz, 2003).

İnsan-Doğa İlişisine İslam'ın Bakışı

Kuran'da çevre sorunları ve çevreye nasıl özen gösterilmesi gerektiği konusunda insanlara rehberlik eden 500'e yakın ayet bulunmaktadır. Hz. Peygamber de pek çok hadisinde çevrenin korunması, israftan kaçınılması, doğal güzelliklere ve hayvanlara zarar verilmemesi gerektiğini hadislerinde buyurmuştur. Bu ayetleri, Hz. Muhammed'in hadisleri, İslam felsefesine ve tasavvufuna dayanarak İslam'ın insan doğa ilişkisini nasıl değerlendirdiğini, doğa ve çevrecilik anlayışını aşağıdaki ilkeler çerçevesinde özetlemek mümkündür (Ayten, 2021; Nasr, 2019; Özdemir, 2024; Yaseen Gada, 2014).

- İlk olarak İslam'da doğa insan ilişkisi tevhit ilkesi çerçevesinde ele alınır. Geniş bir evrenin parçası olan doğa, Allah tarafından yaratılmıştır.
- İslam'a göre insan, Allah'ın yeryüzündeki halifesidir. Allah tarafından Halife (vekil, yardımcı) olarak yaratılan insan doğayı ve hayvanları korumakla yükümlüdür.
- İnsan bu dünyada imtihan edilir ve sadece diğer insanlara karşı değil, doğadaki hayvanlara ve bitkilere karşı da sorumludur. Yaratıcıya ibadet etmenin bir yolu da O'nun yarattıklarına saygı ve nezaket göstermektir.
- Evrendeki ve doğadaki her şey Allah'ın rahmet ve kudretine işaret eder ve kendi lisanında onu tespih eder. Doğaya inançla bakan bir göz bunu anlayabilmelidir.
- Tabiat bir ayna gibi Yaratıcısının gücünü, ihtişamını, güzelliğini ve merhametini yansıtır. Doğayı kutsalın yansıması olarak görmek onu fütursuzca tüketmeyi ve ona tahakküm etmeyi engelleyebilir.
- Evrendeki her şey gibi doğada da her şey belli kurallara bağlı olarak yaratılmıştır. Doğada da Allah'ın belirlediği bir mizan, ekolojik bir denge vardır.
- Evrendeki her şey tabiat, denizler, dağlar, bitkiler ve hayvanlar, gündüz, gece, güneş, ay ve yıldızlar insanlığa hizmet (musahhar) olarak yaratılmıştır. Ancak bu, insanın evrendeki her şeye hükmetme hakkına sahip olduğu anlamına gelmez, aksine insanın onları korumakla yükümlü olduğu anlamına gelir.
- Allah doğayı güzel bir surette ve belli bir düzende yaratmıştır. Yaratılıştaki bu düzeni bozmamak bireyin en temel sorumluluklarından biridir.
- İnsanın diğer insanlara karşı da sorumlulukları vardır, tabi kaynakların israfı ve aşırı tüketimi ve bu süreçteki adaletsizliklere engel olmak da bireyin görevleri arasındadır.

Sürdürülebilir Bir Çevre için Emanet Görme Bilinci

Çevre etiği alanında insanın doğaya bakışı çeşitli şekillerde kategorize edilse de temelde insanın çevreye yönelimi sahip olma ve emanet görme yaklaşımı şeklinde dikotomik olarak ele alınabilir. Sahip olma yöneliminde insan doğayı kendi çıkarları doğrultusunda istediği gibi kullanır hatta ona zarar verebilir. Çünkü bu anlayışa göre doğa insan içindir. İnsanın doğaya hükmetmeye hakkı vardır ve bu konuda muktedirdir. Doğal kaynaklar sınırsızdır ve doğa insana sağladığı fayda oranında değerlidir. Emanet görme yöneliminde ise doğa tüm güzellik ve değeriyle bahşedilmiş kutsal bir emanettir, bizatihi değerlidir. İnanan için Allah'ın varlığını yansıtan bir zemin ya da maneviyatının kaynaklarından biridir. Bu yönelime göre kişi doğayı emanet görerek korumalı ve onu tehdit eden sorunların çözülmesi için aktif bir şekilde mücadele etmeli ve sorumluluk almalıdır (Ayten, 2021; Khalid, 2010).

Emanet görme yönelimini daha ayrıntılı ele almak gerekirse, emanet görme bilinci doğada Allah'ın varlığının izlerini görmeyi mümkün kılar. Doğayı merhametli bir Yaratıcının eseri olarak gören ve kutsallaştıran bir anlayış bireyde onu emanet görerek koruma ve kollama eğilimini artırır. Yaratıcısıyla bağlantısı koparılan doğa anlayışında ise doğayı tüketme ve ona tahakküm etme daha kolaylaştırılmış olur. Emanet görme bilincinde insan sorumluluk sahibi bir varlıktır ve tüm güzellikleriyle kutsal bir emanet olan doğa insana bahşedilmiş bir emanettir. İnsan doğanın bir sahibi olmayıp emanetçisi olduğunun farkında olmalıdır. İnsanın doğaya karşı empati ve merhamet geliştirmesi ve doğayı koruması çevresel sorunların çözümüne karşı duyarlı olması gerekir. Emanet görme bilincinde bireyin doğayı koruması gelecek nesillere karşı da bir sorumluluğudur. İnsan kendisi faydalanamayacağını bilse dahi fedakarlık yaparak doğayı koruması ve gelecek nesiller adına doğaya yatırım yapması, doğayı koruyacak nesiller yetiştirmesi gerekmektedir. Modern hayatta insan teknolojik gelişmelerin verdiği imkanları kullanmaktadır ve kimi zaman bu imkanları kullanması doğaya zarar verebilmektedir. Emanet görme bilincinde insanın doğaya zarar vermemek için hayat tarzını değiştirmesi ve kimi tüketim alışkanlıklarından vazgeçmesi de ele alınmaktadır. Emanet görme bilinci İslam'ın insan-doğa ilişkisine bakış açısındaki temel ilkeleri ve bireyi doğanın korunması konusunda sorumlu kılan farkındalık, empati, merhamet gibi erdemleri esas alır (Ayten, 2010, 2021).

Özetle; insanın çevreye bakış açısı ve kendini çevreye karşı konumlandırma biçimi, çevre yanlısı tutum ve davranışlarını belirleyen en temel olgudur. Bu çalışma, sürdürülebilir bir çevre anlayışı geliştirebilmek için bireylerde emanet bilinci geliştirmenin çevre yanlısı tutum ve davranış geliştirme potansiyeline dikkat çekmektedir.

Sonuç: Sürdürülebilirlik İçin Erdem Odaklı Bir Model Önerisi

Bu başlık altında, yukarıda zikredilen kuramsal temeller ışığında yazarlar tarafından geliştirilen çevre projesi hakkında bazı bilgilere değinilmiştir. İnsani değer ve erdemlerin merkeze alındığı söz konusu projede, çevreye duyarlı tutum ve davranışların toplumda yaygınlaşması için gönüllülere yönelik kültüre duyarlı bir çevre eğitimi modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Çevreye dair inanç ve değerlerin, özellikle "emanet görme" bilincinin, çevresel farkındalık üzerindeki etkisini temel alan bu model, gönüllülerin çevreye ilişkin tutumlarını olumlu yönde etkilemeyi hedeflemektedir. Eğitim modeli, Türkiye'nin sosyal, kültürel ve manevi bağlamına uygun erdem temelli bir yaklaşımla tasarlanmıştır. Bu yönüyle, çevreci sivil toplum kuruluşlarında görev alan gönüllülerin çevreye yönelik içsel motivasyonlarını destekleyerek gönüllülük faaliyetlerinin etkinlik ve kalıcılığını artırmayı amaçlamaktadır.

Projenin dayandığı temel yaklaşım, çevre sorunlarıyla mücadelede gönüllülerin çevreye yönelik anlamlı bir aidiyet geliştirmeleri ve bu aidiyetin inanç temelli bir sorumlulukla güçlendirilmesidir. Çevreci STK'larda görev alan gönüllüler için geliştirilen bu eğitim modeli, çevreyi emanet olarak görme bilincini merkezine alarak bireylerde çevresel bir bilinç ve sorumluluk oluşturmayı hedeflemektedir. Eğitim modeli, uluslararası çevreci sivil toplum kuruluşlarının (STK) gönüllülük faaliyetlerindeki başarılı uygulamalardan ve kültürel

değerlere uygun içeriklerden esinlenerek hazırlanacaktır. Bu bağlamda, gönüllülerin çevre bilincini artırarak onların çevreye dair kalıcı ve sorumlu bir tutum sergilemelerine katkı sağlaması beklenmektedir.

Projenin metodolojik yapısı, nitel ve nicel veri toplama tekniklerinin bir arada kullanıldığı karma yöntem araştırma desenine dayanmaktadır. Bu kapsamda, gönüllülerin çevre bilincine yönelik tutumlarını analiz etmek ve geliştirilen eğitim modelinin etkinliğini ölçmek için zengin bir veri altyapısı oluşturulmuştur. Proje şu temel aşamalardan oluşmaktadır: 1) Uluslararası çevreci STK'ların başarılı eğitim uygulamalarının analiz edilmesi, 2) Türkiye'de faaliyet gösteren çevreci STK'larla çalıştay düzenlenerek mevcut gönüllü eğitim süreçlerinin incelenmesi, 3) elde edilen bulgular ve teorik çerçeve doğrultusunda kültüre duyarlı, erdem temelli bir eğitim modeli geliştirilmesi, ve 4) modelin gönüllüler üzerinde ön test-son test uygulamalarıyla etkililiğinin değerlendirilmesi.

Projenin geliştirdiği eğitim modeli, her biri farklı bir erdemi ele alan en az 8 haftalık bir eğitim programı olarak tasarlanmıştır. Her hafta gönüllülere, çevreye karşı sorumlu davranışlar geliştirmeleri için farklı bir erdem kazandırılması hedeflenmektedir. Bu çerçevede, gönüllülerde çevreye karşı duyarlılığı artırmaya yönelik çeşitli teorik ve pratik eğitimler içeren program, çevreye dair olumlu davranış değişikliklerinin kalıcı hale gelmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Eğitim modelinin çevresel farkındalık açısından toplumsal faydalar üretmesi ve çevreci STK'lar için örnek bir şablon sunması beklenmektedir. STK'larda gönüllülük yönetiminin bir parçası olarak, ilgili STK'lardaki gönüllülerin eğitimine yönelik geliştirilecek bu model, gönüllülerin çevreye yönelik aidiyetlerini güçlendirerek hem STK'ların kurumsal kapasitelerine hem de çevresel sorunlara yönelik farkındalık yaratmaya katkıda bulunacaktır. Modelin uzun vadede çevre gönüllülerinin katılımını artırarak çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlaması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda, diğer STK'lara uyarlanabilir bir eğitim örneği sunarak, gönüllülük faaliyetlerinin etkinliğini artırma ve gönüllülük bilincinin yaygınlaşmasına destek olacağı öngörülmektedir.

Kısaca, bahsi geçen bu proje, bireylerde çevreye yönelik bilinçli bir sorumluluk oluştururken, gönüllülerin içsel motivasyonlarını desteklemeyi, çevresel farkındalığı artırmayı ve çevre dostu davranışların toplum genelinde benimsenmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Emanet görme bilincine dayanan bu yaklaşım, çevre sorunlarının çözümüne yönelik kültürel ve manevi değerlerin önemine odaklanmaktadır. Proje sonunda elde edilecek bulguların çevreci STK'lar için gönüllü eğitimi süreçlerinde başvurulabilecek bir şablon olması; politika yapıcılar açısından da somut ve nesnel veriler sağlaması ve konuyla ilgili akademik birikime bilimsel girdiler sağlaması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- [1] Aydın, H. (2021). *Ekolojik sorunlara İslâm odaklı yaklaşımlar*. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- [2] Ayten, A. (2010). Sahip Olma mı Emanet Görme mi? Çevre Bilinci ve Dindarlık İlişkisi Üzerine Bir Araştırma. *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi*, 203-233.
- [3] Ayten, A. (2021). *Doğa Bize Emanet: Dini ve Psikolojik Yönleriyle İnsan-Doğa İlişkisi*. İz Yayıncılık.
- [4] Benson, J. (2000). *Environmental ethics: An introduction with readings*. Routledge.
- [5] Berry, R. J. (Ed.). (2006). *Environmental stewardship: Critical perspectives, past and present*. T&T Clark Internat.
- [6] Callicott, J. B. (1984). Non-Anthropocentric Value Theory and Environmental Ethics. *American Philosophical Quarterly*, 21(4), 299-309.
- [7] Cooper, D. E., & Palmer, J. A. (Ed.). (2006). *Spirit of the environment: Religion, value and environmental concern* (Repr.). Routledge.

- [8] DesJardins, J. R. (2013). *Environmental ethics: An introduction to environmental philosophy* (5th ed). Wadsworth Cengage Learning.
- [9] Foltz, R. (Ed.). (2003). *Worldviews, religion, and the environment: A global anthology*. Thomson/Wadsworth.
- [10] Gardiner, S. M. (2006). A Perfect Moral Storm: Climate Change, Intergenerational Ethics and the Problem of Moral Corruption. *Environmental Values*, 15(3), 397-413.
- [11] Khalid, F. (2010). Islam and the Environment – Ethics and Practice an Assessment. *Religion Compass*, 4(11), 707-716. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8171.2010.00249.x>
- [12] Kışlalıoğlu, M., & Berkes, F. (2010). *Çevre ve Ekoloji*. Remzi Kitabevi.
- [13] Martı, H. (2019). *Hadisler Ekseninde Çevre Ahlakı*. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- [14] Nasr, S. H. (2019). *İnsan ve Tabiat*. İnsan Yayınları.
- [15] Özdemir, İ. (2020). *Çevre, İnsan ve Sorumluluklarımız: Felsefi ve Ahlaki Bir İnceleme*. Akıl Fikir Yayınları.
- [16] Özdemir, İ. (2024). *Mizan: Dünya ile Bir Sözleşme*. Üsküdar Üniversitesi Yayınları.
- [17] Özdemir, N. (2021). Dindarlık ve sürdürülebilir tüketim davranışı: Gönüllü sadeliğin aracı rolü. *Turkish Journal of Marketing*, 6(1), 70-89. <https://doi.org/10.30685/tujom.v6i1.111>
- [18] Serjeantson, R. (2014). Francis Bacon and the “Interpretation of Nature” in the Late Renaissance. *Isis*, 105(4), 681-705. <https://doi.org/10.1086/679419>
- [19] Stern, P. C. (2000). Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407-424.
- [20] Stern, P. C., Dietz, T., Abel, T., Guagnano, G., & Kalof, L. (1999). A Value-Belief-Norm Theory of Support for Social Movements: The Case of Environmentalism. *Human Ecology Review*, 6(2), 81-97.
- [21] Straughan, R. D., & Roberts, J. A. (1999). Environmental segmentation alternatives: A look at green consumer behavior in the new millennium. *Journal of Consumer Marketing*, 16(6), 558-575. <https://doi.org/10.1108/07363769910297506>
- [22] Tucker, M. E. (Ed.). (2001). *Religion and ecology: Can the climate change?* American Academy of Arts and Sciences.
- [23] Uçar, G. K., & Hasta, D. (Ed.). (2020). *Çevre Psikolojisi: İnsan-Doğa Etkileşimi ve Çevre Davranışı*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- [24] Ünder, H. (1996). *Çevre Felsefesi*. Doruk Yayınları.
- [25] Yaseen Gada, M. (2014). Environmental Ethics in Islam: Principles and Perspectives. *World Journal of Islamic History and Civilization*, 4(4), 130-138.
- [26] Yücel, A., & Konak, N. (2021). Derin ekoloji ve İslam’da insan-doğa ilişkisi. *Nosyon: Uluslararası Toplum ve Kültür Çalışmaları Dergisi*, 8, 28-38.

Giresun Kızılıkaya Maden İşletmesinin Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Giresun Kızılıkaya Mining in Terms of Sustainable Development and Environmental Management

* Mustafa Kılıç

* 75. Yıl Çok Programlı Lisesi Müdürlüğü, Giresun, Türkiye

Anahtar kelimeler: Madencilik, sürdürülebilir ve kırsal kalkınma, çevre.

Özet

Bu çalışmanın amacı, Giresun iline bağlı Espiye ilçesi Şahinyuva köyünde bulunan Kızılıkaya maden işletmesinin 2018-2023 yılları arasındaki maden çıkarma faaliyetlerini, sürdürülebilir kalkınma ve çevre yönetimi açısından incelenmek ve çevresel etkilerini ortaya çıkarmaktır.

İşletme; posa yığılı yerin alt tarafına havuz yapmamış, hava kirliliğini önlem almaya yönelik hiçbir faaliyette bulunmadığı gibi sisli günlerde iş makineleriyle kayaları yamaçlardan aşağıya doğru yuvarlayarak can güvenliğini tehlikeye atmıştır. Patlamalardan sonra yakın mahallelerin bazı evlerinde çatlaklar oluşmuştur. Posa yığılı alanda heyelan meydana gelmiş, heyelanla vadi yamaçlarının her iki yanı kopmuş ve vadi boyunca 7-8 km'lik sahada heyelan etkili olmuştur. Mevcut fabrika atık su havuzu arıtma su tahliyesi işleminde, sular tam bir arıtma işlemi yapmadan Kızıldere'ye bırakılmaktadır. Kızılıkaya'dan kaynağını alan Eğritarla deresi ile Karaorman deresinin yatağı metal kirliliğinden dolayı kırmızı renge dönüşmüştür.

2022 Proje tanıtım dosyasında 6 bin dönüm üzerinde yapılacak madencilik faaliyetinde 12 yılda 360 bin ton bakır üretimi planlanmaktadır. Proje alanının tamamının verimli değerlendirildiğinde maden işletmesinin parasal karşılığı 3,5 milyar dolar iken, 2022 proje tanıtım dosyasının bulunduğu köylerde yörenin güncel tarımsal üretimi yöre ekonomisine katkısı yıllık 1,5 milyar lira ve sahanın ekonomik potansiyeli ise 3 milyar lira/ yıldır.

ÇED alanının 5 bin dönümlük kesimine tekabül eden % 80 lik saha yer altı suyu besleme sahasını oluşturmaktadır. Çevre yerleşim yerlerinin yüzde % 90'ı içme ve kullanma suyu ihtiyacını buradan etmektedir. Tesis ve posa alanları tamamen çevre köylerinin yer altı su rezervi beslenme sahası üzerinde yer almaktadır. ÇED dosyasındaki planlamanın mevcut haliyle uygulanabilirliği mümkün değil, ekonomik gerçeklerden uzak ve çevre dostu değildir.

Key words: Mining, sustainable and rural development, environment.

Abstract

The purpose of this study is to examine the mining activities of the Kızılıkaya mining operation between 2018 and 2023, located in Şahinyuva village of Espiye district of Giresun province, in terms of sustainable development and environmental management, and to reveal their environmental impacts.

Business; He did not build a pool at the bottom of the ground where waste was piled up, did not take any action to prevent air pollution, and endangered life safety by rolling rocks down the slopes with work machines on foggy days. After the explosions, cracks appeared in some houses in nearby neighborhoods. A landslide occurred in the waste-filled area, both sides of the valley slopes were torn off by the landslide, and the landslide was effective in a 7-8 km area along the valley. In the current factory wastewater pool purification water discharge process, the water is released to Kızıldere without a complete purification process. The beds of

Eğritarla stream and Karaorman stream, which originate from Kızılkaya, have turned red due to metal pollution.

In the 2022 Project introduction file, it is planned to produce 360 thousand tons of copper in 12 years in the mining activity to be carried out on 6 thousand decares. When the entire project area is evaluated as productive, the monetary value of the mining operation is 3.5 billion dollars, while the contribution of the current agricultural production of the region to the local economy in the villages where the 2022 project introduction file is located is 1.5 billion liras per year and the economic potential of the field is 3 billion liras per year.

80% of the area corresponding to 5 thousand decares of the EIA area constitutes the groundwater recharge area. 90% of the surrounding settlements get their drinking and domestic water needs from here. The facility and pulp areas are completely located on the underground water reserve feeding area of the surrounding villages. The planning in the EIA file is not feasible in its current form, is far from economic realities and is not environmentally friendly.

Giriş

Bu çalışmanın amacı, Giresun iline bağlı Espiye ilçesi Şahinyuva köyünde bulunan Kızılkaya maden işletmesinin 2018-2023 yılları arasındaki maden çıkarma faaliyetleriyle 2022 yılındaki Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) dosyasını sürdürülebilir kalkınma ve çevre yönetimi açısından incelenmek ve çevresel etkilerini ortaya çıkarmaktır.

Yerkabuğunun ekonomik olarak değerlendirilen minerallerine maden denir (Tümertekin, 1994). Madenler metal ve metal olmayanlar olarak ikiye ayrılır. Madencilik faaliyetleri denildiğinde daha çok metal maden işletme işlemleri anlaşılmaktadır. Maden işletme ve madenlerden yararlanma tarih öncesi devirlere kadar gitmektedir. İşletilen metallerin kullanımının yoğun olduğu dönemler bir kültür devri olarak kullanıldığı çağa isimlerini vermiştir. Bakır, tunç, demir devri.

Tarih öncesinden günümüze kadar geçen 6-7 bin yıllık süreçte madenlerin önemi artarak devam etmiştir. İnsanların kullanımına yeni madenler girmiş, kullandıkları madenlerin kullanım alanları genişlemiştir. Günümüzde sanayiden evsel araçlara, kişisel bakım ürünlerinden tarımsal sektöre kadar her alanda madensel ürünler insan yaşamının her alanına girmiştir. İnsanoğlu madensel sektörü yaşamından çıkarsa, onun bugünü taş devrinden farksız olur. Bu nedenle maden çıkarma ve işletme insanoğlunun hayatının devamını için vazgeçilmez bir faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bazı madenler belirli bir alanda kritik öneme sahiptir. Demir, otomotiv ve inşaat sektöründe; bakır elektrik-elektronik alanda; bor cam, deterjan ve ilaç yapımında; mermer, inşaatlarda, dekorasyonda, heykeltçilikte; kömür, elektrik üretiminde kimyada; çinko, pillerin yapımında, floresan lambalarda; kurşun, zararlı ışıklardan korunmada; nikel, uçak gemi yapımı; krom, paslanmaz çelik üretiminde kullanılmaktadır.

Madencilik sektörünün ülkemizin 2022 yılı gayri safi yurt içi hasılasındaki payı %1.4 yani yaklaşık 15.5 milyar Türk lirasıdır (TUIK). Maden çıkarma ve işletmesini içeren bu değer, maden ticareti ve diğer sektörlerin ham maddesini beslemesi açısından oldukça stratejik öneme sahiptir.

Maden Çıkarma ve İşletme Sırasında Çevrede Oluşan Olumsuz Etkiler

a.Yeraltı Su Seviyesi, İçme ve Kullanma Sulara Etkisi: Madencilik faaliyetleri sırasında maden atıklarının sulara bırakılması, arıtma sisteminin yetersiz olmasından kaynaklanabileceği gibi asit maden drenajı ve asit kaya drenajlarından da kaynaklanmaktadır (Alemdağ, Vd., 2018). Galeri sistemleri yüzeydeki işletme faaliyetleri yeraltı su seviyesinde

etki olabilmekte ve patlamalar sırasında oluşabilecek çatlaklar nedeniyle yerel ölçekli akiferler sularının daha derinlere sızmasına neden olabilmektedir (Sağlam, 2015).

b. Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığı: Maden çıkarma ve işletme sırasında özellikle patlatmadan sonra toz bulutu oluşmaktadır. Maden ve pirit tozları diğer kayaç tozları gibi değildir insanın solunum sistemini büyük hasar vermektedir Havadaki maden oranlarının belirli bir eşik değeri aşması yaşam için tehlike oluşturmaktadır (Öztürk 2019). Bitki yapraklarını kaplayarak solunumu ve fotosentezi engeller (Özpolat ve Tuli, 2016). Çiçeklenme döneminde döllenmeyi önler ve meyve oluşumunu azaltır (Aydın, 2012).

c. Toprak Kirliliği: Haya bırakılan maden tozları yağışlarla birlikte toprağa düşmekte ve tarım toprağının bakır, çinko, kurşun gibi ağır metal oranlarını artırmaktadır. Toprağın yapısının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, organik madde kapasitesinin, toprağın mikroorganizma ve canlıları ve toprak içindeki ayrışma ve madde döngüsünün bozulması nedeniyle toprağın üretim gücü azalmakta veya yok olmaktadır (Aydın, 2012). Örneğin, toprağa karışan bakır toprakta bulunan organik maddeler ve minerallerle güçlü bir bağ oluşturur. Bunun sonucu olarak toprağa karışan bakır uzak mesafelere taşınmaz ve yer altı suyuna karışır. Yüzey suyunda bakır asılı partiküller ya da serbest iyonlar olarak çok hızlı taşınırlar. Toprağa karışan bakır bitkilerde veya hayvanlarda birikebildiği için doğada yok olmaz. Bakır yönünden zengin topraklarda sadece sayılı sayıda bitkiler yaşayabilir. Bakır toprakta bulunan mikroorganizma ve solucanların aktivitelerini negatif yönde etkiler ve bunun sonucu olarak organik maddenin ayrışması ciddi şekilde yavaşlar. Bakır ile kirlenmiş tarım arazisi topraklarından hayvanların sağlıklarına zarar verir. Temelde koyunlar çok düşük bakır konsantrasyonlarından etkilendikleri için bakır zehirlenmesine maruz kalmaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma

Kalkınma, ekonomide halkın değer yargıları, dünya görüşü ile tüketim ve davranış kalıplarındaki değişimleri içeren toplumsal ve kuramsal yapıda dönüşüme yol açan büyüme olarak tanımlanır (Kaypak, 2011). Kalkınma ekonomik olarak gelirleri artırma ve teknolojik ilerleme olarak tanımlanabilir. Ekonomik olarak gelir seviyesi düşük olan ve teknolojik olanaklardan yoksun olan ülkeler, gelişmiş ülkelere kültürel ve sosyal yaşamda benzemeye de kalkınma olarak ifade etmektedir. İnsan ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakları kullanmakta yani tüketmektedir. Sanayi devriminden sonra insanların kaynak kullanımının aşırı artması çevre üzerinde bir baskı oluşturmuş ve doğal kaynakların tükenmesi sorunu doğurmuştur. Kaynakların tükenir oluşu endişeleri artırmış ve insanoğlunu yeni arayışlara itmiştir. Bu noktada doğal kaynaklardan daha verimli şekilde yararlanma ve tüketiminin en az seviyede tutarak kaynaklardan yararlanmayı sürekli hale getirmek için ortaya sürdürülebilir kalkınma fikri atılmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma, ekoloji ile ekonomi arasında bir denge kurarak, doğal kaynakları bugünden tamamen tüketmeden, aynı dünyayı paylaşacağımız gelecek nesillerimizin ihtiyaçlarının karşılanmasına olanak verecek şekilde kalkınmayı sağlamak demektir (Kaypak, 2011). Sürdürülebilir kalkınmada; yerel alanların kalkınması planlanırken ya da gelirlerini artırmaya çalışılırken tükenebilir doğal kaynaklar yerine alternatif diğer kaynakların ön plana alınması gerekmektedir. Kırsal alanların kalkınması planlanırken, toprak, su, bitki örtüsü kullanımı doğa dostu yaklaşımla gerçekleştirilmelidir. Maden gibi bir kez kullanıldığında tükenen kaynak kullanımında çevresel etki değerlendirilmeli ve diğer kaynakların zarar görmesine izin verilmemelidir.

Sürdürülebilir kalkınma ancak sürdürülebilir bir çevre ile sağlanabilir. Sürdürülebilir çevre ise doğal kaynaklardan sürekli yararlanmayı ifade etmektedir. Toprak, su, bitki gibi doğal kaynaklardan bilinçli kullanımla sürekli kullanım sağlamak mümkündür. Bu kaynakların aşırı kullanımı ve

kirliliği sürekli kullanımını ortadan kaldırdığı gibi gelecek nesillerin bu kaynaklardan yoksun kalmasına neden olmaktadır.

Araştırma sahasının Yeri:

Çalışma konusu olan Kızılkaya İşletmesi Giresun merkezine kuş uçuşu 45 km Espiye ilçesine ise 20 km mesafede Şahinyuva köyünde bulunmaktadır. Söz konusu maden, açık işletme olarak çalıştırılmaktadır.

Materyal ve Metot

Yapılan çalışma kapsamında; Kızılkaya maden işletmesi sonucunda çevre üzerinde olumsuz etki oluşturan arazi kullanımları araştırıldı. Kızılkaya maden işletme sahası ve bu işletmenin çevresinde yer alan Lahanos ve killik maden sahalarıyla ilgili daha önce yapılan çevresel araştırmalarla ilgili kaynak taraması yapıldı. Maden sahası ÇED raporları incelendi. İşletmenin, ÇED raporlarındaki çevresel koruma önlemlerine maden işletme sırasında ne ölçüde uyduklarını belirlemek için işletme sırasındaki uygulamaları incelendi. İşletme sırasında ortaya çıkan çevresel olumsuz durumlar nedeniyle yöre halkıyla işletme yönetimi aralarındaki hukuksal davalar takip edildi.

Bu çalışmada; 2022 yılı ÇED başvuru dosyasının olası etkileri ile mevcut maden işletme faaliyetlerinin yeraltı suyu seviyesine etkisi, çevre kirliliği (Toprak, hava, yüzey suları ve yeraltı suları) yerel ekonomik kalkınma (Kırsal Kalkınma)-sürdürülebilir çevre denklemi, çevre sorunları (Sel, taşkın, heyelan), İnsan sağlığı ve çevre morfolojisine etkisi açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda görüş ve öneriler sunulmuştur.

Bulgular

1.ETİ Bakır Proje Tanıtım Dosyasının İçeriği

ETİ Bakır A.Ş 2018, 2021 ve 2022 Tarihli Proje Tanıtım Dosyasının (PTD) içeriği şu şekildedir:

Maden ocağında patlatma yapılmadan önce hem ocakta çalışacak personel hem de yöre halkı önceden uyarılacaktır. Patlatma gündüz saatlerinde (11:00-15:00) yapılacak olup, patlatmanın yapılacağı gün Maden ocağının başlangıcına ve bitiş sınırına iki görevli yerleştirilecek böylece patlatma sırasında çalışanların dışında başkalarının girmesi önlenmiş olacaktır. Patlatma işlemleri, patlatma konusunda yetkili, gerekli izin belgeleri olan patlatma uzmanları tarafından güvenlik güçleri (jandarma veya polis) kontrolünde yapılacaktır. Patlatma öncesinde siren, düdük vb. uyarıcılar ile yöre halkı önceden ikaz edilecek, ayrıca ocak alanı çevresine ikaz levhaları konulacaktır. Maden ocağında patlatma yapılmadan önce gerekli emniyet tedbirleri alınacaktır.

Patlatma öncesinde bitkisel toprak depolanacak olup, faaliyet sonunda sahanın rehabilite edilmesinde kullanılacaktır. Meydana gelecek olan pasa, pasa depolama sahasına aşağıdan yukarıya doğru depolanacaktır. Bu uygulama ile pasa sürekli olarak sıkışacak ve içine hava-suyun girmesi engellenecektir. Pasa sahasının dip kısmına 3x3x2 boyutlarında bir havuz inşa edilecektir. Olası sızıntılar bu havuzda biriktirilecektir. Suların standardı sağlamaması durumunda vidanjör ile alınarak atık depolama tesisine boşaltılacaktır. Madencilik faaliyetleri sona erdiği zaman meydana gelecek açık ocak boşluklarında yağmur suyu birikimi oluşmaması için, sahada kısmı geri dolgu yöntemiyle açık ocaklarda dolun yapılarak göl oluşumuna izin verilmeyecektir. Yağışlardan kaynaklı oluşacak yüzey suları açık ocak çalışma alanı en alt taban kotunda birikecektir. Biriken yüzeysel sular pompa vasıtası ile çalışma alanı dışında inşaa edilecek çöktürme havuzlarına iletilecektir. Fiziksel arıtıma tabi tutulacak sular öncelikle, nötralizasyon işlemi görerek pH dengesi sağlandıktan sonra, kademeli olarak havalandırılacak ve çöktürme işlemine tabi tutulacaktır.

Hesaplamalar sonucu yapılan işlemler sırasında oluşacağı tahmin edilen toplam toz emisyonu miktarı: 50,454 kg/saat olarak hesaplanmıştır. Bu durumda çıkacak toplam toz emisyonunun kütleli debisi “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”nde verilen tozun kütleli debisinin (1 kg/sa) üstündedir.

Kırma-eleme tesislerinde toz indirgeme sistemi olacak şekilde bunkerler, kırıcılar, elekler, bantlar ve malzeme dökülme noktalarının en az ünite bazında kapatılması yönünde işletme projesi hazırlanması ve işletilmesi esastır.

Maden ocağında yapılacak patlama ile oluşacak yer titreşiminden olumsuz etkilenmeyeceği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, patlatmalar sırasında riskli bölgelerde gürültü, sarsıntı (vibrasyon) ölçümleri yapılarak sonuçlar kayıt altına alınacaktır.

Basında yer alan haberlerde; proje alanında peribacaları benzeri doğal yapıların olduğu belirtilmektedir. Proje alanında peribacaları benzeri olduğu belirtilen doğal yapılar mevcut pasa döküm alanına yaklaşık 45 m mesafededir. Yapılan inceleme sonucunda peri bacası olduğu iddia edilen doğal yapının; peri bacası olmadığı, uzun zaman sonucunda dış etkenlerle şekil almış kaya parçaları olduğu anlaşılmış olmasına rağmen, planlanan madencilik faaliyeti süresince etrafı 100 m çapında tel örgü ile çevrilerek koruma altına alınacak ve faaliyetten olumsuz etkilenmemesi sağlanacaktır.

Peribacalarının olduğu iddia edilen alanda yapılan incelemede, sahada herhangi bir yüzeysel suya da kaynak suyu gözlemlenmemiş olup, oluşabilecek yüzeysel suların yağışların çok olduğu dönemlerde dar yataklı mevsimsel dereler olabileceği öngörülmektedir.

Bölgede doğal boşalımlı bir kaynak sistemi bulunmamaktadır. Sızıntı şeklinde görülen kaynaklar sığ dolaşıma sahip olan ve yağışlı dönemlerde yeraltına sızan suların boşalımı ile oluşturdukları anlaşılmıştır. Bölgeye düşen yıllık toplam 1287,1 mm yağışın; %53.39’u buharlaşma-terleme yolu ile atmosfere geri döndüğü, kalan % 46.61’lik kısmın ise efektif yağışı oluşturduğu Hidrojeolojik Etüt kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda görülmektedir. Yüzeysel akışa geçen kısım için katsayı, bitki örtüsü ve toprak grupları verileri göz önünde tutularak 0.10 olarak belirlenmiştir. Hesaplama sonucunda efektif yağışın % 10’u (128.71 mm) yüzeysel akışa (run-off) geçtiği, geri kalan % 36.61’lik (471.26 mm) kısmı ise yeraltı suyuna sızma şeklinde hidrojeolojik sisteme katıldığı hesaplanmıştır.

2.Çevre Kirliliği

2a.Yüzey suları ve Yeraltı Suları Kirliliği

Etibakır A.Ş Kızılkaya Maden sahasında Proje tanıtım dosyasında belirttiği hususlara uymadığı görülmektedir. Asit Maden Draneji ve Asit Kaya Draneji açıklanırken proje alanındaki durumdan sadece bilimsel olarak hangi değerlerde olması gerektiği hususları ve teknik teorik bilgiler tartışılmıştır. Asit maden drenajının yarattığı tehlike sadece yüksek düzeydeki asitten kaynaklanmamaktadır; karşılaştığı kayalardan ayrıştırdığı ağır metalleri de içeren bu drenaj sızmaları toprağı, yer yüzeyindeki ve altındaki su havzalarını da kirletmektedir. Örneğin Kızılkaya’da Eğritarla deresi kaynağını ocak işletmesinin bulunduğu sahadan aldığından dolayı su içerisinde metal oranı eşik değerin üzerindedir. Bundan dolayı bu buradaki derelerde balık yaşamaz. Metal kirliliği nedeniyle dere yatağı kırmızımsı renge dönüşmüştür. İşletme sahası her ne kadar bakır işletmesi olsa da işletme ocağında bakır, çinko, kurşun, altın, pirit gibi metal madenler vardır. Tüm bu ağır metaller eriyik olarak çevre suları ve toprağı kirletmektedir. Bu ağır metaller su içme yoluyla hayvanlara ve hayvansal gıdalarla da insanlara geçmektedir. Projede ADT temaslı suların yüzey ve yağış sularıyla temasını önlemek için kuşaklama kanallarının yapılması planlandığı bu kanallar ile çukurlarda biriktirilen suların akarsuyun uç kısımlarına verileceği belirtilmesine rağmen yapılmamıştır.

Yine raporda posa alanın alt tarafına bir havuz yapılacağı ve posadan sızan suların havuzda dinlendirilerek ağır metallerin çökmesi sağlanacağından bahsetmektedir. Posa yığılı yerin alt tarafına havuz yapılmamıştır. Posalarda heyelanla dere yatağı boğunca 7-8 km akmıştır. Bu olay su kirliliğine daha artırmıştır.

Yeraltı su kirliliği sadece maden sahası maden depo alanı ve pasa döküm alanından kaynaklanmamaktadır. ÇED alanın bulunduğu sahaya haftada en az iki ya da üç gün yağış almaktadır. Açık işletme sırasında başta patlama olmak üzere diğer faaliyetler sırasında havaya bırakılan ağır metaller bu nedenle ortamdan dağılıp uzaklaşmadan yağışlarla birlikte yere inmekte, toprağa ve yüzey sularını kirletmektedir. Topraktaki ağır metaller ise su ile tepkime sonucu sızarak yeraltı suyuna karışmaktadır.

2b.Hava Kirliliği ve Sağlıklı Yaşam

Faaliyette olan açık ocak işletme sahasında Proje tanıtım dosyasında bahsettiği önlemlere uymamaktadır. Etibakır A.Ş Açık Ocak İşletmesini taşeronla yıllık kiralamaktadır. Taşeron firma hava kirliliğini önlem almaya yönelik hiçbir faaliyette bulunmadığı gibi sisli günlerde iş makineleriyle kayaları yamaçlardan aşağıya doğru yuvarlayarak can güvenliğini tehlikeye atmakta ve Türk Ceza kanununun 170. Ve 171. Maddelerine göre yapılan eylemler suç oluşturmaktadır. Patlatmalar sonrasında bazı vatandaşların evinde yarı ve çatlaklar oluşmuştur.

Ruhsat başvuru dosyasında hava kalitesini ölçeceğini taahhüt etmesine rağmen, şirketin burada hava kalitesini ölçen ölçüm istasyonu yoktur. Hava patlatmalar sırasında havaya ne kadar maden toz kaldırdığı bilinmemektedir. Şirket bu şekilde yerel sakinlerin sağlığını tehlikeye atmaktadır. Maden sahası ve çevre köyler yoğun olarak fındık ziraatıyla uğraşmaktadır. Yöre sakinlikleri son yıllarda ürünlerde verimin düştüğü ve hastalıkların arttığını belirtmektedir.

Tozu önlemek veya bastırmak için daha önceki Proje Tanıtım Dosyasında sözü edilen önlemler alınmamıştır. Dosyada yer alan rüzgâr kesici levhalar, beton setlerle ve ağaçlar dikilerek rüzgârın önlenmesi işlemleri yapılmadı. İslatma yöntemleri kullanılmamaktadır. Özellikle patlatmadan sonra toz bulutu oluşmaktadır. Yani çevre alanlar tozlara açık haldedir. Toz yerleşim alanlarında konu ile ilgisi olmayan insanların sağlığını da olumsuz etkilemektedir. ÇED dosyasında tozlanmayı önlemek için alınacak önlemler sıralanırken taşıt üzerindeki maden ve maden depolama yüzeylerinin nemli tutulacağını taşıma sırasında taşıt üzerinin branda ile kapatılacağı belirtildiği halde uygulamada buna uyulmadı.

İşletme sahasının doğusunda yer alan Çalkaya köyün başta gençler arasında olmak üzere kanserden dolayı ölüm oranları 2000'li yıllara göre oldukça artmıştır. Bu durum hava akımını doğu yönlü olması nedeniyle toz ve kimyasalların bu köyü daha fazla etkilemiş olmasından kaynaklanabilir.

2c. Toprak Kirliliği

Kızılkaya sırtları kabaca doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır. Denizden gelen nemli hava kütlesi Kızılkaya yamacı boyunca hava kütlelerinin hareketi yavaşlamakta ve yamaç boyu yükselerek yoğunlaşması sonucu lokal olarak topografik yapı nedeniyle saha, çevreye nisbeten daha uzun süreli ve bol yağış almaktadır. Yağmur damlası yoğunlaşması havadaki tozlar çevresinde olduğundan havaya bırakılan metal ve diğer tozlar yağışla birlikte yere düşmektedir. Atmosfere bırakılan tozlar yağışlarla yere düşmesi sonucunda toprak, su ve bitkiler bu ağır metallerle maruz kalmaktadır. Toprak yapısının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, organik madde kapasitesinin, toprağın mikroorganizma ve canlıları ve toprak

içindeki ayrışma ve madde döngüsünün bozulması nedeniyle toprağın üretim gücü azalmakta veya yok olmaktadır.

Uzun süre bu ağır metallere maruz kalan topraklar tarım yapılanmaz hale gelebilir. Bitkiler hastalıklı olacak ve doğa kendini yenileyemeyeceğinden doğal denge bozulacaktır. Kızılkaya örneğinde görüldüğü gibi şirketin çevre ve insan sağlığı öncelikleri değildir. Şirket en az harcamayla en fazla kar nasıl ederim kaygısıyla hareket etmektedir.

3.Yerel Ekonomik Kalkınma (Kırsal Kalkınma) ve Sürdürülebilir Çevre Denklemi

ÇED dosyasında çalışama süresi, işçi sayısına yer verilerek yerel ve ulusal ekonomiye katkı sağlayacağından bahsetmektedir. Fakat çevre ekonomi denklemi ve sürdürülebilir çevre açısından mevcut hali ve ÇED dosyasındaki planlamaların gerçekleşmesi halinde ekonomiye katkı değil var olan ekonomik kaynağın atıl kalması söz konusu olacaktır. Şöyle ki:

ÇED alanı 6 bin dönüm araziye kaplamakta ve bu arazinin 3500 dönümü fiili kullanım alanı olarak planlanmıştır. ÇED alanın 5bin dönümlük kesimine tekabül eden %80 lik saha yer altı suyu besleme sahasını oluşturmaktadır. Soğukpınar, Şahinyuva, Çalkaya, Taflancık, Çepniköy, Akköy, Sinanlı, Dereköy ve Tepeköy yerleşim yerlerinin yüzde %90 içme ve kullanma suyu ihtiyacını buradan beslenen yeraltı suyuna bağlı kaynak ve derelerden temin etmektedir.

ÇED raporunda yörenin 1200mm civarında yağış aldığı ve teorik olarak bunun %36'sının yeraltı suyunu beslediği diğerlerinin akış ve buharlaşmayla ortamdan uzaklaştığından bahsetmiştir. Rapordaki yağış miktarı Giresun merkez istasyonun verileridir. Yükselti artıçça sıcaklığın düşmesine bağlı olarak yağış miktarı artar. ÇED alanı yaklaşık 800-1000m yükseltide yer almaktadır. Hava kütlesi yükseltiye bağlı olarak soğumakta ve yağış miktarı artmaktadır. Yapılan araştırmalara göre hava kütlesi her 100 metrede 50mm ile 400mm fazla yağış artışına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Erol, 1993). Bu açıklamaların ışığında ÇED sahasının 1800-2000mm yıllık yağış aldığı tahmin edilmektedir. Bir sahadaki yeraltı suyu potansiyeli; bitki örtüsü, kayaç ve toprağın yapısı, arazi eğimi ve yağış şekline göre değişmektedir. ÇED sahası yörede eğim farkının en az olduğu kesimi kapsar. Alanın önemli bir kısmı ormandır. Tarım arazileri de findık bahçeleridir. Kızılkaya dışında kalan ÇED sahasının yaklaşık %90'ı geçirimsiz yapı ve nispeten derin toprak örtüsüyle kaplıdır. Yağışların önemli bir kısmı çise şeklinde ve kışın kar şeklinde düşmektedir. Bunun sonucundan sahanın tamamında yeren düşen yağışların yarısı yer altı suyunu beslediği tahmin edilmektedir. ÇED alanı 6 milyon metrekaredir. Metrekareye düşen yağışın 1 kg yeraltına sızması beklendiğinden yıllık yeraltı suyu beslenme kapasitesi 6 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. 6 milyon ton yeraltı suyu potansiyeli ÇED alanındaki ve çevredeki kaynakları beslemektedir. Bu yer altı suyunun, yarısının kaynaklarla yeryüzünü çıktığını farz edersek, günde 50 ton su sağlayan 164 kaynak suyuna eşit olur. Bununda yarısının evlerde kullanıldığını kabul edersek, 1.500.000 ton suya karşılık gelir. Bu da ortama 7500 ailenin yıllık su tüketimidir. Yukarıda saydığımız köylerde ortalama 10000'den fazla nüfus ikamet etmektedir. Yörede yaşayan insanların içme ve kullanma suyu, bitkilerin ve yaban hayatının kullandığı su, proje sahasında yer altına sızan suların oluşturduğu yeraltı suyuna bağlı kaynaklardır.

2555 dönümü ormanlık alan olmak üzere 3500 dönüm alan fiziki kullanım alanı olacaktır. Bu kullanım alanın önemli bir kısmı fabrika ve maden, atık pasa döküm ve depo alanları olacaktır. Yani buradan yer altına sızan su neredeyse 0mm olacaktır. Fabrika, depo ve döküm alanları yeraltı suyunun beslenmesine en uygun yerlerde planlandığı görülmektedir. Bu durumda yeraltı sunun beslendiği asıl alanlardan yoksun olacağından yeraltı su seviyesi %70 oranında azalması beklenmektedir. ÇED raporundaki planlamanın uygulanması halinde yörede nüfusun %80 içme ve kullanma suyu ulaşımın imkânsız hale geleceği gibi doğal ve yaban hayatı yok olmaya varacak derece tehlike içerisine girebilecektir.

ÇED 6 bin dönüm üzerinde yapılacak madencilik faaliyetinde 12 yılda yıllık bir milyon ton toplamda 12 milyon ton cevher işletmesi planlanmaktadır. Cevher tenör oranı ortama %3 civarında olduğundan 12 yılda üretilen bakır maddeni 360 bin tondur. Bakırın piyasa değeri tonu 9500 dolardır. Proje alanının tamamının verimli değerlendirildiğinde maden işletmenin parasal karşılığı 3,5 milyar dolar yani 100 milyar TL'dir. Şirket yıllık işçi gideri 750 milyon 12 yıllık gider, 9 milyar TL gider tüm giderleri 14 milyar toplam 12 yıllık maden çıkarma işletme maliyeti maliyet 35 milyar civarındadır. Şirket 12 yılda 65 milyar kar elde etmeyi planlamaktadır. Oysa şirket, 12 yıllık üretimi kapasite azaltarak 25-30 yılda çıkarsa ve 10-12 milyarlık çevresel koruma harcamasıyla çevre üzerinde etkiyi en aza indirebilecektir. Bu durumda Şirketin otuz yılda 50-55 milyar net karı olmaktadır. Bu durumda çevre korunmuş olduğu gibi yerel ekonomik tarımsal ve hayvancılık potansiyeli değerlendirilmiş ve korunmuş olması beklenmektedir.

Öncelikle yapılan madencilik faaliyetinin etki alanı ve olumsuz etki sahası 6 bin dönüm değildir. Su potansiyeli, tarım ve hayvancılık ekonomik etki alanı olarak ÇED dosyasındaki faaliyetin etki alanı Soğukpınar, Çalkaya, Şahinyuva, Çepniköy, Taflancık, Akköy, Küçükköy, Dereköy'dür. Bu köylerde aktif olarak etkilenen nüfus 10 bin, arazide 50 bin dönümün üzerindedir. ÇED başvuru dosyası sayfa 62 de TÜİK 2021 nüfus verileri yer almaktadır. Fakat bu verilerin gerçek durumla bir ilgili yoktur. Buradaki veriler sadece ikamet adreslerini göstermektedir. Belediyeler nüfus oranına göre yardım aldığından köy nüfusunun belediye sınırları içerisinde ikamet göstermesini istemektedir. Yine kış aylarında Espiye merkezde ikamet eden köylü nüfusunun önemli bir kısmı mart ayıyla birlikte yeniden köylere çıkar. Bu duruma göre TÜİK verilerinin bu tür analizlerde kullanılmasının doğru olmadığını göstermektedir.

ÇED'e konu olan alanın mevcut hayvancılık ve tarım durumu ile potansiyeli şu şekildedir. Bu arazi üzerindeki köylerde 3000 bin üzerinde arı kovani vardır. 3000 kovandan ortama yıllık ticarete konu olan 45 ton bal üretilmektedir. Üretilen bu balın değeri 45000X1500 =67.500.000TL'dir.

Yukarıdaki köylerde 1500 büyükbaş hayvan vardır ve bunun 1000 civarı süt sığıridir. 20X1000=20000 (20 ton)litre günlük, 20X300=600 ton litre yıllık süt üretimi vardır. Köy sütünün fiyatı Eylül 2024 fiyatı 40 TL'dir. Bu durumda yıllık süt geliri 600X40000=24 milyondur. 500 civarında büyükbaş et üretiminde kullanılmakta ve çoğu bir yaşına gelmeden kesime verilmektedir. Yukarıdaki köyler Ortama 500X100=50 ton sığır eti üretimi sağlamaktadır. 50X500000=25 milyon TL et geliri elde edilmektedir. Toplam Büyük baş hayvandan sağlanan gelir ise 24+25=49 milyon TL'dir.

Bu köylerde 1000 civarında koyun beslenmektedir. Beslenen koyunlar karakaya ırkı ile kültür ırkları karışıktır. Yıllık ortama 1000 kuzu kesime gönderilmekte ve 10 milyon civarında gelir elde edilmektedir. Bu köylerin hayvansal gelir toplamı 67,5 milyon bal+49 büyükbaş +10 milyon küçükbaştan olmak üzere =126,2 milyon TL'dir.

ÇED sahasını kapsayan köylerde yaklaşık 20 bin dönüm civarında tarım arazisi vardır. Bu arazilerden ortalama 6000 ton fındık üretiminden 900 milyon TL gelir elde edilmektedir. Fındık tarımının yanında köylerde tarım yapan aileler patates, fasulye, biber, lahan, mısır, domates, salatalık gibi yıllık sebze ile elma, armut, kiraz, dut, ceviz gibi meyve ihtiyaçlarının buralardaki tarla ve bahçelerden elde etmektedir. Soğukpınar, Çalkaya, Şahinyuva, Çepniköy, Taflancık, Akköy, Küçükköy, Dereköy köylerinde 500 ton patates 200 ton fasulye, 200 ton lahan, 1000 ton mısır, 100 ton civarında domates ve salatalık üretilmektedir. Yine ortalama 300 ton ayrı ayrı yukarıda bahsedilen meyvelerin üretimi vardır. Fındık dışında tüm bu meyvelerin ekonomik değeri 100 milyon civarındadır. Her ne kadar bu meyve ve sebzeler ticarete konu

olmasa da 100 milyonluk harcama kalemlerini köylüler kendileri karşılamaktadır. Açıklamalardan anlaşıldığı üzere yörenin güncel tarımsal üretiminin yöre ekonomisine katkısı yıllık 1,1 milyar TL'dir.

Tarımsal potansiyeli ise çok daha yüksektir. Proje alanın etkilediği alan üzerinde 3000 büyük baş hayvan besleme, 10 bin ton fındık verimi elde etme ve 30 bin arı kovana beslemek ve akarsu üzerinde balıkçılık yapma potansiyeli vardır. Bu araziler bu şekilde değerlendirildiğinde sahanın ekonomik potansiyeli 2,5 milyar/ yıldır.

ÇED dosyasındaki planlanan üretim ile 12 yılda ortama 3.5 milyar 200 milyon dolar, yani ortama 100 milyar TL ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Yöre ekonomik katkısı ise yaklaşık yıllık 1 milyar civarında olması öngörülmektedir. Oysa mevcut tarımsal üretim yıllık 1,2 milyar /yıl TL iken yıllık tarımsal potansiyel ise 2,5 milyar civarındadır.

Raporda Başta bakır olmak üzere kurşun, altın ve çinko metalleriyle kirlenen ve tarım yapılamaz hale gelen toprağın nasıl eski hale geleceğiyle ilgili herhangi bir açıklama yapılmıştır. Çevrenin hiçbir şekilde kirlenmeyeceği üzerine kurgulanmıştır. Yine yer altı sularının asit drenaj kirliliğinin nasıl çözüleceği, azalan kaynak suyu nedeniyle köylülerin su ihtiyaçlarını nasıl temin edileceğiyle ilgi çözüm önerileri mevcut değildir. Ağır metallerle kirlenen bu toprakların 10 yıllar eski hale gelemeyecektir. Havadaki toz döllemeyi önlediğinden tarımsal kayıp % 90lara ulaşması beklenmektedir. Yeraltı suyunun sevisinin düşmesi alandaki kaynakları kurutması ve bunun sonucunda içme ve kullanma suyu sorununun ortaya çıkması beklenmektedir. Bu sorunlar insan yaşamı için madenin sağladığı ekonomik kazançtan daha önceliklidir.

Bu açıdan bakıldığından madenin ekonomik potansiyelini diğer ekonomik potansiyeli yok etmeden çevre ve sağlıklı yaşam hakkına engel olmadan değerlendirmek gerekmektedir. Bugün çevreye zara veren bir teknik gelecekte başka bir teknik çevreye ve yaşama zarar vermeden diğer ekonomik potansiyelleri engellemeden değerlendirilebilecektir. 10 yıllarca yatağında duran maden bu günkü ekonomik değerinden bir şey kayıp etmediyse, 10 ya da 20 yıl sonra işletmeye almak değerinden hiçbir şey kayıp ettirmez. Hatta mikro ve nano teknoloji geliştikçe antibakteriyel ve iletkenliği çok iyi olan bakır madenin değeri daha da artması beklenmektedir. Bugün çevre ve yaşam sağlığını tehlikeye atarak yalnız madenin bu günkü ekonomik değeri üzerinde yapılan planlama hem yanlış hem de büyük bir ekonomik kayıptır.

4. Çevre Sorunları

ÇED alan sahası çevre yeraltı suyu rezervi de dahil ana yeraltı suyu beslenme sahasıdır. Bu saha da oluşturulacak yapı ya da herhangi bir faaliyet yeraltı su geçirgenliğini azaltılacak ve sahaya düşen yağış tamamen akışa geçecektir. Bunun sonucunda buralardan beslenen dereler yağışlardan sonra taşacak ve sık sık taşkınlar yaşanacaktır. Dere yataklarında aşınma artacağından buralarda heyelanlar artacaktır. 2020 yılında Giresun çevresinde meydana gelen sel olayında büyük miktarda maddi ve can kaybı meydana gelmişti. Bu tür sel ve taşkın niteliğindeki doğal afetler eskide 35-40 yılda bir meydana gelirdi. Küresel ısınmayla birlikte uç değerlerin görülme sıklığı artacak ve 3-4 yılda bir afet boyutunda taşkın ve seller meydana gelmektedir. Bu durumda bu yörede sel ve taşkınların yaptığı yıkıcı etki 2020 yılındaki sellerin en az 3 katı olması beklenmektedir. Şöyle ki; zeminde meydana gelen betonlaşmayla birlikte yağın tüm yağışlar akışa geçecek ve sızma olmayacaktır. Seller ve taşkınların olduğu dönemlerde bir yağış döneminde bazen 200mm'yi bulmaktadır. 2020 yılı selinde Yağlıdere Sınırköyü ölçüm yerine 137 mm yağış düşmüştür. Sınırköyü yağış ölçüm istasyonu vadide yer almaktadır. Yükseltiyeye bağlı olarak yağış artmaktadır. Bu durumda çevre yamaç ve tepeler 137mm'nin çok üzerinde yağış almıştır. Proje alanı 600-1000mm yükseltide yer almaktadır. Bu durumda saha aşırı yağışlarda daha fazla yağış almaktadır. 200mm yağış alması demek

metrekareye 200 kilo suyun düşmesi anlamına gelmektedir. 6 milyon metre kare alandan bir günden daha az zaman diliminde akışa geçecek su miktarı 1 milyon 200 tondur. Bu muazzam su dar vadi tabanlarından akışa geçecektir. Bunun sonucunda meydana gelen can ve mal kaybı 2020 yılından çok daha fazla olacaktır.

2021 Ekim'de Kızılkaya'da pasa döküm sahasının bulunduğu alanda pasa dökümünden dolayı heyelan meydana gelmiş ve vadi boyunca 7-8km etkili olmuştur, heyelan etkili olduğu sahalarda doğal ve yaban hayatını yok ettiği gibi vatandaşların fındık bahçelerinde maddi hasara neden olmuş, can ve mal güvenliği tehlikeye atmıştır. Yeni projede 10 kat kapasite artışı öngörüldüğünde bu olayın görülme olasılığı 10 kat daha fazla olması beklenmektedir.

Yaklaşık 2500 dönüm alanda orman örtüsünün ortadan kaldırılması orman ekosistemini yok edecek yaban ve doğal ortamın yok olmasına neden olacaktır.

5. Morfolojik Oluşumları

ÇED dosyasında, çevrede tüf benzeri oluşumların varlığın iddiaları üzerinde durmuş ve bu şekilde oluşumların olmadığı iddia edilmiştir. Kızılkaya'da literatürde tafoni ve kafesli çözülme şekilleri denilen şekiller vardır. Buradaki şekiller sadece bu alana özgüdür. Farklı dirençli minerallerin bir kayaçta bulunduğu durumlarda dirençsiz kısımlar daha erken çözülürken dirençli kısımlar çıkıntı şeklinde belirlemektedir. **Delikli taş bunun en tipik örneğidir. Delikli taş örneği yörede tektir.** Yine Kızılkaya kayaçları içerisinde çok sayıda mağara oluşumları vardır. Sahada daha önce Jeomorfolojik araştırma yapılmadığından buradaki tipik oluşumlar literatürde yer almamaktadır. Kızılkaya Açık Ocak işletmesinin devam etmesiyle bu alana özgü olan bu jeomorfolojik şekillerin bazıları yok olmuştur.

6. Şirketle Yerel Halk Arasındaki Hukuksal Sorunlar

Şirketin uygulamalarından rahatsız olan köylüler, avut vekaleti ile 2021 yılında, Giresun Valiliği tarafından 27/09/2018 tarihli çevresel etki değerlendirme (ÇED) gerekli değildir kararının iptali davası açmıştır. Dava konusunu; şirket faaliyetleri sonucunda meydana gelen akarsu ve çevre kirliliği, heyelan, gürültü kirliliği, kaya yuvarlanması, can ve mal güvenliği, evlerin duvarlarında çatlaklar oluşması gibi durumlar oluşturmaktadır. 2018 yılındaki ÇED gerekli değildir kararına karşı açılan iptal davası sırasında çoğu akademisyenlerden oluşan teknik bilirkişi ikiz kez rapor düzenlemiştir. Yapılan incelemelerin sonucunda teknik bilirkişi raporunda açıklanan hususların bir kısmının teorik bilgilerden oluştuğu ve yöresel gerçeklerle uyuşmadığı görülmüştür.

2021 Ekim ayında Kızılkaya açık küreme sahasının kuzeyinde pasa dolgu sahası çökmüş ve heyelan meydana gelmiştir. Heyelan olan kesimin yukarı kısmında depolanan maden pasalarının akmasıyla heyelanın etki alanı artmıştır. Eğritarla deresi doğu ve batı yakası vadi boyunca her iki taraftan 40-50 genişliğinde ve 20-230 metre derinliğinde zemin yamaçlarıyla birlikte kütle olarak hareket etmiş ve yamaçlarda keskin uçurum oluşturmuştur. Bu olay sonucunda şirket faaliyetine karşı köylüler müdahale etmiş işletme faaliyeti durmuştur. Olayların büyümesi üzerine Giresun bölge jandarma komutanlığı ve Valilik olaylara müdahil olmuş ve Vali ve Bölge Jandarma komutanı olay yerine gitmiştir. Heyelan sonrasında köylüler can ve mal güvenliği tehlikesi ve maddi zarardan dolayı şikâyet başvurusunda bulunmuştur.

7. Görüş ve Öneriler

Maden işletme sırasında sürdürülebilir çevre, sağlıklı yaşam, yerel ekonomik potansiyel denklemde çevreye ve insana en yararlı olan yöntem ve eylemleri seçmek gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında;

1.ÇED dosyasındaki planlamanın mevcut haliyle uygulanabilirliği mümkün değil, ekonomik gerçeklerden uzak ve çevre dostu değildir.

2. Tesis ve posa alanları tamamen çevre köylerinin yer altı su rezervi beslenme sahası üzerinde yer almaktadır. Buralarda, zeminde geçirgenliği azaltacak her türlü eylemden kaçınılmalıdır.

3. Tesis kapasitesini aşmayacak büyüklükte, zeminin geçirgen olmayan nispeten kayalık, kullanım dışı arazide olmalıdır.

4. Tesislerin atık sularının süzen kademeli olarak en az 3 gölet yapılmalı, bir göletten çıkan su diğer gölette yeniden sızmaya tabii tutulmalı ve en son aşamada modern arıtmayla doğaya verilecek su, içme suyu seviyesine getirilmelidir.

5. Hava kirliliği ve çevrede tarımsal üretim üzerinde en büyük baskı unsuru olan Kızılkaya açık ocak işletme sistemine son verilmeli, mümkün olduğu yerlerde galeri sistemine geçilmelidir.

6. Anayasamızda;

Madde 17- Herkes yaşama, maddi ve manevi varlığını koruma ve geliştirme hakkına sahiptir.

Yaşama hakkı, bütün hakların temelidir. Savaş, sıkıyönetim ve olağanüstü hallerde dahi durdurulamaz, yok edilemez.

Madde 56 – Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.

Şirketi faaliyetleriyle anayasanın yukarıdaki maddelerini ihlal etmektedir. Şirketin faaliyetleri anayasal sınırlar içerisinde olması sağlanmalıdır.

7. Proje Tanıtım Dosyasında şirketin su ihtiyacının sondajla yeraltı suyundan karşılanması üzerinde durulmaktadır. Mevcut haliyle yeraltı suyla beslenen kaynaklar çevre halkın ihtiyacını karşılamakta zorlanmaktadır. Sondajla yer altı suyuna ulaşılması yöre insanın gelecekte susuz kalmasına neden olabilir. Şirket su ihtiyacını Karadoğa deresinden arıtmayla karşılamalı yada tesislerden derelere bıraktığı suları arıtarak kullanılmalıdır. Böylece Kirli suların doğaya salı verilmesinin önüne geçilebilecek ve şirket kullandığı suyu kabul edilebilir eşik değerde arıtmak zorunda kalacaktır.

Kaynakça

Aydın, E. (2012). Maden Çıkarma İşlemlerinin Çevreye Etkileri. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir.

E, Alemdağ. M A, Akaryalı. S, Gücer. (2018). Atık Barajı Rezervuarı ve Cevher Stok Alanlarında Asit Maden Drenajı (AMD) Oluşumunun Değerlendirilmesi: Gümüşhane Örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2018; 4(2), 192-209, Erişim: 15 Eylül 2024, <https://dacd.artvin.edu.tr/tr/download/article-file/492111>.

Kara E E. Kara E. (2018). Toprakta Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri ve Çözüm Önerileri. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11(1), 56-62. Erişim: 20 Temmuz <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/608604>.

Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 13 (20), 19-33, 2011 Erişim: 20 Eylül 2024. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/107329>.

Oğuz E. (1993). Genel Klimatoloji. Ankara: 4.B. Gazi Büro Kitabevi.

Özbulat G. Tuli A. (2016) Ağır Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4), 502-521. erişim: 23 mart 2024 /<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/219809>.

Öztürk, B. (2019). Göğüs Hastalıkları Acil Başvurularının Hava Kirliliği ile İlişkisinin Değerlendirilmesi. Basılmamış Uzmanlık Tezi. Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi Ankara Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıklar Bilim Dalı, Ankara.

Sağlam, E S. (2015). Espiye (Giresun) Sülfürlü Madenlerinin Asidik Maden Drenaj Oluşturma Potansiyellerinin ve Çevresel Etkilerinin Mineralojik, Jeokimyasal ve Jeomikrobiyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi. Basılmamış Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.

Topaloğlu, M. (2018). Madencilikle İlgili Yasal Düzenlemelerdeki Küresel Eğilimler ve Türkiye Uygulaması. Bilimsel Madencilik Dergisi, Özel Sayı, 143-152.

Tümertekin, E. Özgüç, N. (1995). Ekonomik Coğrafya. İstanbul: 3.B.Çantay Kitabevi

Yükçü, S. Fidancı N. (2016). Sürdürülebilirlik Maliyeti Örneği Olarak Maden Sahası Restorasyonu. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 30(3), 663-676. Erişim: 30 Haziran 2024. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atauniiibd/issue/24334/257899>

Rapor ve Resmi Yazışmalar

MTA Genel Müdürlüğü: Madenciliğin GSYH İçindeki Payı. Erişim: 20 Eylül 2024. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-dis-ticaret>.

Giresun Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğüne sunulan 23.03 2022 tarihli ÇED Başvuru Dosyası hakkında değerlendirme ve araştırma analiz raporu.

Etibakır A.Ş'nin 2018, 2021, 2022 Yılları Proje Tanıtım Dosyaları.

Etibakır Kızılkaya İşletme Ruhsatına Karşı 2021/796 Esas Nolu İptal Davası.

2021/796 Esas Nolu İptal Davası Konusu İçin Hazırlanan 09.05.2002 Tarihli Teknik Bilir Kişi Raporu.

2021/796 Esas Nolu İptal Davası Konusu İçin Hazırlanan 11/03/2022 Tarihli Teknik Bilir Kişi Raporu.

11.03.2022 Tarihli Teknik Bilir Kişi Raporuna İlişkin 30/03/2022 Tarihli İtiraz Dilekçesi.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 14/ 04/2022 Tarihli Yazısı.

09.05.2002 Tarihli Teknik Bilir Kişi Raporuna İlişkin 27/05/2022 Tarihli İtiraz Dilekçesi

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 04/10/2023 Tarihli ÇED Sonlandırma Yazısı.

Kadınların Sürdürülebilirlik Politikalarına Katılımı Ve Etkileri: Kent Bağlamında Bir İnceleme

* Arş. Gör. Dr. Gözde Kestellioğlu

* Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Türkiye

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Kadın, Kent, Katılım

Özet

Bu çalışma, kadınların kent bağlamında sürdürülebilirlik politikalarına katılımının önemini, karşılaşılan zorlukları ve bu katılımın toplumsal etkilerini ele almaktadır. Sürdürülebilirlik, kentsel alanlarda çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla ele alınması gereken kritik bir konudur. Kadınların bu süreçlere aktif katılımı, politika ve uygulamaların daha kapsayıcı ve etkili olmasını sağlamaktadır. Çalışmanın amacı, kadınların kentlerde sürdürülebilirlik politikalarına katılımının önemini vurgulamak ve bu katılımın toplumsal faydalarını ortaya koymaktır.

Çalışmanın yöntemi, literatür taraması ve örnek olay incelemesi şeklinde tasarlanmıştır. İlk olarak, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımı konusunda mevcut literatür incelenmiş, bu alandaki mevcut durum ve zorluklar tespit edilmiştir. Literatür taraması, kadınların sürdürülebilirlik süreçlerine katılımının önemi ve bu katılımın sağladığı faydalar üzerine odaklanmaktadır. Kadınların farklı bakış açıları, sürdürülebilirlik politikalarının daha geniş bir perspektiften ele alınmasını sağlamaktadır. Ardından, başarılı kentsel sürdürülebilirlik projelerinde kadınların rolü ve katkıları analiz edilmiştir. Bu analiz, kadınların liderlik ettiği projelerin toplumsal faydaları ve çevresel etkileri üzerine odaklanmaktadır.

Sonuçlar, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımının kentsel alanlarda önemli bir dönüşüm yarattığını göstermektedir. Kadınların katılımı ile geliştirilen politikalar, daha sürdürülebilir ve adil şehirlerin inşasında kritik bir rol oynamaktadır. Kadınların karşılaştığı zorlukların aşılması ve katılımlarının artırılması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, kadınların katılımını teşvik eden politikaların ve uygulamaların geliştirilmesi önerilmektedir. Örneğin, kadınların karar alma süreçlerine daha fazla dahil edilmesi ve eğitim ile kaynaklara erişimlerinin artırılması gerekmektedir. Ayrıca, kadınların liderlik özellikleri ve inovatif çözümleri, sürdürülebilirlik stratejilerinin daha kapsayıcı ve etkili olmasına katkı sağlamaktadır.

Çalışma, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımının kentsel sürdürülebilirlik için vazgeçilmez olduğunu ortaya koymaktadır. Kadınların farklı bakış açıları ve liderlik özellikleri, sürdürülebilirlik stratejilerinin daha kapsayıcı ve etkili olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, kadınların aktif katılımını destekleyen politikaların benimsenmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Kadınların kentsel sürdürülebilirlik politikalarına katılımı, hem mevcut hem de gelecek nesiller için daha yaşanabilir ve adil şehirler yaratmada önemli bir rol oynamaktadır.

Keywords: Sustainability, Women, Urban, Participation

Abstract

This study addresses the importance of women's participation in sustainability policies in the urban context, the challenges they face, and the societal impacts of this participation. Sustainability is a critical issue that needs to be addressed in urban areas with its environmental,

economic, and social dimensions. The active participation of women in these processes ensures that policies and practices are more inclusive and effective. The aim of the study is to emphasize the importance of women's participation in sustainability policies in cities and to highlight the social benefits of this participation.

The methodology of the study consists of a literature review and case study analysis. First, the existing literature on women's participation in sustainability policies was examined, and the current situation and challenges in this field were identified. The literature review focuses on the importance of women's participation in sustainability processes and the benefits of this involvement. Women's different perspectives contribute to a broader understanding of sustainability policies. Then, the roles and contributions of women in successful urban sustainability projects were analyzed. This analysis focuses on the social benefits and environmental impacts of the projects led by women.

The results show that women's participation in sustainability policies has brought about significant transformations in urban areas. The policies developed with the participation of women play a crucial role in building more sustainable and just cities. Overcoming the challenges women face and increasing their participation will be an important step in achieving sustainability goals. In this regard, it is recommended to develop policies and practices that encourage women's involvement. For instance, it is necessary to increase women's participation in decision-making processes and to enhance their access to education and resources. Moreover, women's leadership qualities and innovative solutions contribute to making sustainability strategies more inclusive and effective.

The study demonstrates that women's participation in sustainability policies is indispensable for urban sustainability. Women's diverse perspectives and leadership skills ensure that sustainability strategies are more inclusive and effective. Therefore, adopting and implementing policies that support the active participation of women is of great importance. Women's involvement in urban sustainability policies plays a significant role in creating more livable and equitable cities for both present and future generations.

1. Giriş

Sürdürülebilirlik kavramı, 21. yüzyılın başlarından itibaren kent yönetimi ve politikalarında giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Kentlerin sürdürülebilir gelişimi, çevresel sorunların artması, ekonomik dengesizlikler ve toplumsal eşitsizliklerle mücadele etmek amacıyla çok boyutlu bir yaklaşım gerektirmektedir (United Nations, 2015). Kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımı, bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır. Kadınlar, özellikle kentsel alanlarda yaşanan çevresel ve sosyal sorunların çözümünde yenilikçi yaklaşımlar geliştirme potansiyeline sahiptir ve sürdürülebilir kentlerin inşasında kritik bir aktör olarak karşımıza çıkmaktadır (UN Women, 2020).

Toplumsal cinsiyet eşitsizliği, kadınların kent politikalarına katılımını sınırlayan temel faktörlerden biridir. Ancak, kadınların bu süreçlerde daha fazla yer alması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli katkılar sağlamaktadır. Çeşitli araştırmalar, kadınların sürdürülebilirlik projelerinde liderlik ettiği durumlarda daha kapsayıcı, yenilikçi ve uzun vadeli çözümler üretildiğini ortaya koymaktadır (OECD, 2018). Kadınların katılımı ile geliştirilen politikalar, sadece çevreyi korumakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal adaleti ve ekonomik sürdürülebilirliği de güçlendirmektedir (World Economic Forum, 2021).

Bu çalışma, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımının önemini kent bağlamında ele almayı amaçlamaktadır. Çalışma, kadınların kentsel sürdürülebilirlik projelerine katkılarını ve karşılaştıkları zorlukları analiz ederek, bu alandaki toplumsal faydaları vurgulamaktadır. Ayrıca, kadınların daha etkin katılımını sağlamak için gerekli politika önerileri sunulacaktır.

2.Kavramsal Çevre

2.1. Yönetişim, Katılım, Yerel Katılım ve Katılımcı Demokrasi

Yönetişim ulusal düzeyde ve yerelde bir nevi “yeni bir toplumsal işbölümü” oluşturmaktadır. İşbölümü esnasında belirleyici tek “özne” olarak devletin egemenliğini sürdürülmemekte, toplumsal sorunların giderilmesinde var olan yerel, ulusal ve uluslararası unsurları da sisteme dahil etme çabası söz konusudur. Yönetişim, yerel düzeyde kentsel hizmetlerin görülme şeklini de değiştiren, alternatifler üreten bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımla kentli tercihlerine daha hasas yaklaşan bir yapının ortaya çıkma olanağı doğmuştur (Göymen, 2010). Bu kavram kamu yönetimi ve yerel yönetim için önemli katkılar sağlamaktadır. Yönetişim kavramıyla beraber, yurttaşın yurtta, geleneksel yönetim yapısının hiyerarşik yapısı, müdahaleci özelliği ve hantallaşmış durumundan ortaya çıkan problemler karşısında daha aktif bir noktaya gelebileceği öngörülmektedir.

Yönetişim aşağıda ifade edilen katılım ve katılımcı demokrasi ile iç içe geçmiş bir kavramdır. Katılım sağlanmadığı takdirde yönetişimin olması söz konusu değildir. Bundan dolayı da temsili demokrasinin yetmezlik sorununa çözüm üretilemez ve katılımcı demokrasiye ulaşılamaz.

Çağdaş demokrasiler, temsili demokrasilerin yetmezlik problemini katılımcı mekanizmalar ortaya koyarak çözmek için büyük uğraş vermektedirler. Bu tip rejimlerde öncelikle yurttaş girişimleri olmak üzere, yarı doğrudan demokrasi, planlama kurumları, toplumsal örgütlenmeler, yurttaş forumları, elektronik oylama ve katılım ortamları, çağrı merkezleri, şikayet büroları ve kamuoyu yoklamaları olmak üzere birçok mekanizmadan faydalanılmaktadır. Bu mekanizmaların kullanılmasının üç önemli amacı olduğu ifade edilebilir (Çukurçayır, Eroğlu & Sağır; 2015):

- Yerel kalkınmanın siyaset, yönetim, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve yurttaş katkılarıyla etkileşimli bir yöntemle sürdürülmesi; dolayısıyla daha güçlü bir yerel kalkınma mekanizmasının ortaya konması.
- Demokratik kültürün öğrenilmesi ve yaşatılmasının gerçekleştirilmesi.
- Meşru, açık, hakça ve daha da önemlisi hesap verebilir/denetlenebilir, bir yönetim sisteminin başarılması, dolayısıyla yerel kamu hizmetlerinde etkinlik ve verimlilik artışının başarılması

Katılım, yerel halkın refah seviyesinin ve genel yaşam kalitesinin yükselmesine katkıda bulunmalıdır. Ancak katılım süreci, bireylerin sadece kişisel tatminlerini hedefleyen bir etkinlik olarak da algılanabilir. Katılımda, "ortalama yurttaşın" bilgi düzeyi ve katılıma olan ilgisi önemli faktörler arasında yer alır. Siyasal açıdan bilgili, katılıma ilgi duyan, tartışmaya açık ve aktif yurttaşların varlığı, katılımın sonuçlarını belirleyici bir etkiye sahip olacaktır (Gabriel, 1983). Demokrasinin varlığı, toplumsal yapının bir parçası olan siyasal ve yönetsel sistemin meşruluk ve rasyonalite temellerine dayanmasına ve yurttaşlara bu sistemle özdeşleşme fırsatları sunmasına bağlıdır. Bu, her şeyin kamuoyunun gözetimi altında gerçekleştiği ve halk denetiminin, temsilciler aracılığıyla da olsa, yürütüldüğü bir sistemde mümkündür. Bu beklentinin karşılanması ve siyasal sosyalleşmenin gelişmesi, ancak katılımcı yöntemlerin uygulanması ve yurttaşların bu süreçlerde aktif rol almasıyla sağlanabilir (Bernotat, 1982).

Katılımcı demokrasi, temsili demokrasinin sorunlarını ve tikanıklıklarını en aza indirmeyi amaçlayan, yöntemler ve hedeflerden oluşan çağdaş bir yaklaşımdır. Bu model, 1960'lı yıllardan itibaren güçlenmiş ve günümüzde dijital teknolojilerle birlikte farklı bir boyut kazanmıştır. Toplum, ekonomi, siyaset ve nihayetinde yurttaşlar dijitalleşme sürecine girmiştir. Bu dönüşüm evresinde, çağdaş yurttaş kimliğinin bir gereği olarak, kesintisiz bir şekilde yurttaşların ve yönetimin iç içe geçtiği, karşılıklı olarak etkileşimde bulunduğu yeni bir durum

ortaya çıkmıştır. Bu durum, katılımcı demokrasi yöntemlerinin yoğun bir şekilde uygulanmasını zorunlu kılmıştır.

Kadınlar ise tüm bu iç içe geçmiş kavramların içindeki vatandaşın yaklaşık yarısıdır. Dolayısıyla bu mekanizmalara katılmadıkları takdirde ne yönetişim, ne katılım ne de katılımcı demokrasi amacına ulaşmış olacaktır.

2.2. Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Kalkınma ve Sürdürülebilirlik Politikaları

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik kalkınmayı toplumsal refah ve çevresel koruma ile dengeleyen bir anlayış olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. İlk olarak 1987'de Brundtland Raporu ile tanımlanan sürdürülebilirlik, "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kapasitelerinden ödün vermeden mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme" yeteneği olarak tanımlanmıştır (World Commission on Environment and Development, 1987). Bu tanım, sadece çevresel konulara odaklanmak yerine, sosyal ve ekonomik boyutları da içeren geniş bir çerçeve sunmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma, çevresel koruma, ekonomik gelişme ve toplumsal eşitlik ilkeleri üzerine kurulmuştur. Bu üçlü yapıya literatürde sıklıkla "sürdürülebilirliğin üç direği" olarak atıf yapılır (Elkington, 1998). "Çevresel sürdürülebilirlik", doğal kaynakların sorumlu bir şekilde yönetilmesini ve ekosistemlerin korunmasını ifade ederken, "ekonomik sürdürülebilirlik" uzun vadeli ekonomik büyümenin sağlanmasını ve kaynakların etkin kullanılmasını hedefler. "Sosyal sürdürülebilirlik" ise toplumsal adaletin, eşitliğin ve yaşam kalitesinin artırılmasını amaçlar (Hopwood, Mellor & O'Brien, 2005).

Kent bağlamında sürdürülebilirlik politikaları, şehirlerin çevresel, ekonomik ve sosyal dengeleri göz önünde bulundurarak planlanması ve yönetilmesini içerir. Kentler, hem doğal kaynakların tüketildiği hem de ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı yerlerdir ve bu yüzden sürdürülebilirlik politikalarının hayata geçirilmesinde kilit bir rol oynarlar (Pearson, 2018). Şehirlerde sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, sürdürülebilir ulaşım, kentsel planlama, yeşil alanların korunması, atık yönetimi ve su kaynaklarının yönetimi gibi çok çeşitli konuları kapsar. Bu nedenle sürdürülebilir kent politikalarının oluşturulması, sadece çevresel koruma değil, aynı zamanda sosyal eşitlik ve ekonomik refah için de kritik öneme sahiptir.

Birleşmiş Milletler'in "2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)", sürdürülebilirlik politikalarını küresel bir çerçevede uygulamayı amaçlamaktadır. Özellikle SKA 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar), şehirlerin kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir hale getirilmesine odaklanmaktadır (United Nations, 2015). Bu hedef, şehirlerin daha iyi bir yaşam kalitesi sunan, çevre dostu ve ekonomik olarak sürdürülebilir yerler haline gelmesini sağlama amacıyla çeşitli stratejiler geliştirmektedir.

2.3. Cinsiyet, Toplumsal Cinsiyet ve Toplumsal Cinsiyet Roller

İngilizce "Sex" kavramı "Biyolojik Cinsiyeti" ve "Gender" kavramı da "Toplumsal Cinsiyeti" ifade etmektedir.

Dökmen'e göre cinsiyet, biyolojik ve toplumsal farklılıklara dayanan ve biyolojik yünden kadın ya da erkek olmayı yansıtan bir kavramdır (Dökmen, 2010).

Türk Dil Kurumu'na göre "Cinsiyet" kavramı bireye üreme fonksiyonunda ayrı bir rol veren ve erkek ile dişi ayrımını gösteren özel bir yaratılış, eşey, cinsellik, seks" olarak ifade edilmektedir (TDK, 2019). Buna göre "cinsiyet" doğuştan gelen, değişmez bir durum ve kadınlar ile erkekler arasındaki fizyolojik ve biyolojik ayrımları anlatmaktadır.

Toplumsal cinsiyet, bireylerin aldıkları eğitimler ya da buldukları meslekleriyle edinilmiş veya verilen statülerle toplumsal olarak inşa edilmektedir. Bu yünden "Toplumsal cinsiyet" toplumuna göre ve ele alınan tarihe göre sosyal ve kültürel farklılıklar göstermekte, kadın ve erkeklerin toplumsallaşma sürecinde rol ve davranış kuralları doğrultusunda biçimlenmektedir. Bu rol ve davranışlar da toplumsal baskı, cinsiyet ayrımı ve cinsiyet eşitsizliklerini meydana

getirir. Bu bağlamda, toplumsal cinsiyetin kadınlar ve erkekler üzerinde meydana getirdiği roller dinamik olduğu kadar zamana ve yere göre de farklılık göstermektedir (KSGM, 2008). Biyolojik farklılıklar, toplumlar tarafından sosyo-kültürel yapıların bir ürünü olarak yorumlanmakta ve buna göre kadınların ve erkeklerin üstlenmesi gereken roller ile sorumluluklar tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, toplumsal normlar kadın ve erkek için belirli rol kalıpları oluşturarak, kadın ve erkek arasında keskin ayrımlar meydana getirir. Toplum, erkeklerden fiziksel olarak güçlü olmalarını, ailelerinin ekonomik ihtiyaçlarını karşılamalarını, buldukları ortamlarda liderlik yapmalarını, yönlendirici ve kontrolcü olmalarını beklerken; kadınlardan ise ev işleriyle ilgilenmeleri, çocuk, hasta ve yaşlı bakımı gibi sorumlulukları üstlenmeleri ve aile içi ilişkilerin düzenlenmesinde aktif rol oynamaları beklenmektedir. Bu çerçevede toplumsal cinsiyet rollerine göre erkekler kamusal alanda, kadınlar ise özel alanda konumlandırılmış ve böylece roller ile sorumluluklar cinsiyet temelli olarak ayrıştırılmıştır. Kadınların biyolojik cinsiyetlerinden dolayı kamusal alandan uzak tutulması, onların toplumsal yaşamın, karar alma, planlama ve uygulama süreçlerinden dışlanmasına yol açmakta; bu da kaynaklara erişimlerinin kısıtlanmasına ve güçsüzleştirilmelerine sebep olmaktadır. Sonuç olarak, bu durum kadınların kırılganlıklarını ve zarar görebilirliklerini artırmaktadır. Karataş'a (2018) göre geleneksel aile yapısında erkekler bahçe işleri, tamir gibi görevleri üstlenirken, kadınlara yemek yapma, bulaşık yıkama, temizlik ve çocuk bakımı gibi görevler dayatılmaktadır. Bu bağlamda, kadınlara atfedilen roller ele alındığında, analık rolü en öncelikli konumda yer almaktadır. Kadına yüklenen analık rolü ve bunun beraberinde getirdiği ev idaresi sorumluluğu, erkeklerin ise toplumsal hayatın her alanında kendilerini gerçekleştirmeleriyle sonuçlanan büyük bir dengesizliğe neden olmaktadır (Karataş, 2018). Bu durumda kadınların her Alana katılımını etkilemekte dolayısıyla sürdürülebilirlik politikalarına katılımını ve elbette sürdürülebilirliğin gerçekleştirilme oranını etkilemektedir.

3. Kadınların Katılımına Dair Yakın Tarihli Bazı Gelişmeler

3.1. Uluslararası Bazı Gelişmeler

CEDAW ve İstanbul Sözleşmesi gibi uluslararası belgeler, kadınların ulusal ve yerel yönetimlere katılımını ve eşit, erişilebilir hizmetlerden faydalanmalarını destekleyen politika metinleri olarak tanımlanabilir. Bu sözleşmelerin yanı sıra, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde 193 ülkenin imzaladığı ve yoksulluğun ortadan kaldırılması, gezegenin korunması, insanların barış ve refah içinde yaşamasının sağlanması gibi 17 farklı amacı içeren Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları da, kadınların ve kız çocuklarının güçlendirilmesine yönelik hedefler koymuştur. Bu hedefler, imzacı devletlere 2030 yılına kadar yerine getirilmesi gereken kapsamlı sorumluluklar yüklemektedir (Yalçın, 2016).

Mevcut durumda, hak ihlalleri ve toplumsal eşitsizlikler, toplumda adeta hayatın rutini haline gelmiş durumdadır. Bu sorunların telafisi için, uluslararası sözleşmelerde yer alan her maddenin, gündelik hayata entegre edilmesi ve yeniden yorumlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, yasa yapıcılar ve uygulayıcılar için hazırlanan uygulama rehberlerinin yanı sıra, katılım süreçlerini genellikle seçim dönemlerinde oy vermekle sınırlı yaşayan kadınların, kendilerini destekleyen belgeler hakkında bilgi edinmelerine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, kadınlara bu belgeleri nasıl kullanabileceklerini ve haklarını nasıl savunabileceklerini gösterecek nitelikte olmalı ve bilgilendirme süreçlerini içermelidir (Yalçın, 2016).

3.2. Türkiye'deki Bazı Gelişmeler

Küresel sorunlar ve bu sorunların çözümüne yönelik aksiyon planları, yalnızca uluslararası düzeyde değil, ülkeleri, şehirleri, hatta mahalle ve sokakları dahi ilgilendirmektedir. Türkiye'nin 1980 sonrasında yaşadığı toplumsal dönüşüm ve 2000'li yıllarda kentsel nüfusun kırsal nüfusun yaklaşık üç katına çıkması, yerel yönetimlerin görev tanımlarını ve

karşılaştıkları sorunları büyük ölçüde değiştirmiştir. Günümüzde belediyeçilik, sosyal belediyeçilik, yerinden yönetim, özyönetim, sürdürülebilir kentler ve çocuk, kadın, yaşlı dostu kentler gibi kavramlar etrafında tartışılmaktadır. Her ne kadar herkesin eşit olduğu ifade edilse de, kent sakinlerinin hizmetlere erişiminde ve karar alma süreçlerine katılımında "eşitliğin" hangi ölçüde sağlandığı belirsizliğini korumaktadır. Eşitlik kavramı yalnızca anayasal bir ilke olmakla sınırlı kalmamalı; fiilen de hayata geçirilmesi gereken bir sorumluluk olarak kabul edilmelidir. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin, toplumsal eşitliği sağlama sorumluluğu oldukça büyüktür(Yalçın, 2016).

Halk toplantıları, referandumlar, kamuoyu yoklamaları gibi bireysel katılımı teşvik eden yöntemlerin yanı sıra, hak temelli sivil toplum örgütlerinin yerel yönetimlerle iş birliği yapmasının desteklenmesi, kent konseylerine dâhil edilmesi, danışma kurullarının oluşturulması ve yuvarlak masa toplantılarının yapılması, katılımı artırıcı uygulamalardır. Yasalarca belirlenen dilekçe verme hakkı, CİMER aracılığıyla bilgi edinme, kamu denetçiliğine başvuru gibi teknik bürokratik yöntemlerin yanı sıra, yukarıda sayılanlarla benzer nitelikte, şeffaf, katılımcı ve etkileşime açık yöntemler geliştirilmelidir. Özellikle toplumsal hayata katılımı sınırlı olan kadınların istek ve ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için bu yöntemler toplumsal cinsiyet eşitliği perspektifiyle düzenlenmelidir. Türkiye'nin de imzacısı olduğu Avrupa Yerel Yaşamda Özerklik Şartı, bu ve benzeri uygulamaların önünü açmakta ve hatta desteklemektedir(Yalçın, 2016).

4. Kadınların Sürdürülebilirlik Politikalarına Katılımı

Kadınların sürdürülebilirlik süreçlerine katılımı, sürdürülebilirliğin sosyal boyutunun güçlendirilmesinde, toplumsal eşitliği ve çevresel duyarlılığı artırmada büyük önem taşımaktadır. Birleşmiş Milletler Kadın Birimi de (UN Women, 2020), kadınların karar alma süreçlerine daha fazla dahil edilmesinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Araştırmalar, kadınların çevre yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma konularında daha duyarlı ve yenilikçi çözümler üretebildiğini göstermektedir (Agarwal, 2010). Kadınların sürdürülebilir kalkınma projelerinde yer alması, politikaların daha kapsayıcı olmasını sağlamaktadır. Özellikle karar alma süreçlerinde kadınların daha fazla temsil edilmesi, kentsel sürdürülebilirlik politikalarının daha geniş bir perspektiften ele alınmasına katkıda bulunmaktadır (OECD, 2018).

Birçok ülkede kadınların kentsel sürdürülebilirlik projelerine katkıda buldukları örnekler, kadınların bu süreçlerde ne kadar etkin bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Örneğin, Hindistan'da kadın liderliğindeki su yönetimi projeleri, sürdürülebilir sonuçlar elde etmiştir ve kadınların katılımının bu tür projelerde nasıl fark yarattığını ortaya koymuştur (Agarwal, 2010). Benzer şekilde, Brezilya'da toplumsal tarım projelerinde kadınların liderliği, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından başarılı sonuçlar doğurmuştur (Nazarea, 2006).

Kadınların sürdürülebilir kalkınma süreçlerine katılımı –yukarıda da belirtildiği üzere-, sadece çevresel sürdürülebilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sosyal adaletin tesis edilmesine de katkıda bulunur. Toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin giderilmesi, kentsel alanlarda daha adil ve kapsayıcı politikaların oluşturulmasına olanak tanır. Kadınların liderlik ettiği projelerde elde edilen başarılar, toplumsal faydayı artırmakta ve sürdürülebilir şehirlerin inşa edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Pearson, 2018).

Aşağıda daha detaylı değinilmekle beraber kısaca farklı ülkelerden elde edilen bazı örnekler, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımının başarılı sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. İskandinav ülkeleri, kadınların kentsel sürdürülebilirlik projelerine dahil edilmesiyle sosyal eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında öncü olmuştur (Lafferty & Meadowcroft, 2016). İsveç ve Norveç gibi ülkelerde kadın belediye başkanlarının liderlik ettiği sürdürülebilir ulaşım projeleri, karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli başarılar

sağlamıştır (Lafferty & Meadowcroft, 2016).

Benzer şekilde, Almanya'da kadınların öncülük ettiği enerji verimliliği projeleri, sadece çevresel sürdürülebilirliği sağlamakla kalmamış, aynı zamanda yerel halkın ekonomik faydalarını artırmıştır (MacGregor, 2010). Bu projelerde kadınların liderliği, toplumsal dayanışma ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen bir rol oynamıştır. Brezilya'da ise kadınların liderlik ettiği toplumsal tarım projeleri, sürdürülebilir tarım yöntemlerinin yaygınlaşmasında etkili olmuş, çevresel dengeyi korurken aynı zamanda sosyal ve ekonomik kalkınmayı desteklemiştir (Nazarea, 2006).

5. Kadınların Sürdürülebilirlik Politikalarına Katılımda Karşılaştığı Zorluklar

Kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımını engelleyen çeşitli yapısal, kültürel ve ekonomik zorluklar bulunmaktadır. Toplumsal cinsiyet eşitsizliği, bu zorlukların başında gelmektedir. Birçok toplumda, kadınlar toplumsal cinsiyet rollerine bağlı olarak kamusal alanlardan dışlanmakta ve karar alma süreçlerine katılımı ciddi sınırlamalarla karşılaşmaktadır (Agarwal, 2010). Kadınların liderlik pozisyonlarına erişimindeki kısıtlamalar, özellikle sürdürülebilirlik politikalarının belirlenmesinde ve uygulanmasında önemli bir engel oluşturmaktadır. Yerel yönetimlerde kadınların karar verici pozisyonlara erişememesi, politikaların erkek egemen bir bakış açısıyla şekillendirilmesine ve kadınların ihtiyaçlarının yeterince dikkate alınmamasına yol açmaktadır (Pearson, 2018).

Bu zorluklara ek olarak, kadınların sürdürülebilir kalkınma süreçlerine katılımını zorlaştıran en önemli faktörlerden biri de ekonomik bağımsızlık eksikliğidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, kadınların iş gücüne katılım oranı düşüktür ve ekonomik kaynaklara erişimleri sınırlıdır. Bu durum, kadınların sürdürülebilirlik projelerinde etkin rol oynamalarını engellerken, aynı zamanda kendi yaşam koşullarını iyileştirme yeteneklerini de kısıtlamaktadır (OECD, 2018). Kadınların düşük gelir düzeyleri, finansal kaynaklara erişimlerini zorlaştırdığı gibi, sürdürülebilirlik projelerine katılım için gereken eğitim, teknoloji ve finansman gibi kritik unsurlardan mahrum kalmalarına da neden olmaktadır (UN Women, 2020).

Kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımını engelleyen diğer önemli bir faktör de eğitim eksikliğidir. Eğitim, sürdürülebilir kalkınma süreçlerine katılımı kilit bir rol oynar; ancak birçok toplumda kız çocuklarına ve kadınlara yeterli eğitim fırsatları sunulmamaktadır. Kadınların eğitim seviyelerinin düşük olması, onların sürdürülebilirlik politikalarında karar alıcı pozisyonlara gelmelerini ve sürdürülebilir kalkınma projelerinde aktif rol oynamalarını zorlaştırmaktadır (Pearson, 2018). Eğitim eksikliği, aynı zamanda kadınların teknolojik bilgiye erişimini sınırlamakta ve sürdürülebilir enerji, tarım, su yönetimi gibi alanlarda yenilikçi çözümler üretme kapasitelerini de kısıtlamaktadır (OECD, 2018).

Sosyo-kültürel normlar da kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımını kısıtlayan önemli bir faktördür. Birçok toplumda kadınlar, toplumsal cinsiyet rollerine dayalı olarak ev içi sorumluluklarla sınırlandırılmakta ve kamusal alana katılımları engellenmektedir. Kadınların aile içinde üstlendikleri bakım yükümlülükleri, onların kamusal alanda liderlik yapma ve sürdürülebilirlik politikalarına katılma kapasitelerini sınırlamaktadır (Agarwal, 2010). Toplumların ataerki yapıları, kadınların liderlik pozisyonlarına gelmelerini ve karar alma süreçlerinde etkili bir rol oynamalarını engellemektedir.

6. Örnek Olay İncelemeleri

6.1. İskandinav Ülkeleri

İskandinav ülkeleri, toplumsal cinsiyet eşitliği ve çevresel sürdürülebilirlik konularında dünyanın önde gelen bölgelerinden biridir. Özellikle İsveç ve Norveç gibi ülkelerde kadınların kentsel sürdürülebilirlik projelerine katılımı, çevresel ve sosyal açıdan başarılı sonuçlar doğurmuştur (Lafferty & Meadowcroft, 2016). Bu ülkelerde kadın belediye başkanlarının liderlik ettiği sürdürülebilir ulaşım projeleri, karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli

başarılar elde edilmiştir. Örneğin, İsveç'in Göteborg şehrinde, toplu taşıma sisteminin elektrikli otobüsler ve tramvaylar ile yeniden yapılandırılması, kadın liderlerin öncülüğünde hayata geçirilmiş ve karbon emisyonlarının %70 oranında azaltılmasına katkısı olmuş böylelikle uygulanan bu düşük karbon emisyonlu toplu taşıma projeleri, hem çevresel hem de ekonomik açılardan büyük başarı göstermiştir (Lafferty & Meadowcroft, 2016). Bu proje, kadınların liderliği altında geliştirilmiş olup, toplu taşımanın sürdürülebilir ve çevre dostu olmasının yanında daha kapsayıcı olmasını da sağlamıştır.

Benzer şekilde Norveç'te, Oslo şehrinde sürdürülebilir şehir planlaması çalışmaları kapsamında kadın belediye başkanlarının liderliğinde yürütülen projelerde, karbon nötr hedeflerine ulaşma konusunda önemli adımlar atılmıştır. Özellikle kadınların öncülüğünde hayata geçirilen elektrikli araç şarj istasyonları ve bisiklet yolları, şehrin ulaşım altyapısını çevre dostu bir şekilde dönüştürmüştür (Roseland, 2012). Bu projeler, kadın liderlerin yenilikçi çözümler üreterek, sürdürülebilir kentsel ulaşımı teşvik ettiğini göstermektedir.

6.2. Hindistan

Hindistan'da kadınların liderlik ettiği topluluk tabanlı su yönetimi projeleri, sürdürülebilir kalkınma süreçlerinde kadınların oynadığı kritik rolün bir diğer örneğidir. Bu projelerde, özellikle kırsal bölgelerde su kaynaklarının korunması ve etkin kullanımı amacıyla kadınların liderlik ettiği çalışmalar büyük bir başarı göstermiştir (Agarwal, 2010). Su kaynaklarının yönetimi, hem ekosistemlerin korunması hem de toplumların ekonomik ve sosyal refahını artırması açısından önemli bir alan olarak öne çıkmaktadır. Hindistan'da, kadın liderlerin su yönetiminde sağladığı katkılar, su kaynaklarının daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamış ve yerel halkın yaşam kalitesini artırmıştır.

6.3. Brezilya

Brezilya'da kadınların sürdürülebilir tarım projelerine katılımı, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kalkınma açısından önemli bir başarı hikayesi olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde kadınların yer aldığı toplumsal tarım projeleri, organik tarım yöntemlerinin yaygınlaştırılmasında ve tarım arazilerinin daha verimli kullanılmasında etkili olmuştur (Nazarea, 2006). Bu projelerde, kadınlar yerel bilgi birikimlerini kullanarak, su kaynaklarının korunması ve toprak verimliliğinin artırılması gibi konularda sürdürülebilir çözümler geliştirmiştir.

Brezilya'da kadınların liderlik ettiği toplumsal tarım kooperatifleri, yerel ekonomilerin canlanmasına katkıda bulunmuş, organik ve yerel üretimle kırsal kalkınmaya destek olmuştur. Kadınların bu süreçte oynadığı rol, sadece çevreyi korumakla kalmamış, aynı zamanda yerel toplulukların ekonomik bağımsızlığını da güçlendirmiştir (Nazarea, 2006). Özellikle düşük gelirli kadınların liderlik ettiği bu projeler, sosyal adaletin güçlenmesine katkı sağlamış ve toplumsal dayanışmayı teşvik etmiştir. Brezilya'daki bu örnekler, kadınların yer aldığı sürdürülebilir tarım projelerinin çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından büyük faydalar sağladığını göstermektedir.

6.4. Almanya

Almanya, enerji verimliliği konusunda kadınların liderlik ettiği projelerle dünya çapında dikkat çekmektedir. Almanya'nın çeşitli bölgelerinde yürütülen yenilenebilir enerji projeleri, kadın liderlerin çevreye duyarlı yaklaşımları sayesinde sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da başarılar elde etmiştir. Özellikle rüzgar ve güneş enerjisi projelerinde, kadın mühendisler ve yöneticiler öncülüğünde yürütülen projeler, yerel enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmış ve karbon emisyonlarının düşmesine katkıda bulunmuştur (MacGregor, 2010). Almanya'nın Schleswig-Holstein bölgesinde, kadın liderler tarafından yürütülen bir rüzgar enerjisi projesi, yerel halkın enerji maliyetlerini %40 oranında

azaltırken, bölgenin karbon emisyonlarını da %50 oranında azaltmıştır (MacGregor, 2010). Almanya'da kadınların liderlik ettiği bu projeler, sadece çevreyi korumakla kalmamış, aynı zamanda yerel toplulukların ekonomik faydalarını artırmıştır. Kadınların liderlik ettiği enerji kooperatifleri, yerel halkın projelere katılımını artırmış ve sosyal dayanışmayı güçlendirmiştir. Bu durum, kadınların liderliğindeki projelerin çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal adaleti nasıl birleştirebileceğini göstermektedir.

6.5. Türkiye

Türkiye'de kadınların kooperatifleşme yoluyla sürdürülebilirlik projelerine katılımı da önemli bir başarı hikayesi olarak öne çıkmaktadır. Kadın kooperatifleri, özellikle kırsal bölgelerde sürdürülebilir tarım, organik üretim ve yerel ekonomilerin güçlendirilmesi konularında öncü rol oynamıştır (OECD, 2018). Bu kooperatifler, kadınların ekonomik bağımsızlıklarını kazanmalarını sağlamanın yanı sıra çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden yenilikçi uygulamaların yayılmasına katkı sağlamıştır. Türkiye'deki bu örnekler, kadınların sürdürülebilir kalkınma süreçlerine etkin katılımının, yerel ve ulusal düzeyde önemli faydalar sağladığını göstermektedir.

7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, kadınların kentsel sürdürülebilirlik politikalarına katılımının toplumsal faydalarını ve bu süreçlerde karşılaştıkları zorlukları ele almıştır. Sürdürülebilirlik, kentlerde sosyal, çevresel ve ekonomik dengeyi sağlama süreci olarak tanımlanırken, kadınların bu politikalarda daha fazla yer alması, sadece toplumsal cinsiyet eşitliğini güçlendirmekle kalmayıp, aynı zamanda daha kapsayıcı ve uzun vadeli çözümler üretilmesini sağlamaktadır (UN Women, 2020). Kadınların liderlik ettiği projelerde elde edilen başarılar, toplumsal kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir.

Bunun detayına girmeden şu kısmı ifade etmekte fayda vardır; öncelikle kadınların genel olarak kentte katılımını sağlamak için –ki bu adım sağlandığı takdirde sürdürülebilirlik politikalarına da katılımı sağlanabilir- belli anlaşmalara taraf olan devletlerin ve elbette yerel yönetimlerinin o anlaşmalar çerçevesinde ifade edilen toplumsal cinsiyet eşitliğine yönelik sorumluluklarını yerine getirmeleri beklenmektedir. Yerel yönetimlerde toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak için atılacak ilk adım, genel toplumsal cinsiyet eşitliği eğitimlerinin ötesine geçerek, toplumsal cinsiyete duyarlı bütçeleme ve kentsel planlama gibi daha spesifik eğitimlerin sunulmasıdır. Bu eğitimler, yerel yönetimlerdeki yönetici ve uygulayıcıların daha eşitlikçi bir bakış açısı kazanmalarına katkı sağlayacaktır. Stratejik planlar, performans programları gibi yerel politika belgelerinin toplumsal cinsiyet eşitliği perspektifiyle hazırlanmasının yanı sıra, bir "Yerel Eşitlik Eylem Planı" oluşturulmalıdır.

Ayrıca, kurum içi çalışmalarla uyumlu olarak bilinirliği, katılımı ve talebi artırıcı programların hayata geçirilmesi oldukça önemlidir. Yerel yöneticilerin sıklıkla dile getirdiği "talep edilmiyor", "kimse kullanmıyor", "yaptık ama kimse gelmedi" gibi söylemlere karşılık, kadınların etkin bir şekilde bilgilendirilmesi ve katılımlarının teşvik edilmesi gerekmektedir. Kadınların yaşadıkları çevreyi tanımaları ve yerel yönetimlerin sunduğu hizmetlerden haberdar olmaları, hizmetlere erişimlerinin sağlanması için birinci öncelik olmalıdır. Örneğin, belediyenin kreş hizmeti, danışma merkezi, sağlık merkezi veya meslek edindirme kursları hakkında bilgi sahibi olmayan bir kadın için bu hizmetler fiilen var olmamaktadır. Bu nedenle, pankartlar, broşürler ve bilgi kitapçıkları gibi yazılı materyallerin yanı sıra, sözlü toplantılar, okul aile birlikleri aracılığıyla yapılan bilgilendirmeler ve hatta yerel yönetimler tarafından düzenlenen tur programları ile bu hizmetlerin tanıtılması önerilmektedir. Günümüz toplumunda bilginin etkin bir güç aracı olduğu göz önüne alındığında, kadınların bilgiye erişimden mahrum bırakılması, onların kamusal hayata katılımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, kadınlara ihtiyaç duydukları bilgiyi yeniden vermek, eşitliğin sağlanması adına ilk adım

olmalıdır.

Tüm bu adımların hayata geçirilmesi, kadınların kendilerini ilgilendiren konularla ilgili karar süreçlerine katılmalarını ve sosyal hayatta aktif bir şekilde yer almalarını sağlayacaktır. Uluslararası sözleşmeler, özellikle sivil toplum kuruluşları ve bireysel olarak kadınlar için bu süreçte en önemli dayanak noktalarını oluşturmaktadır. Ancak, yazılı metinlerde yer alan hakların fiiliyata geçirilmesi adına, kadınların yanı sıra hak temelli sivil toplum kuruluşlarının da yerel yönetimlerle daha etkin iş birlikleri kurmaları gerekmektedir. Özellikle yerel seçim dönemlerinde kadın temsiline artırılması ve cinsiyet eşitliğini sağlamaya yönelik politikaların oluşturulması konusunda baskı gücü oluşturmaları gerekmektedir. Toplumsal cinsiyet eşitliği politikalarının yalnızca temel bir insan hakkı olmanın ötesinde, tüm bireylerin ortak kazanımlarına hizmet ettiğinin kabul edilmesi gerekmektedir. Yerel yönetimlerin de bu dönüşümün dışında kalmaması, aksine bu sürecin hızlı ve etkin bir parçası olması zorunludur. Kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımını artırmak için çeşitli stratejiler ve politika önerileri geliştirilmiştir. Bu çözümler, kadınların eğitim seviyelerini artırmak, ekonomik bağımsızlıklarını desteklemek ve toplumsal cinsiyet eşitliğini teşvik eden yasal ve politik çerçeveler oluşturmak üzerine odaklanmaktadır.

Birincil çözüm önerisi, kadınların eğitim fırsatlarına erişimlerini artırmaktır. Kadınların sürdürülebilirlik politikalarına daha aktif katılım sağlamaları için gerekli bilgi ve becerileri edinmeleri gerekmektedir. Özellikle çevre, enerji, tarım ve su yönetimi gibi sürdürülebilir kalkınma politikalarının belirleyici olduğu alanlarda kadınlara yönelik eğitim programları düzenlenmelidir (UN Women, 2020). Eğitim, kadınların yenilikçi çözümler üretme kapasitesini artırmakta ve sürdürülebilirlik süreçlerine katılmalarını kolaylaştırmaktadır (OECD, 2018). Eğitim programlarının yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları tarafından desteklenmesi, kadınların karar alma süreçlerine katılma kapasitelerini artıracaktır.

Kadınların ekonomik bağımsızlığını desteklemek de sürdürülebilirlik politikalarına katılımını teşvik eden bir diğer önemli stratejidir. Kadınların yerel yönetimlerde ve sivil toplum kuruluşlarında liderlik pozisyonlarına gelmelerini teşvik eden programların artırılması gerekmektedir (Pearson, 2018). Bu tür programlar, kadınların finansal kaynaklara ve teknik bilgiye erişimlerini kolaylaştıracak ve sürdürülebilir kalkınma süreçlerinde daha etkin rol oynamalarını sağlayacaktır. Ayrıca, kadınların iş gücüne katılım oranını artırmak ve ekonomik bağımsızlıklarını teşvik etmek için mikrofinans programları ve kadın girişimciliği desteklenmelidir. Kadınların ekonomik olarak güçlenmesi, onların kamusal alanda daha fazla söz sahibi olmalarına ve sürdürülebilir kalkınma projelerinde liderlik yapmalarına olanak tanır. Sosyo-kültürel normların değiştirilmesi, kadınların kamusal alana katılımını teşvik eden önemli bir adımdır. Toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak ve kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımını artırmak için yasal düzenlemeler yapılmalı ve kota uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır (Lafferty & Meadowcroft, 2016). Yerel yönetimlerde kadınların karar alma mekanizmalarına daha fazla katılımını sağlamak için kadın temsiline artıran yasalar ve politikalar oluşturulmalıdır. Özellikle kadınların liderlik pozisyonlarına gelmesini destekleyen politikalar, toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin giderilmesine ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının daha kapsayıcı hale gelmesine katkıda bulunacaktır.

Kadın liderlerin inovatif ve sürdürülebilir çözümler üretme kapasiteleri, toplumsal faydayı artıran önemli bir faktördür. Kadınların sürdürülebilir kalkınma projelerinde liderlik yapmalarını desteklemek, sadece çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal adaletin tesis edilmesine de katkıda bulunur (MacGregor, 2010). Kadınların liderliğinde geliştirilen projelerde daha yenilikçi, kapsayıcı ve uzun vadeli çözümler üretilmektedir. Bu nedenle, kadınların karar alma süreçlerine katılımını teşvik eden yasal ve kurumsal mekanizmaların güçlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, kadınların sürdürülebilirlik politikalarına katılımı, daha adil, yaşanabilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir şehirlerin inşasında vazgeçilmezdir. Kadınların liderliğini ve

yenilikçi çözümlerini destekleyen politikalar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada toplumsal faydayı artıran kilit bir unsur olacaktır. Bu nedenle, kadınların katılımını artıracak stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması, hem mevcut hem de gelecek nesiller için daha yaşanabilir şehirler yaratmak adına büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- [1] Agarwal B. Gender and green governance: The political economy of women's presence within and beyond community forestry. Oxford: Oxford University Press; 2010.
- [2] Bernotat, I. Planungsbeteiligung als Instrument politischer Sozialisation, in: Bürgerbeteiligung, Von der Theorie zur Handlungsorientierung, Detlef Garbe (Hrsg.), Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main; 1982.
- [3] Çukurçayır, P., Eroğlu, Y., & Sağır, A. Yerel yönetim, katılım ve kent konseyleri. Yerel Politikalar 2015;(1).
- [4] Dökmen, Y. Z. Toplumsal cinsiyet: Sosyal psikolojik açıklamalar. İstanbul: Remzi Kitapevi; 2010.
- [5] Elkington J. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. Oxford: Capstone Publishing; 1998.
- [6] Gabriel, W. O. Gesellschaftliche Modernisierung, Politische Beteiligung und Kommunale Demokratie, Strukturen, Bedingungen und Folgen bürgerschaftlicher Beteiligung an der Kommunalen und Nationalen Politik, in: Oscar W. Gabriel (Hrsg.), Bürgerbeteiligung und Kommunale Demokratie, Minerva Publikation, München; 1983
- [7] Göymen, K. Türkiye’de yerel yönetim ve yerel kalkınma. İstanbul: Boyut Yayınları; 2010..
- [8] Hopwood B, Mellor M, O'Brien G. Sustainable development: Mapping different approaches. Sustainable Development 2005;13(1):38-52. <https://doi.org/10.1002/sd.244>
- [9] Karataş E. Aile içinde kadının rolü ve sosyal eşitsizlikler. 2018;17.
- [10] KSGM. Toplumsal cinsiyet eşitliği ulusal eylem planı (2008-2013). ISBN 978-975-19-4359-0, Eylül 2008.
- [11] Lafferty WM, Meadowcroft J. Implementing sustainable development: Strategies and initiatives in high consumption societies. Oxford: Oxford University Press; 2016.
- [12] MacGregor S. Gender and climate change: From impacts to discourses. Journal of the Environment 2010;34(3):27-38.
- [13] Nazarea V. D. Cultural memory and biodiversity. Arizona: University of Arizona Press; 2006.
- [14] OECD. Bridging the gender gap: Policies for women’s economic empowerment. OECD 2018. <https://www.oecd.org/gender/bridging-the-gender-gap.htm>
- [15] Pearson R. Women, work and empowerment: Sustainable livelihoods in a globalizing world. London: Palgrave Macmillan; 2018.
- [16] Roseland M. Toward sustainable communities: Solutions for citizens and their governments. Gabriola Island: New Society Publishers; 2012.
- [17] Türk Dil Kurumu Sözlükleri, <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim: 20.09.2024
- [18] United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. UN 2015. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [19] UN Women. Women and sustainable development goals. UN 2020. <https://www.unwomen.org/en/news/in-focus/women-and-the-sdgs>
- [20] World Commission on Environment and Development. Our common future. Oxford: Oxford University Press; 1987.
- [21] World Economic Forum. Global gender gap report 2021. <https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2021>
- [22] Yalçın, Z. Kadınlar için yerel bir katılım aracı olarak eşitlik birimleri. 2016.

Uluslararası Antlaşmalar Etkisi Altında Türkiye'de Çevre Hukuku Gelişmeleri

*¹ Usame Yolcu, ² Esad Muhlis Bahadır, ² İpek Ak

*¹ Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, TÜRKİYE

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Hukuk Fakültesi, Bolu, TÜRKİYE

Anahtar Kelimeler: Çevre hukuku, Uluslararası antlaşmalar, Paris Sözleşmesi, Kyoto Protokolü

Özet

Bu çalışma, uluslararası antlaşmaların etkisi altında Türkiye'de çevre hukukunun gelişimini incelerken önemli dönüm noktalarını ve bu antlaşmaların dönüştürücü etkilerini değerlendirmektedir. Çevre hukuku, modern çağda sürdürülebilir kalkınma ve çevre koruma için kritik bir araç haline gelmiş ve Türkiye'nin bu alandaki yasal reformları, güçlü bir uluslararası etkiyi yansıtmaktadır. Analiz, Türkiye'nin çevre politikalarını şekillendiren Rio Deklarasyonu, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi küresel çevre antlaşmalarını kapsamaktadır. Rio Deklarasyonu'nun ardından Türkiye, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) gibi stratejik düzenlemeleri hayata geçirerek kalkınma projelerine sürdürülebilirlik ilkesini entegre etmiştir. Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarını azaltmak için Enerji Verimliliği Kanunu gibi yasal tedbirleri teşvik etmiş, Paris Anlaşması ise düşük karbon ekonomisine geçişi destekleyen kapsamlı bir İklim Kanunu'nun benimsenmesine yol açmıştır. Ayrıca çalışma, Çevre Bakanlığı'nın kurulması ve yerel yönetimler ile sivil toplum kuruluşlarının çevre yönetiminde oynadığı aktif rol gibi kurumsal gelişmeleri ele alır. Tüm bu çabalara rağmen, Türkiye'nin çevre politikalarının uluslararası standartlarla tam uyum sağlamasında zorluklar devam etmektedir ve bu durum, kurumsal ve yasal alanda daha fazla gelişim gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu araştırma, uluslararası çevre antlaşmalarının Türkiye'nin hukuki ve kurumsal yapısını nasıl yeniden şekillendirdiğine dair kapsamlı bir bakış sunarak başarıları ve iyileştirme gerektiren alanları ortaya koymaktadır.

Keywords: Environmental law, International conventions, Paris Convention, Kyoto Protocol

Abstract

This study examines the development of environmental law in Turkey under the influence of international treaties, exploring key milestones and evaluating the transformative impact of these agreements. Environmental law has become a critical tool for sustainable development and environmental protection in the modern era, and Turkey's legal reforms in this area reflect a strong international influence. The analysis covers significant global environmental agreements such as the Rio Declaration, the Kyoto Protocol, and the Paris Agreement, highlighting their roles in shaping Turkey's environmental policies. Following the Rio Declaration, Turkey implemented strategic regulations like the Environmental Impact Assessment (EIA), integrating sustainability into development projects. The Kyoto Protocol spurred legislative measures, including the Energy Efficiency Law, to curb greenhouse gas emissions, while the Paris Agreement led to the adoption of a comprehensive Climate Law to promote a low-carbon economy. Additionally, the study explores institutional advancements, such as the establishment of the Ministry of Environment and the active role of local governments and NGOs in environmental governance. Despite these efforts, challenges persist in fully aligning Turkish environmental policies with international standards, emphasizing the need for further institutional and legal advancements. This research provides a comprehensive

overview of how international environmental treaties have reshaped Turkey's legal and institutional landscape, offering insights into successes and areas requiring improvement.

Giriş

Çevre sorunları, son yüzyılda küresel ölçekte hızla artan sanayileşme, nüfus artışı ve doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi sonucunda kritik bir mesele haline gelmiştir. Küresel iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, su kaynaklarının azalması ve hava kirliliği gibi sorunlar, uluslararası iş birliğini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, çevre hukuku ulusal sınırları aşarak küresel bir meseleye dönüşmüş, uluslararası antlaşmaların etkisi altında ülkeler çevresel politikalarını yeniden şekillendirmek zorunda kalmıştır. Türkiye de bu küresel dönüşüm sürecinin bir parçası olarak çevre hukukunu uluslararası normlara uyumlu hale getirmeye çalışmaktadır. Çevre hukuku, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren daha sistematik bir yapıya kavuşmuştur. Özellikle 1972 Stockholm Konferansı, çevre bilincinin küresel ölçekte yayılmasında dönüm noktası olmuştur. Bu konferans, çevre sorunlarının uluslararası bir iş birliği ile çözülebileceği fikrini pekiştirmiştir. Devamında 1992 Rio Deklarasyonu ve 2015 Paris Anlaşması gibi önemli antlaşmalar, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için ülkeler arasında bağlayıcı kurallar oluşturmuştur. Bu süreçte, Türkiye de çevre koruma politikalarını uluslararası standartlara uygun şekilde geliştirmek için çeşitli reformlar yapmıştır.

Türkiye, coğrafi konumu ve iklimi nedeniyle çevresel çeşitliliği yüksek bir ülkedir. Ancak hızlı kentleşme, sanayileşme ve tarım faaliyetleri, çevre üzerinde önemli baskılar oluşturmuştur. Özellikle Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj krizi ve kuraklık tehlikesi gibi güncel çevre sorunları, çevre hukukunun önemini daha da artırmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin çevre politikalarında uluslararası normlara uyum sağlama çabaları hız kazanmıştır. Örneğin, Marmara Denizi'ni korumaya yönelik 2021 yılında hazırlanan "Marmara Denizi Koruma Eylem Planı", çevre hukukunun etkin uygulanmasının ne kadar kritik olduğunu göstermektedir.

Uluslararası antlaşmalar, çevre hukukunun gelişiminde itici bir güç olmuştur. Türkiye'nin Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması'na taraf olması, çevre mevzuatında köklü değişikliklere yol açmıştır. Bu antlaşmalar doğrultusunda Türkiye, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki ve emisyon azaltımı gibi alanlarda önemli yasal düzenlemeler yapmıştır. Örneğin, Kyoto Protokolü sonrası çıkarılan "Enerji Verimliliği Kanunu" (2007), Türkiye'nin karbon ayak izini azaltma hedeflerine katkı sağlamıştır. Aynı şekilde, Paris Anlaşması'nın ardından kabul edilen "İklim Kanunu" (2022), Türkiye'nin düşük karbonlu ekonomiye geçiş sürecini hızlandırmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin çevre hukukunun gelişimini, uluslararası antlaşmaların etkisi çerçevesinde ele almak ve bu süreçte yaşanan yasal ve kurumsal dönüşümleri değerlendirmektir. Araştırma, uluslararası çevre antlaşmalarının Türkiye'deki yasal reformlara nasıl yön verdiğini ve çevresel koruma politikalarına nasıl yansıdığını kapsamlı bir şekilde incelemeyi hedeflemektedir. Çalışmada, Rio Deklarasyonu, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi temel antlaşmaların Türkiye üzerindeki etkileri detaylandırılarak, mevcut başarılar ve eksiklikler tartışılacaktır. Ayrıca, Türkiye'nin çevre hukuku alanında gelecekte atması gereken adımlar da değerlendirilecektir.

1. Çevre Alanındaki Uluslararası Gelişmeler

Çevre Hukuku bir disiplin olarak 20.yy'ın ortalarından itibaren gelişmeye başlasa da aslında bir nosyon olarak Roma Hukuku'nda bile izi bulunmaktadır. Gürseler'in (1999) aktardığına göre Roma'da komşunun havasını kirletene yönelik cezalar ve 1300'lü yıllarda İngiltere'de

açık ocaklarda kömürün yakılmasını yasaklayan Kral fermanı gibi uygulamalar bu tezi desteklemektedir (812). Çevre, tüm insanlığın ortak mirasıdır, dolayısı ile ortaya çıkacak sorunlar ülkeleri ve milletleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecektir. Sınır aşan sular, radyoaktif kirlilik, plastiklerin okyanuslarda bir kıta oluşturacak kadar birikmesi, akarsuların ve nehirlerin kirliliği bu tür etkilemelere örnek olarak sayılabilir. Uluslararası toplumda bu tür sorunlarla mücadele etmek için çoğu zaman bir kamuoyu oluşmuş, bu oluşum daha sonra uluslararası bir organizasyona evrilmiştir.

Bu bağlamda 1970 yazında, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden (MIT) uluslararası bir araştırma ekibi, dünya genelindeki sürekli büyümenin sonuçlarını inceleyen bir çalışma başlatmıştır. Bu ekip, gezegendeki büyümeyi belirleyen ve birbirleriyle etkileşimlerinde büyümeyi nihai olarak sınırlayan beş temel faktörü (nüfus artışı, tarımsal üretim, yenilenemez kaynakların tükenmesi, endüstriyel üretim ve kirlilik oluşumu) inceleyerek bu beş faktöre ait verileri küresel bir bilgisayar modeline yüklemiş ve insanlığın geleceği için alternatif senaryoları belirlemek amacıyla modelin davranışını çeşitli varsayımlar altında test etmiştir.

Kendilerini, karmaşık küresel sorunlara bütüncül çözümler geliştiren ve insanlığın birden fazla gezegensel krizden çıkışını sağlamak amacıyla politika girişimlerini ve eylemleri teşvik eden çeşitli düşünce liderlerinden oluşan bir platform olarak tanımlayan Roma Kulübü tarafından bu testin sonuçları "Büyümenin Sınırları" başlıklı bir rapor olarak 1972 yılında yayımlanmıştır (The Club of Rome, 2024). Raporda, dünyamızın sahip olduğu ekilebilir-dikilebilir alanın sınırlı olması, yenilenebilir kaynaklarının azlığı, kirliliği kaldırma kapasitesinin az olması gibi durumlara dikkat çekilerek artan nüfus hızına, çevre kirliliğine ve ekonomik etkinlik kapasitesine bir sınırlama getirilmesi önerisinde bulunulmuştur (Kula, 1994, 27).

Bu raporun etkisi ile küresel çapta çevresel farkındalık oluşmaya başlamış, kurulan çevre STK'ları ile birlikte siyasi otoriteler üzerinde bir baskı oluşturularak çevrenin korunmasına yönelik hukuki ve politik düzenlemeler getirilmesi konusunda çabalar harcanmıştır. Bu bağlamda Birleşmiş Milletler de bir aksiyon olarak 5-16 Haziran 1972 yılında uluslararası düzeydeki ilk çevre konferansını Stockholm'de düzenlemiştir (UN, 2024). Bu konferans sonucunda 26 ilkedden oluşan ve çevre sorunlarını uluslararası öncelikler arasına yerleştirerek sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomik büyüme, hava, su ve okyanus kirliliği ile insanların refahı arasındaki ilişki üzerine bir diyalog başlatan Stockholm Deklarasyonu ilan edilmiştir. Küresel Çevresel Değerlendirme Programı (izleme planı), çevre yönetimi faaliyetleri ile ulusal ve uluslararası düzeyde yürütülen değerlendirme ve yönetim faaliyetlerini desteklemek için uluslararası önlemler başlıklarından oluşan İnsani Çevre İçin Eylem Planı ise Stockholm Konferansı'nın önemli etkilerinden birisidir (Özdek, 1993, 73).

Stockholm Konferansı'nın belki de en önemli etkilerinden birisi de çevre alanında Dünya'nın önde gelen otoritesi haline dönüşen Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) 1973 yılında kurulmasıdır. Bu program, iklim değişikliği, doğa ve biyolojik çeşitlilik kaybı ile kirlilikten oluşan üçlü küresel krizin temel nedenlerini ele alarak değişimi yönlendirmektedir. Ayrıca, UNEP'in çalışmaları, ülkelerin düşük karbonlu ve kaynak verimli ekonomilere geçişine yardımcı olmayı, çevresel yönetim ve hukuku güçlendirmeyi, ekosistemleri korumayı ve politika kararlarını yönlendirmek için kanıta dayalı veriler sağlamayı hedeflemektedir (UNEP, 2024).

Uluslararası arenada çevre hukukunun gelişimi 1987'de G.H. Brundtland başkanlığında hazırlanan "**Ortak Geleceğimiz**" (**Our Common Future**) raporu ile büyük bir gelişim göstermiştir. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan Rapor,

1972 Stockholm Konferansı'ndan sonra artan çevresel farkındalığın bir devamı olarak, insanlığın kalkınma hedeflerini çevresel sürdürülebilirlikle uyumlu hale getirmeyi amaçlamıştır (Kaypak, 2012, 227). Özellikle **Sürdürülebilir Kalkınma** terimini ortaya koyarak, kalkınma ve çevrenin birbiriyle çatışmadığı, aksine birbirini destekleyen unsurlar olduğunu vurgulamıştır. Ortak Geleceğimiz raporu ile tanımlanan bu kavram, "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan, mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak" olarak açıklanmıştır. Bu, ekonomik büyümenin sosyal eşitlik ve çevresel koruma ile dengelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Turpancı, 2018, 49). Yıkılmaz'ın (2013) aktardığı üzere sürdürülebilir kalkınma kavramının öne çıkarılması ile birlikte çevresel bozulmanın kalkınmayı olumsuz etkilediği düşüncesine bir dönüşüm başlamıştır (114). Brundtland'ın başkanlığında hazırlanan bu rapor, uluslararası alanda Sivil toplum kuruluşlarının ve çevre hareketlerinin güçlenmesi, Rio Deklarasyonu (1992) ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) gibi önemli belgelere ilham kaynağı olması, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın rapordaki ilkelerden yola çıkılarak hazırlanması, çevre hakkının tanımlanması gibi önemli katkıları olmuştur (UNCSD, 2007, 1)

1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Zirvesi), çevre ve kalkınma ilişkisini uluslararası alanda en kapsamlı şekilde ele alan dönüm noktalarından biridir. Zirve, çevre koruma ile ekonomik kalkınma arasındaki dengeyi sağlamak amacıyla Sürdürülebilir Kalkınma kavramını daha somut politikalara dönüştürmüştür. Konferansta kabul edilen Rio Deklarasyonu, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ve Gündem 21, çevre hukukunun temel ilkelerini belirleyen uluslararası belgeler arasında yer almıştır. Özellikle ihtiyatlılık ilkesi, kirleten öder ilkesi ve ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi gibi temel prensipler bu zirvede vurgulanarak, uluslararası çevre hukuku normlarının oluşumuna katkı sağlamıştır. Rio Zirvesi, sürdürülebilir kalkınmanın uluslararası işbirliği yoluyla hayata geçirilmesi gerektiğini vurgulayan ilkelerle, çevresel farkındalığın artmasına ve küresel ölçekte çevre bilincinin gelişmesine öncülük etmiştir (Turpancı, 2018, 50-53; Kaypak, 2012, 228).

Bu konferansta ilan edilen UNFCCC, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele için hazırlanmış ilk uluslararası sözleşmedir. Amacı, sera gazı emisyonlarını sınırlayarak atmosferdeki tehlikeli insan kaynaklı değişiklikleri önlemektir. Sözleşme, taraf ülkelere emisyonların azaltılması, uyum politikalarının geliştirilmesi ve finansal destek mekanizmalarının oluşturulması çağrısında bulunur (Ulueren, 2001, 39). Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi ile gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki yükümlülük farkına dikkat çekilmiştir. UNFCCC, daha sonra Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi önemli iklim anlaşmalarının temelini atmıştır. **Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ise**, dünya genelindeki biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilir kullanımı ve genetik kaynakların adil ve eşit paylaşımını sağlamak amacıyla kabul edilmiştir. Gündem 21, sürdürülebilir kalkınmayı uygulamaya yönelik kapsamlı bir eylem planıdır. 21. yüzyılın sürdürülebilirlik hedeflerini belirleyen bu belge, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda somut adımlar içermektedir (Şahin, 200, 415).

Uluslararası hukukta çevrenin seyrini göstermede en önemli basamaklardan birisi de 11 Aralık 1997 tarihinde imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Protokol, iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası hukukun en önemli kilometre taşlarından biridir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) somut bir uzantısı olarak kabul edilen bu protokol, gelişmiş ülkeler için yasal olarak bağlayıcı sera gazı emisyon azaltma hedefleri

belirleyen ilk anlaşmadır (Ulueren, 2001, 39). Kyoto Protokolü, çevre hukukunun gelişiminde ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi temelinde emisyon yükümlülüklerini ülkeler arasında farklılaştırarak yeni bir hukuki çerçeve sunmuştur (Özbudun, 2009, 10).

Protokol, karbon ticareti, temiz kalkınma mekanizması (CDM) ve ortak uygulama (JI) gibi esnek piyasa mekanizmalarıyla emisyon azaltımını teşvik ederek, çevresel sorumluluğun ekonomik araçlarla desteklenmesini sağlamıştır. Bu mekanizmalar, devletlerin yalnızca kendi sınırları içinde değil, küresel düzeyde de emisyon azaltımı yapabilmesine imkân tanımıştır. Böylece Kyoto Protokolü, çevre hukuku ile uluslararası ticaret hukukunu ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerini birleştiren yenilikçi bir düzenleme olarak öne çıkmıştır (UNFCCC, 2024).

2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadelede Kyoto Protokolü'nün eksiklerini gidermeyi hedefleyen ve daha kapsamlı bir çerçeve sunan, uluslararası çevre hukuku açısından dönüm noktası niteliğinde bir anlaşmadır. **Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)** kapsamında kabul edilen bu anlaşma, sera gazı emisyonlarını küresel ölçekte azaltmayı ve **küresel sıcaklık artışını 2°C'nin altında**, tercihen **1,5°C ile sınırlı** tutmayı amaçlar. Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü'nden farklı olarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki ayrımı esnetmiş ve tüm ülkeleri ulusal katkı beyanları sunarak sorumluluk almaya davet etmiştir (İDB, 2024).

Bu anlaşma, çevre hukukunun **ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar** ilkesini sürdürürken, ülkelerin kendi ekonomik koşullarına uygun ulusal politikalar geliştirmelerine olanak tanıyan esnek bir yapı sunmaktadır. **Adaptasyon, iklim finansmanı ve teknoloji transferi** gibi konuları vurgulayarak, gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha dayanıklı hale gelmelerini sağlamayı amaçlamaktadır (Karakaya, 2016, 3). Aynı zamanda Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü'nün piyasa temelli mekanizmalarına yenilerini ekleyerek **karbon piyasalarının ve sürdürülebilir kalkınma mekanizmalarının** daha etkin hale gelmesini teşvik etmektedir (Denchak, 2021)

Paris İklim Anlaşması'nın onaylanmasına ilişkin kanun teklifinin TBMM tarafından kabul edilmesi ve 7 Ekim 2021 tarihli 31621 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmasıyla, Türkiye resmen anlaşmaya taraf olmuştur.

Anlaşma, **Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi ve Gündem 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG)** ile doğrudan bağlantılıdır. Sıcaklık artışının sınırlandırılması, yalnızca iklim değişikliğiyle değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunması, su kaynaklarının yönetimi ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği ile de yakından ilişkilidir. Bu bütüncül yaklaşım, Paris Anlaşması'nın çevre hukukunda çok taraflı iş birliğinin önemini vurgulayan bir belge olarak kabul edilmesine yol açmıştır (UN, 2024).

Bu alandaki bir diğer önemli gelişme ise 2019 yılında Avrupa Komisyonu tarafından sunulan Avrupa Yeşil Mutabakatıdır (European Green Deal). Bu Mutabakat, iklim değişikliği ve çevresel bozulmayla mücadelede Avrupa Birliği (AB) için kapsamlı bir yol haritası sunan, çevre hukuku açısından devrim niteliğinde bir girişimdir. Mutabakat, **2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %55 oranında azaltma ve 2050'ye kadar karbon nötr bir kıta** olma hedeflerini benimseyerek, küresel ölçekte önemli bir örnek teşkil etmektedir. Paris İklim Anlaşması'nın taahhütlerini hayata geçirmeyi hedefleyen Mutabakat, bu anlaşmayla ve **Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)** ile uyumlu bir çerçeve sunarak, AB'nin iklim liderliğini pekiştirmiştir (Üstün, 2021, 332).

Yeşil Mutabakat, çevre hukuku çerçevesinde yeni standartlar belirlemiş ve Paris Anlaşması'nın ruhunu daha ileriye taşıyarak kapsamlı **politikalar ve yasal düzenlemeler** getirmiştir. **Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM)** gibi yeniliklerle, karbon kaçağını önlemeyi amaçlamakta ve AB'ye ithal edilen ürünlerin karbon ayak izini denetlemeyi hedeflemektedir. **Döngüsel ekonomi, biyoçeşitlilik, sürdürülebilir tarım ve temiz enerji dönüşümü** gibi alanlarda somut adımlar atan Yeşil Mutabakat, yalnızca iklimle sınırlı kalmayarak su, hava, toprak ve ekosistem sağlığını iyileştirme hedeflerini de içermektedir (Avrupa Birliği Başkanlığı, 2024).

Bu girişim, **Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG)** ve **Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi** gibi uluslararası sözleşmelerle de uyum göstererek, sürdürülebilir büyüme ve çevre dostu üretim modellerinin yaygınlaşmasını teşvik etmektedir. Aynı zamanda, yeşil dönüşüm sürecinde **yeşil finansman, yenilikçi teknoloji yatırımları ve adil geçiş mekanizmaları** ile üye ülkeler arasında ekonomik ve sosyal dengeyi gözetmektedir (Becker, 2020, 441; Siddi, 2020, 4).

2. Türkiye'de Çevre Hukukunun Gelişimi

Günümüzde devletler, çevrenin korunmasına yönelik mevzuatlarına giderek artan sayıda düzenleme eklemekte ve bireylere çevre konusunda talepte bulunabilecekleri haklar tanımaktadır. Dünya genelinde birçok anayasa, çevrenin korunmasına ilişkin hükümler içermekte olup bu durum, insanların büyük bir çoğunluğunun çevreyi gözeten yasal düzenlemeler altında yaşamasına imkân vermektedir. Türkiye'de de çevrenin hukuki korumasını amaçlayan anayasal ve yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler arasında, normlar hiyerarşisinin en üst basamağında yer alan anayasal hükümler öncelikli bir konuma sahiptir. Çevre ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı olan kanunlar, yönetmelikler, genelgeler ile ulusal ve uluslararası sözleşmelerin yanı sıra mahkeme kararları, içtihatlar ve doktrindeki tartışmaların Türk Çevre Hukuku'nun temel kaynaklarını oluşturduğu ifade edilebilir (Kocatüfek, 2000, 73).

A. 1982 Anayasası

Çevre kavramına açıkça ilk kez 1982 Anayasası'nda yer verilmiş olup, bu suretle çevre olgusu anayasal bir zemine taşınmıştır (Akıncı, 1996, 192). Anayasa koyucu, çevre hakkını bağımsız bir madde olarak düzenlememiş olsa da, anayasanın *Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması* başlıklı m. 56 hükmünde sağlık hakkı beraberinde çevre hakkının da hüküm altına alındığı görülmektedir (Güzelyalçın, 2024, 24).

Çevre hakkını anayasal temele dayandıran anayasanın 56'ncı maddesi, anayasanın ikinci kısmının üçüncü bölümünde ele alınarak *Sosyal ve Ekonomik Haklar ve Ödevler* arasında düzenlenmiştir. Adı geçen maddede çevre hakkı "*Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir...*" şeklinde tanımlanarak, devlete ve vatandaşlara bu bağlamda sorumluluk yüklenmiştir (Semiz, 2014, 20). Bazı düzenlemeler temel hak ve özgürlükler kapsamında, bazıları ise devletin yerine getirmekle yükümlü olduğu görevler arasında yerini almıştır (Akıncı, 1996, 193).

56. madde dışında, 1982 Anayasası'nın diğer birçok maddesinde çevre kavramı, doğrudan veya dolaylı biçimde ele alınmıştır. 1982 Anayasası'ndaki hükümler incelendiğinde, çevre problemlerinin kapsamlı bir şekilde ele alındığı görülmektedir (Yıldırım, 2002, 25).

Kişinin dokunulmazlığı, maddî ve manevî varlığı başlıklı 17'nci madde “*Herkes, yaşama, maddî ve manevî varlığını koruma ve geliştirme hakkına sahiptir.*” ifadesiyle, çevrenin korunmasını destekleyici hükümler içermektedir(Gençay. ve Birben, 2016, 243).

Bunun yanında, *Kıyılardan yararlanma* başlığını taşıyan 43. Madde; Kamulaştırma ile ilgili düzenlemeleri içeren 46. Madde, Konut hakkını düzenleyen 57. Madde; Tarih, kültür ve tabiat varlıklarının korunmasına ilişkin olarak Anayasa'nın 63. Madde; Planlama başlığını taşıyan 166. Maddede; Tabii servetler ile kaynakların aranması, kullanımı ve işletilmesine ilişkin düzenlemeleri içeren 168. Madde; Orman varlıklarının ve orman köylüsünün korunmasına ilişkin 169. ve 170. Maddelerde de çevre ile alakalı farklı seviyelerde düzenlemeler bulunmaktadır.

B. Kanunlar

Çevre hukukuna ilişkin ulusal kaynaklar arasında, normlar hiyerarşisinde Anayasa'nın altında yer alan kanunlar bulunmaktadır. Bu kanunlar arasında, çevre hukukunun en temel düzenlemesi olan 2872 sayılı Çevre Kanunu ön plana çıkmaktadır. Çevre Kanunu'nun temel amacı, çevrenin korunmasını temin etmektir. Bu hedef doğrultusunda, idari para cezaları ve faaliyetlerin durdurulması gibi çeşitli idari yaptırımlar öngörülmüştür. Bu idari yaptırımlar, caydırıcı bir etki yaratmayı amaçlamakta olup, çevre kirliliğinin engellenmesi ve çevrenin korunması amacı güdülmektedir (Güzelyalçın, 2024, 28-29). Çevre Kanunu, 7153 sayılı Çevre Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 5491 sayılı Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve 5942 sayılı Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile değiştirilerek güncel halini almış, çevre kirliliğine neden olduğu tespit edilen kurum, kuruluş ve işletmelere yaptırımlar getirilmiştir.

Çevre Kanunu'nun yanı sıra, çeşitli diğer kanunlarda da çevre ile ilgili farklı düzenlemeler bulunmaktadır. Ulusal mevzuatta, Çevre Kanunu dışında çevre ile ilgili hükümlere sahip olan diğer kanunlar arasında 5312 sayılı Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun, 5977 sayılı Biyogüvenlik Kanunu, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 3194 sayılı İmar Kanunu, 3621 sayılı Kıyı Kanunu, 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu, 6831 sayılı Orman Kanunu, 4915 sayılı Kara Avcılığı Kanunu, 2634 sayılı Turizmi Teşvik Kanunu, 3213 sayılı Maden Kanunu, 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu, 618 sayılı Limanlar Kanunu, 5393 sayılı Belediye Kanunu, 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 775 sayılı Gecekondu Kanunu, 2960 sayılı Boğaziçi Kanunu, 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun, 4721 sayılı Medeni Kanun yer almaktadır. Bu örnekler mevzuata eklenen yeni kanunlar ile çoğaltılabilmektedir. Kabahatler için genel kanun niteliğinde bulunan 5326 sayılı Kabahatler Kanunu da bu çerçevede ilgili mevzuata örnek göstermek mümkündür.

C. Yönetmelik, Tebliğ

Ülkemizde çevre hukukunun temelini teşkil eden Çevre Kanunu, birçok konuda uygulama esaslarını belirlemek için yönetmeliklere ve idarenin iç düzenlemelerini düzenleyen tebliğlere başvurulmasını öngörmüştür. Bu yönetmelikler ve tebliğler sayesinde, çevreyi etkileyen her türlü faaliyet, belirli kurallar çerçevesinde düzenlenmiştir. Anayasada yer alan, herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına dayalı olarak yapılan bu düzenlemeler, yönetmeliklere aykırı hareket edilmesi durumunda Çevre Kanunu'nda belirtilen yaptırımların devreye girmesini öngörmektedir (Güzelyalçın, 2024,30).

Çevre öğelerini içeren ve çevreyi koruma amacı güden güncel pek çok yönetmelik, tebliğ ve genelgelerden bazıları şöyle sıralanabilir; Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Hava Kalitesi

Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, Afet Riski Altındaki Alanların dönüştürülmesi Hakkında Kanun Uygulama Yönetmeliği, Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Maden Atıkları Yönetmeliği, Madencilik Faaliyetleri İle Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği, Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme Ve Kontrol Tebliği. Bu bağlamda çevrenin korunmasına yönelik pek çok sayıda düzenleme bulunmakta ve günümüzde bu amaçla yapılan düzenlemelerin sayısı artarak devam etmektedir (Gençay ve Birben, 2016, 245; Memiş, 2005, 264).

D. Kanun Hükmünde Kararname

Yürütme organının güçlendirilmesi çabaları neticesinde hem yasama hem yürütme organının katkıları ile oluşan Kanun Hükmünde Kararnameler de çevre hukukuna ilişkin düzenlemeler içermektedir.

383 Sayılı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı Kurulmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname ve 648 Sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname Çevre Hukukuna yönelik mevzuatta yerini alan Kanun Hükmünde Kararnamelere örnek olarak verilebilir (Bulut, 2019, 53-54).

3. Uluslararası Antlaşmaların Türkiye Çevre Hukukuna Etkisi

A. Uluslararası Çevre Antlaşmalarının Genel Çerçevesi

Uluslararası çevre antlaşmaları, devletlerin çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma konularında işbirliği yapmalarını zorunlu kılan yasal metinlerdir. Bu antlaşmaların temel amacı, çevresel tehditlerin küresel ölçekte ele alınmasını sağlamak ve ülkeleri bağlayıcı çevre standartlarına uyumlu hale getirmektir. Özellikle iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve su kirliliği gibi sorunlarla mücadelede etkili olmayı hedefler. Antlaşmaların hukuksal önemi, bu yükümlülüklerin ulusal mevzuatlara yansıtılması ve uygulanmasının takip edilmesidir. Türkiye, bu bağlamda, çevre politikalarını uluslararası standartlara göre düzenleme gerekliliğiyle karşı karşıya kalmıştır.

B. Türkiye'nin Taraf Olduğu Önemli Uluslararası Çevre Antlaşmaları

- **Rio Deklarasyonu (1992):** Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda kabul edilen bu deklarasyon, sürdürülebilir kalkınma ilkesini vurgulamaktadır. Rio Deklarasyonu, çevre koruma ve ekonomik kalkınmanın dengeli bir şekilde ele alınmasını önerir. Türkiye, bu deklarasyonun ardından çevre yönetimi stratejilerini gözden geçirmiş ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik eden politikalar geliştirmiştir. Rio Deklarasyonu sonrasında 1993 yılında "Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği" uygulamaya konulmuştur (Memiş, 2005, 289).
- **Kyoto Protokolü (1997):** İklim değişikliğiyle mücadelede dönüm noktası olan bu protokol, sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri belirler. Türkiye, 2009 yılında bu protokole taraf olmuş ve emisyonları azaltma taahhüdünde bulunmuştur. Bunun

sonucunda, enerji verimliliği yasaları ve yenilenebilir enerji teşvikleri gibi düzenlemeler getirilmiştir. 2010 yılında kabul edilen “Enerji Verimliliği Kanunu”, Kyoto Protokolü’nün gerekliliklerine uygun olarak hazırlanmıştır (Keskin, 2007, 106-7).

- **Paris Anlaşması (2015):** İklim değişikliğiyle mücadelede küresel ısınmayı 1.5-2°C sınırında tutmayı hedefleyen bu anlaşma, Türkiye için de önemlidir. 2021 yılında anlaşmayı onaylayan Türkiye, ulusal katkı beyanını (NDC) hazırlayarak emisyon azaltım hedeflerini açıklamıştır. Paris Anlaşması’nın ardından, 2022’de çıkarılan “İklim Kanunu” ile düşük karbon ekonomisine geçiş stratejileri belirlenmiş ve karbon nötr hedefleri öne çıkarılmıştır (Üstün, 2021, 350-1).

B.1. Uluslararası Antlaşmaların Çevre Mevzuatına Entegrasyonu

- **Mevzuata Uyum Süreci:** Uluslararası antlaşmaların gereklilikleri, Türkiye’nin çevre mevzuatına çeşitli kanun ve yönetmelikler yoluyla entegre edilmiştir. Rio Deklarasyonu sonrası ÇED Yönetmeliği’nin yanı sıra, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması çerçevesinde de kapsamlı düzenlemeler yapılmıştır. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu” ve “İklim Kanunu” gibi yasalar, uluslararası yükümlülüklerin yerine getirilmesi için çıkarılmıştır (Üstün, 2021, 351-2).
- **Antlaşmaların Uygulamadaki Etkileri:** Türkiye, bu antlaşmalara uyum için hukuki reformlar gerçekleştirirse de uygulamada bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Örneğin, sanayi sektöründe enerji verimliliği artırma hedeflerine ulaşmak her zaman kolay olmamıştır. Ayrıca, doğal kaynakların korunmasına yönelik yasal tedbirlerin uygulanmasında yerel yönetimlerle merkezi yönetim arasında koordinasyon sorunları yaşanmaktadır (Özçelik ve Barut, 2017, 12).

B.2. Uluslararası Antlaşmaların Çevresel Koruma Politikalarına Yansımaları

Uluslararası antlaşmalar, Türkiye’nin çevre politikalarını yeniden şekillendirmiş ve çevre koruma uygulamalarına yön vermiştir.

B.2.1. Çevre Politikalarındaki Dönüşüm

Türkiye, 1990’lı yıllardan itibaren çevre politikalarını uluslararası standartlara uyumlu hale getirmeye başlamıştır. Rio Deklarasyonu’ndan sonra çevre politikaları daha kapsamlı bir yapıya bürünmüş, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda planlar yapılmıştır. Kyoto Protokolü’nün imzalanması, emisyon azaltım politikalarının merkezine enerji verimliliği ve temiz enerji projelerini koymuştur. 2011 yılında kabul edilen “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı”, bu dönüşümün önemli bir parçasıdır. Paris Anlaşması ise Türkiye’nin çevre politikalarını düşük karbon ekonomisi çerçevesinde yeniden yapılandırmasını sağlamıştır. “Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi” ve “Yeşil Kalkınma Hedefleri” bu bağlamda hayata geçirilmiştir (İDB, 2024).

B.2.2. Stratejik Planlar ve Uygulamalar

- **Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED):** Rio Deklarasyonu’ndan sonra çıkarılan ÇED Yönetmeliği, büyük projelerin çevreye olası etkilerini değerlendirerek projelerin çevreye duyarlı şekilde hayata geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu uygulama, inşaat ve altyapı projelerinde önemli bir denetim aracı haline gelmiştir (Memiş, 2005,293).

- **İklim Eylem Planları:** Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması doğrultusunda hazırlanan iklim eylem planları, karbon emisyonlarını azaltma ve yenilenebilir enerji kullanımını artırma hedeflerini içermektedir. Örneğin, güneş ve rüzgar enerjisine yatırım teşvikleri bu planların bir sonucudur. 2023 itibarıyla, Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların payı %40'yi aşmıştır (Temiz Enerji, 2024).
- **Biyoçeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi:** Uluslararası Biyoçeşitlilik Sözleşmesi çerçevesinde Türkiye, doğal yaşam alanlarının korunması için stratejik eylem planları oluşturmuştur. 2002 yılında çıkarılan "Biyoçeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı" ile endemik türlerin korunması ve orman varlığının artırılması hedeflenmiştir (TOB, 2024).

Sonuç ve Değerlendirme

Uluslararası çevre antlaşmaları, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve devletler arasında işbirliğini artırmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu antlaşmalar, çevre koruma konularında küresel standartlar belirler ve ülkelerin bu standartlara uymalarını teşvik eder. Türkiye, bu küresel çerçeveye uyum sağlamak amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler yapmıştır. Sözleşmelerin hukuki bağlayıcılığı, ulusal yasal çerçevenin bu antlaşmalara göre yeniden şekillendirilmesini zorunlu kılar.

Türkiye, çevre koruma hedeflerini gerçekleştirmek için pek çok uluslararası antlaşmaya taraf olmuştur. **Rio Deklarasyonu**, çevresel sürdürülebilirlik konusunda farkındalığı artırmış ve Türkiye'nin çevre politikalarına ilham vermiştir. **Kyoto Protokolü**, iklim değişikliği ile mücadelede emisyon azaltım hedeflerini belirlerken Türkiye'nin sorumluluklarını netleştirmiştir. **Paris Anlaşması**, iklim değişikliğini önleme çabalarında uluslararası işbirliğinin önemini vurgular ve Türkiye'nin ulusal eylem planlarını gözden geçirmesine neden olmuştur.

Türkiye'nin uluslararası antlaşmalar doğrultusunda çevre mevzuatını güncellemesi, uzun ve karmaşık bir süreç olmuştur. **Mevzuata uyum süreci**, bu antlaşmalara uygun düzenlemelerin yapılmasını ve ulusal yasaların uluslararası normlarla uyumlaştırılmasını içerir. Ancak, **antlaşmaların uygulamadaki etkileri**, bazen beklentilerin altında kalmış, uygulamada karşılaşılan zorluklar ve eksiklikler gündeme gelmiştir.

Uluslararası çevre antlaşmalarının uygulanmasında **hukuki, kurumsal ve uygulama temelli sorunlar** ortaya çıkmıştır. Hukuki eksiklikler, kurumsal koordinasyon yetersizlikleri ve ekonomik kaynakların sınırlılığı, çevre politikalarının etkinliğini azaltan faktörler arasındadır. **Mevzuatın yeterliliği ve iyileştirme alanları**, bu sorunları gidermeyi amaçlayan öneriler sunar. Özellikle yasal düzenlemelerin daha etkili uygulanması, çevre koruma tedbirlerinin pratikteki sonuçlarının güçlendirilmesi gereklidir. Mevzuatın uluslararası standartlara tam olarak uyumlu hale getirilmesi için sürekli bir iyileştirme süreci gerekmektedir.

Kaynakça

Akıncı M.(1996). *Oluşum ve Yapılanma Sürecinde Türk Çevre Hukuku*. 3. Baskı. Kocaeli:

Kocaeli Kitap Kulübü Yayınevi.

Aslantürk, Y. A. (2022). Küresel Çevre Yönetişiminin Hukuki Aracı Olarak Çok Taraflı

Çevre Sözleşmeleri. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*. 36, 175-192.

- Borras, S. (2016). “New Transitions from Human Rights to the Environment to the Rights of Nature”. In *Transnational Environmental Law* 5.1, 113-143.
- Denchak, M. (2021). “Paris Climate Agreement: Everything You Need to Know”. [Paris Climate Agreement: Everything You Need to Know](#). ET:27.11.2024.
- Gemalmaz, M. (1987). Bir İnsan Hakkı Olarak Çevre Hakkı ve Türk Düzenlemesi. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası*. 52(1-4), 233-278.
- Gençay G. ve Birben Ü. (2016). *Çevre Korumada Hukukun Rolü*. ISEM2016, 3rd International Symposium on Environment and Morality.
- Güzelyalçın M. (2024). *Çevre Hukukundan Kaynaklanan İdari Yaptırımlar*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. 2024.
- Keskin T. (2007). Enerji Verimliliği Kanunu ve Uygulama Süreci. *Mühendis Makine*, 48 (569), 106-114.
- Karakaya, E. (2016). “Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme”. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
- Kocatüfek K. (2000). *Çevre Hukukunda Yeni Bir Yaklaşım: Çevre Hakkı*. Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Memiş E. (2015). *Çevre ve Çevre İdare Hukuku*. 2. Baskı. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Özbudun, A. (2009). *Uluslararası Çevre Hukukunda Çevresel Bilgi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Özçelik, Ö. ve Barut, A. (2017). Uluslararası Çevre Hukukunun Gelişimi ve Türkiye’deki Atık Yönetimi Düzenlemeleri Ve Türkiye’nin Avrupa Birliği Mevzuatına Uyum Süreci. *International Journal Of Afro-Eurasian Research*, 4, 1-32.
- Semiz Y. (2014). “Anayasa Mahkemesinin Çevre Hakkı Perspektifi”. *Hacettepe Hukuk Fakültesi Dergisi*. 4(2), 9-46.
- Şahin, Y. (2004). *Çevre, Yoksulluk ve Adalet, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar*, Edit: Mehmet C. Marın, U. Yıldırım, İstanbul: Beta Basım.
- Temiz Enerji.(2024). “Türkiye, elektriğinin yüzde 42’sini yenilenebilir kaynaklardan üreterek küresel ortalamanın üzerine çıktı (8 Mayıs 2024)” [Türkiye, elektriğinin yüzde 42’sini yenilenebilir kaynaklardan üreterek küresel ortalamanın üzerine çıktı - Temiz Enerji](#)
ET: 28.11.2024
- T. C. Avrupa Birliği Başkanlığı. (2024). “Avrupa Yeşil Mutabakatı”. [Avrupa Yeşil Mutabakatı](#).

ET:27.11.2024.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2010) “Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023”,

<https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/Tur-kiye-Iklim-Degisikligi-Stratejisi.pdf> (15.11.2024).

T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı (İDB). (2024). “2024-2030 İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Strateji ve Eylem Planları Yayınlandı.” [2024-2030 İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Strateji ve Eylem Planları Yayınlandı](#). ET: 28.11.2024

T.C. İklim Değişikliği Başkanlığı. (TY). “Paris Anlaşması.” [Paris Anlaşması - İklim Değişikliği Başkanlığı](#). ET:27.11.2024.

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). (2024). “Nuh'un Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı.” [Nuh'un Gemisi Veri Tabanı](#). ET: 28.11.2024

UN Commission of Sustainable Development. (2007). “Framing Sustainable Development The Brundtland Report – 20 Years On”. [backgrounder_brundtland.pdf](#), ET:27.11.2024.

Ulueren, M. (2001). “Küresel Isınma BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü”, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 3, 38–48.

UN. (2024). The Paris Agreement. [The Paris Agreement | United Nations](#), ET:27.11.2024.

UNFCCC. (2024), “What is the Kyoto Protocol”. [What is the Kyoto Protocol? | UNFCCC](#) ET:27.11.2024

Üstün, K. T. (2021).” Yeni Bir Dönemin Başlangıcı: Avrupa Yeşil Mutabakatı Ve Türk Çevre Hukuku Ve Politikalarına Etkileri.” *Memleket Siyaset Yönetim (MSY)*, 16(36), 329-366.

Yıkılmaz, N. (2003). *Yeni Dünya Düzeni ve Çevre*, İstanbul: Sosyal Araştırmalar Vakfı Yayınları.

Yıldırım H. (2002). *Orman ve Çevre İlişkileri Konusunda Hukuksal İncelemeler*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Evaluating the Impact of Cell Number on Acid and Base Production in Bipolar Membrane Electrodialysis for the Solvay Process

*¹ Muhammed Raşit Öner, ² Osman Nuri Ata

¹ Sivas University of Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Chemical Engineering, Turkey

² Atatürk University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering, Turkey

Key words: Bipolar Membrane Electrodialysis, Solvay Process, Cell Number Effect, Sustainable Processes, Zero Waste.

In this study, we used bipolar membrane electrodialysis (BMED) as an alternative to the distillation unit in the Solvay process, which produces synthetic soda ash. For this purpose, the effect of the cell number of a BMED stack on the production of acid (HCl) and base (NH₄OH-NaOH) from a real Solvay process semi-finished solution fundamentally consisting of NH₄Cl-NaCl was investigated. The experiments were carried out utilizing 5 and 10 cells as distinct stack numbers. The process parameters selected were desalination, acid and base concentration, acid and base conversion, Cl⁻ ion flux, product purity, and energy consumption.

The increase in the number of cells has enhanced the ion transfer area, thereby accelerating the process. Consequently, with cell numbers increasing from 5 to 10, acid and base production has increased from 3.53 M to 3.63 M, and energy consumption has decreased from 2.3 kWh/kg to 1.88 kWh/kg, respectively. However, the increase in surface area has enhanced the transfer rate of ammonia to acid and salt cells alongside the base cell, leading to increased impurities in the other solution tanks.

1. Introduction

The ammonia-soda method is one of the most fundamental processes for making soda ash. The process starts with preparing ammoniacal brine (NaCl+NH₃ solution). After that, ammoniacal brine makes carbonation in the carbonation tower, where ammonium chloride (NH₄Cl) and sodium bicarbonate (NaHCO₃) are the products of the reaction between the ammoniated brine and carbon dioxide, which has a reaction efficiency of roughly 70%. Then, known as the Solvay process's catalysis, NH₃ is regained via the distillation column. A huge amount of waste is produced from the distillation column. The content of this waste is mostly CaCl₂, but it also consists of unreacted NH₄Cl, NaCl, and some impurities. With 12.5 tons of aqueous waste for every ton of Na₂CO₃, the DW is the most enormous waste from the soda production process[1]. It also has numerous detrimental effects on the environment [2-4]. Numerous investigations have been conducted in the literature to address these drawbacks [4-7].

Our previous studies on this subject optimized the BMED process using simulated Solvay process semi-finished solutions (NH₄Cl+NaCl) [8]. These studies investigated various parameters such as initial salt concentration, current-voltage, initial acid and base concentrations, and etc. The acid and base conversion rates ranged between 60-80%, and the desalination rate between 90-98%. However, the acid and base conversion rates were deemed insufficient for industrial application, necessitating improved rates. Increasing the number of cell pairs was proposed as a solution to address this.

Furthermore, the controllable nature of synthetic solutions needs to fully reflect the complexities and potential impurities encountered in real solutions, which might significantly impact the system's performance. Therefore, this study was conducted to evaluate the performance of the BMED process using real solutions and to test the findings from previous

studies under more realistic conditions. In this context, this study aimed to determine the effect of increasing the number of cell pairs on system performance using a real semi-finished process solution.

2. Materials and Methods

During the experiments, samples were taken from the sampling valves at certain periods, and the H⁺ and OH⁻ contents of the samples were determined by volumetric titration. The conductivity values of the flow lines were monitored and recorded by the online control unit of the system, while volume changes of the salt, acid, and base tanks were followed during the experiments.

The conductivity of the salt and base compartments was measured with a conductivity meter to determine the desalination ratio [9]. It can be calculated as Eq.1,

$$\%D = \frac{g_0 - g_t}{g_0} \times 100 \quad 1$$

where D is the desalination ratio, g_0 and g_t salt conductivity (mS/cm) at the initial time, and sampling time respectively.

Product-based ion flux was calculated using Eq.2,

$$N_{ion} = \frac{n_t - n_0}{n \times A \times t} \quad 2$$

where n_t is the concentration of acid in a given moment (mol/L), n_0 is the initial acid concentration (mol/L), A is the active area of 5 ion exchange membranes used in the cell (64x5 cm²), n is the number of repeated cells in the membrane stack, and t is the processing time (min.).

The salt conversion ratio was calculated on the basis of produced acid by using Eq. 3,

$$\% \text{ Conversion} = \frac{(C_t \times V_t) - (C_0 \times V_0)}{C_T \times V_0} \times 100 \quad 3$$

In Eq.3, C_t is the acid or base concentration at sampling time (mol/L), C_0 is the initial acid or base concentration in the compartment (mol/L), C_T is the concentration of acid and/or base in the case of total salt conversion (mol/L), V_t and V_0 are the acid or base volume (L) at sampling time and at the initial time, respectively.

The energy consumption for produced acid was found by using Eq. 4,

$$EC_{Cell} = \frac{\int_0^t UI dt}{60M(C_t V_t - C_0 V_0)} \quad 4$$

where U is electrical potential difference (V), I is electrical current (A), t is the duration of experiment (min), M is the acid's molar mass (g/mol), C is the concentration of acid and base, V is the volume (L) of acid solution. The subindices of o and t represent the initial and final time, respectively.

3. Results and Discussion

In the experiments, real solutions obtained from the Mersin Soda Factory were used as feed solutions, and experiments were conducted in the BMED system with 5-cell and 10-cell

triplets. The effect of doubling the number of cell pairs on desalination, acid and base concentrations, flux, product purity, and energy consumption was investigated. Other parameters were kept constant during the experiments, including the initial acid and base concentrations (0.05 M), electrolyte concentration (0.05 M), solution volumes in the acid and base tanks (1 + 1.8 L), temperature (25°C), and flow rates (10 L·h⁻¹ for the 5-cell experiment and 40 L·h⁻¹ for the 10-cell experiment). The experiments were terminated when the conductivity of the salt tank solution reached 2 mS·cm⁻¹.

Figure 1 illustrates the variation in solution conductivity with time in 5 and 10 cell pairs in BMED systems. The initial conductivity of the real solution was approximately 300 mS/cm. As illustrated in the figure, with the 10 cell triplets achieved desalination at a significantly faster rate compared to the 5 cell triplets. In the 10-cell configuration, the conductivity decreased to 2 mS/cm within approximately 150 minutes, whereas the 5-cell configuration required 300 minutes to reach the same level. This observation can be explained by the expansion of the ion transfer area and the acceleration of process kinetics resulting from an increased number of cell pairs. Consistent with this, the findings of Culcasi et al. [10] indicated that increasing the number of membranes in a BMED system enhances ion transfer capacity, thereby improving acid and base production efficiency. Similarly, Ghyselbrecht et al. [11] emphasized the critical influence of membrane configuration on system performance, achieving a desalination efficiency of 99%.

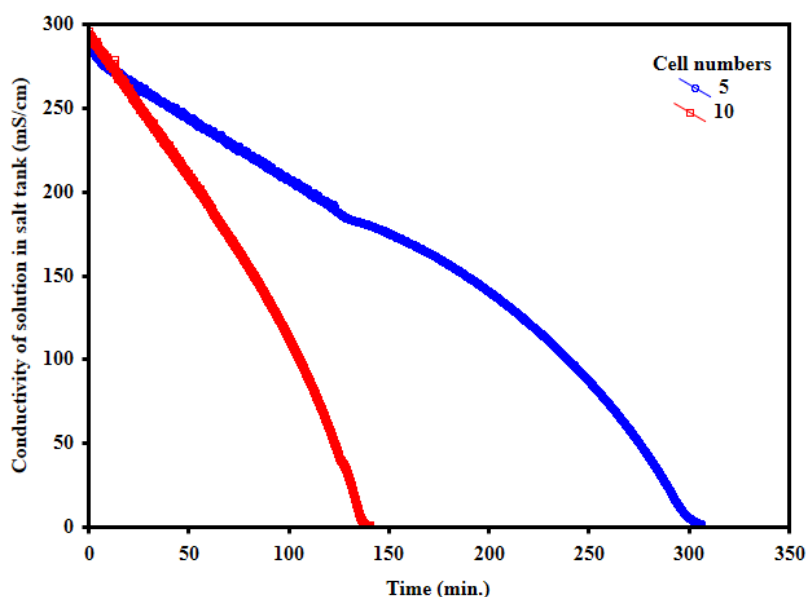


Figure 1. The variation in solution conductivity with time in 5 and 10 cell pairs in BMED systems

Figure 2 comprehensively illustrates the effects of 5 and 10 cell pairs in the BMED system on acid and base production and conversion efficiencies. Figure 2 (a) and (b) demonstrate the increase in acid and base concentrations over time, with the 10-cell system exhibiting a faster concentration rise. For instance, acid and base concentrations in the 10-cell system reached approximately 3.5 M within 100 minutes, while it took nearly 250 minutes to achieve the same level in the 5-cell system. These results indicate that increasing the number of cells expands the ion transfer area, thereby accelerating process kinetics. The findings are consistent with those of Eswaraswamy et al. [12], who reported that an increase in the number of membranes enhances ion transfer rates, leading to improved efficiency in acid and base production.

Figure 2 (c) and (d) illustrate the increase in acid and base conversion rates over time. In the 10 cell pairs, the conversion rates reach maximum values (approximately 90%) in a shorter. In

contrast, with the 5 cell pairs requires a longer time to achieve similar levels and consumes more energy in the process. Similarly, the study conducted by Zhu et al. [13] demonstrated that increasing the number of cell pairs positively impacts energy efficiency and conversion rates. However, the higher ion transfer rate and the increased membrane surface area also accelerate the transfer of impurities from the solution to other tanks. This highlights the need for a more detailed investigation into the effects of impurities on product purity and overall system performance.

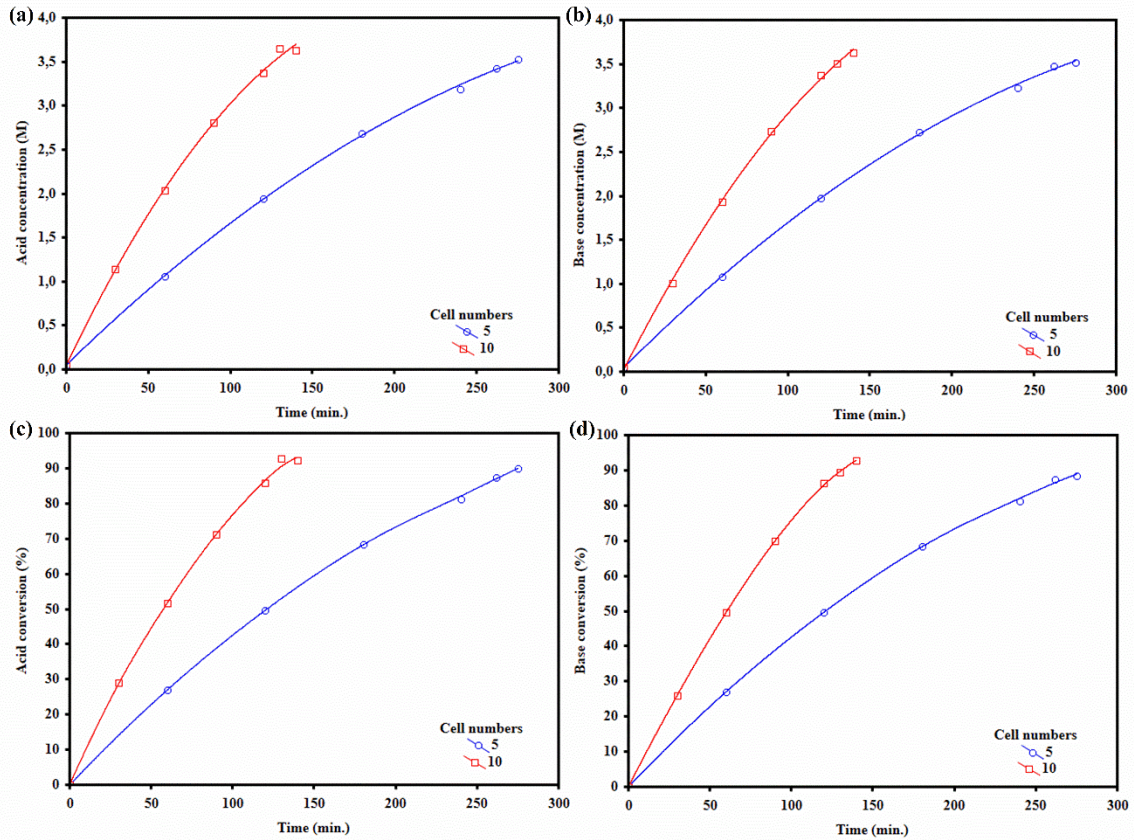


Figure 2. Variation in (a) acid concentration, (b) base concentration, (c) acid conversion, and (d) base conversion with time in 5 and 10 cell pairs in BMED systems

Figure 3 presents the variation in Cl^- ion flux transferred from the salt tank to the acid tank over time in 5 and 10 cell pairs in BMED systems. Initially, the 10-cell system (640 cm^2 membrane area) exhibited a higher flux value ($\sim 38.71 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{h}$) compared to the 5-cell system (320 cm^2 membrane area) with a flux value of $\sim 36.15 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{h}$. However, in the 10-cell system, the flux dropped to $\sim 24 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{h}$ after approximately 140 minutes, whereas the 5-cell system required a longer duration (~ 240 minutes) to reach the same level. This behavior can be attributed to the higher ion transfer capacity in the 10-cell system, which leads to a faster reduction in the salt solution concentration in the feed tank due to the increased membrane area. Furthermore, the increase in the number of cells in the BMED stack also resulted in higher total system resistance. Additionally, the rapid decrease in salt concentration in the feed stream increased the resistance of the feed flow, which subsequently reduced the current efficiency and contributed to the observed rapid decline in flux.

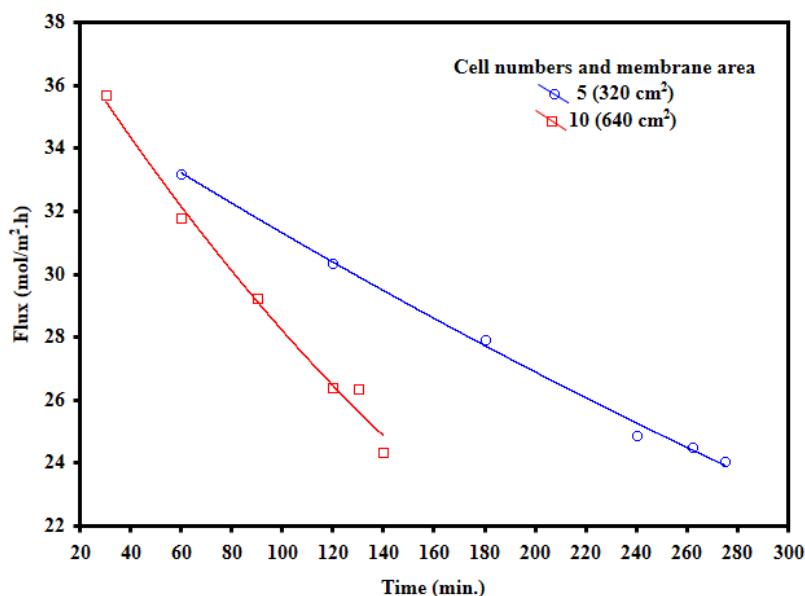


Figure 3. The variation in Cl^- ion flux transferred through the membranes with time in 5 and 10 cell pairs in BMED systems

Table 1 presents the final ion contents of the acid, base, and salt tanks, as well as the desalination rates and energy consumption values in 5 and 10 cell pairs in BMED systems. The HCl concentration in the acid tank increased from 3.53 M in the 5-cell system to 3.63 M in the 10-cell system. Similarly, the base concentration in the base tank increased at comparable rates in both systems. However, with the increase in the number of cells, notable increases in NH_4^+ and Cl^- ion concentrations were observed in the acid and base tanks. The NH_4^+ ion concentration in the acid tank increased from 7488 ppm in the 5-cell experiment to 11570 ppm in the 10-cell experiment. Similarly, the Cl^- ion concentration in the base tank rose from 2348 ppm to 4587 ppm. This indicates that the increased membrane surface area enhanced the NH_4^+ transfer rate, accelerating the migration of impurities into the acid and base tanks.

When examining the ion content of the salt tank, the Na^+ concentration increased from 160 ppm in the 5-cell system to 234 ppm in the 10-cell system. Additionally, the increases in NH_4^+ and Cl^- ion concentrations in both systems indicate that impurity accumulation in the salt tank is directly related to the number of cells.

In terms of desalination rates, the 5-cell system achieved 99.5% desalination, whereas the 10-cell system showed a slightly lower rate of 99.2%. This minor difference can be attributed to the increased transfer rate in the 10-cell system, which led to a higher impurity migration and a slight decrease in desalination efficiency.

From an energy consumption perspective, the 5-cell system consumed 2.30 kWh/kg, while the 10-cell system consumed only 1.88 kWh/kg. This demonstrates that increasing the number of cells has a positive impact on energy efficiency. The findings of Zhu et al. [13] further support that increasing the number of cells reduces energy consumption and enhances overall system performance.

In conclusion, the 10 cell pairs in the BMED system offers higher acid and base production and improved energy efficiency. However, the increase in impurity-forming ions due to the larger surface area and the accumulation of ions in the salt tank are critical factors that must be considered for system optimization.

Table 1. The contents of acid, base, and feed solutions, along with desalination and energy consumption values in 5 and 10 cell pairs in BMED systems

Cell pairs	Acid compartment				Base compartment			Salt compartment				Desalination (%)	Energy consumption*
	HCl (M)	Na ⁺	NH ₄ ⁺ (ppm)	SO ₄ ²⁻	Base (M)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺ (ppm)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		
5	3,53	256	7488	2212	3,52	2348	667	160	80	770	76	99,5	2,30
10	3,63	117	11570	2357	3,63	4587	674	234	558	782	67	99,2	1,88

* kWh/kg consumed salt

4. Conclusion

In this study, the effects of increasing the number of cell pairs in a BMED stack on acid and base concentrations and conversions, desalination, Cl⁻ ion flux, product purity, and energy consumption were investigated while producing acid and base from a real factory solution. The results demonstrated that increasing the number of cell pairs accelerates process kinetics, reduces energy consumption, and enhances acid-base production capacity. Specifically, the 10-cell system achieved acid and base concentrations of 3.63 M in a shorter time (with a desalination rate of 99.2%), while energy consumption decreased to 1.88 kWh/kg. These findings highlight that the 10-cell system offers a more efficient option for industrial applications.

However, the increased ion transfer capacity in the 10-cell system also led to a rise in co-ion migration into the acid and base tanks, resulting in impurities in the final products. The observed increases in NH₄⁺ ions in the acid tank and Cl⁻ ions in the base tank indicate that the expanded surface area facilitates higher co-ion transfer. This issue is a critical consideration for product purity and system stability.

In conclusion, this study has demonstrated the positive impacts of increasing the number of cells in a BMED system on energy efficiency and production capacity. However, the side effects of impurity transfer must be addressed in system optimization. Future research should focus on controlling such impurities and improving membrane performance.

References

- [1] Kasikowski, T., R. Buczkowski M.J.I.J.o.P.E. Cichosz, Utilisation of synthetic soda-ash industry by-products. 112 (2008), 971-984,
- [2] Çalban, T., E.J.E.S. Kavci, Part A: Recovery, Utilization, E. Effects, Removal of calcium from soda liquid waste containing calcium chloride. 32 (2010), 407-418,
- [3] Jadeja, R.A.J.J.o.h.m. Tewari, Effect of soda ash industry effluent on agarophytes, alginophytes and carrageenophyte of west coast of India. 162 (2009), 498-502,
- [4] Steinhauser, G., Cleaner production in the Solvay process: general strategies and recent developments. Journal of Cleaner Production. 16 (2008), 833-841,
- [5] Kasikowski, T., R. Buczkowski, B. Dejewska, K. Peszyńska-Białczyk, E. Lemanowska B.J.J.o.c.p. Igliński, Utilization of distiller waste from ammonia-soda processing. 12 (2004), 759-769,
- [6] Czaplicka, N.D.J.S.A.S. Konopacka-Łyskawa, Studies on the utilization of post-distillation liquid from Solvay process to carbon dioxide capture and storage. 1 (2019), 431,
- [7] Xu, D., W. Ni, Q. Wang, C. Xu K. Li, Ammonia-Soda Residue and Metallurgical Slags from Iron and Steel Industries as Cementitious Materials for Clinker-Free Concretes. Journal of Cleaner Production. (2021), 127262,
- [8] Öner, M.R., A. Kanca, O.N. Ata, S. Yapıcı N.A. Yaylalı, Bipolar Membrane Electrodialysis for Mixed Salt Water Treatment: Evaluation of parameters on process performance. Journal of Environmental Chemical Engineering. (2021), 105750,

- [9] Gutierrez, L.F., L. Bazinet, S. HamoudiK. Belkacemi, Production of lactobionic acid by means of a process comprising the catalytic oxidation of lactose and bipolar membrane electro dialysis. *Separation and Purification Technology*. 109 (2013), 23-32,
- [10] Culcasi, A., L. Gurreri, A. Cipollina, A. TamburiniG. Micale, A comprehensive multi-scale model for bipolar membrane electro dialysis (BMED). *Chemical Engineering Journal*. 437 (2022), 135317,
- [11] Ghyselbrecht, K., A. Silva, B. Van der Bruggen, K. Boussu, B. MeesschaertL. Pinoy, Desalination feasibility study of an industrial NaCl stream by bipolar membrane electro dialysis. *Journal of environmental management*. 140 (2014), 69-75,
- [12] Eswaraswamy, B., P. Mandal, P. Goel, A. ChandraS. Chattopadhyay, Intricacies of caustic production from industrial green liquor using bipolar membrane electro dialysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 10 (2022), 107628,
- [13] Zhu, J., A. Asadi, D. Kang, J.C.-Y. Jung, P.-Y.A. ChuangP.-C. Sui, Bipolar membranes electro dialysis of lithium sulfate solutions from hydrometallurgical recycling of spent lithium-ion batteries. *Separation and Purification Technology*. 354 (2025), 128715,

Sm and Mn co-doped SrCoO₃ Perovskite as an Efficient Electrode Material for Supercapacitors

*^{1,3} Jafar Mostafaei, ² Mohammad Ahangari, ³ Nagihan Delibas, ³ Ali Çoruh, ¹ Elnaz Asghari, ^{2,3} Aligholi Niaei

^{*1} Department of Physical Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Tabriz, Tabriz, Iran

² Department of Chemical & Petroleum Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³ Department of Physics, Faculty of Art & Science, University of Sakarya, Sakarya, Türkiye

Key words: Supercapacitor, Perovskite oxide, Electrode material, Oxygen vacancy.

In this study, perovskite materials SrCoO₃ (SC) and Sr_{0.8}Sm_{0.2}Co_{0.8}Mn_{0.2}O₃ (SSCM) were successfully synthesized as a supercapacitor electrode material by sol-gel combustion method. The simultaneous partial substitution of cations in the A and B sites of SC affects its structural stability and thus regulates its properties. Crystal structure and morphology as well as electrochemical properties of perovskite materials were studied in detail. The partial substitution of Mn cation in B-site affected both the crystal structure and the mixed ionic and electronic conductivity of SC. In addition, the partial substitution of Sm³⁺ instead of Sr²⁺ improved the electron-conducting properties of the perovskite structure. Also, doping of cations increased the content of oxygen vacancies in SSCM, so that the electrode based on this sample showed the highest specific capacitance of 480.5 F.g⁻¹ at a current density of 2 A.g⁻¹. Both samples had Faradaic behavior. The high electrochemical performance of SSCM was due to the improved crystal structure and morphology of this sample. On the other hand, SSCM had a lower intrinsic resistance to ion diffusion, which was significantly related to the specific surface area and structural porosity of this composition. Also, the stability of the symmetric SSCM/SSCM device was evaluated using long charge-discharge cycles. The specific capacitance of this device reached 89% of the initial value, after 6000 cycles, which indicates the excellent capability of the SSCM as electrode material for supercapacitor.