

SÜRDÜRÜLEBİLİR Çevre araştırmaları üzerine 6 ayda bir yayınlanmaktadır.
Published every 6 months on environmental research.



ÇEVRE

JOURNAL OF SUSTAINABLE ENVIRONMENT DERGİSİ
Cilt: 1 Sayı:1 Yıl: 2021 Vol: 1 Issue: 1 Year: 2021



Editör

Prof. Dr. Eyüp DEBİK
debik@yildiz.edu.tr
Yıldız Teknik Üniversitesi

Editör Yardımcıları

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU
koyuncu@itu.edu.tr
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali ATA
aliata@gtu.edu.tr
Gebze Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bekir KAYACAN
bekirkayacan@istanbul.edu.tr
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Bahadır TUNABOYLU
bahadir.tunaboynu@marmara.edu.tr
Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. Haldun KARAN
haldun.karan@tubitak.gov.tr
Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Başkanlığı

Doç. Dr. Süleyman KAYA
suleymankaya@ibu.edu.tr
Bolu Abant Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali UĞUR
mehmetali.ugur@yaloyna.edu.tr
Yalova Üniversitesi

Sekreter

İsmail KARA
ismail.kara@cevrevakfi.org.tr
Çevre Vakfı

Sürdürülebilir Çevre Dergisi
Dergi Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cevder>



İçindekiler

Betonun Yaşam Döngüsü Sürecinde Çevresel Etkilerini Azaltan Yaklaşımlar 1-6 <i>Strategies to Reduce Environmental Impacts in Concrete's Life Cycle Process</i>	
Sürdürülebilir Çevre Yönetiminde Biyoçar <i>Biochar for Sustainable Management of Environment</i>	7-17
Membran Teknolojileri ile Alternatif Su Temini: Desalinasyon ve Atıksu Geri Kazanımı <i>Alternative Water Supply with Membrane Technologies: Desalination and Wastewater Recover</i>	18-30
Geçmişten Geleceğe “Çevre Tarihi” <i>“Environmental History” from Past to Future</i>	31-36
Çevre Sorunları Bağlamında Kur'an'da İsrâf Anlayışı ve Vicdani Boşluğun Telâfisi Meselesi <i>Waste Approach in the Quran in the Context of Environmental Problems and Compensation for Conscientious Void</i>	37-48

Betonun Yaşam Döngüsü Sürecinde Çevresel Etkilerini Azaltan Yaklaşımlar

Tülay Tıkansak KARADAYI

tesin@gtu.edu.tr

Nilay COŞGUN*

nilaycosgun@gtu.edu.tr

Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, 41400 Gebze / Kocaeli

Özet

Yapıların çevresel etkilerini azaltan stratejilerin en önemlisi yapı malzemesiyle ilgili olanlardır. Çünkü yapıda bir çok görevi üstlenen yapı malzemeleri, kendi ekolojik özellikleriyle de onu çok yönlü etkilemektedir. Bunun için tasarımın başında, yapı malzemesi seçimi ile ilgili çevresel özellikleri de gözeten doğru kararların alınması önemli olmaktadır. Beton günümüzde küresel ve bölgesel olarak en çok kullanılan yapı malzemesidir. Dolayısıyla sahip olduğu özelliklerini kullandıkları yapıların büyük çoğunluğuna yansıtarak toplam çevresel etki seviyesini de belirlemektedir. Bu nedenle özellikle yaygın kullanılan bir yapı malzemesi olması, betonun ekolojik özelliklerinin artırılmasını daha da önemli hale getirmektedir. Bu çalışmada betonun, yaşam döngüsü aşamaları ekolojik yapı malzemesi kriterleri açısından değerlendirilerek çevresel bir analizi yapılmaktadır. Çalışmanın amacı, bu aşamalarda görülen olumsuzlukları önleyecek/azaltacak çözümleri irdelemektir. Elde edilen sonuçların betonun kullanıldığı yapıların daha çevresel/ekolojik/sürdürülebilir özelliklere sahip olmasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Beton, yaşam döngüsü, çevresel etki

Approaches on Reducing the Environmental Impacts of Concrete Life Cycle Process

Tülay Tıkansak KARADAYI

tesin@gtu.edu.tr

Nilay COŞGUN*

nilaycosgun@gtu.edu.tr

Gebze Technical University, Faculty of Architecture, 41400 Gebze / Kocaeli

Abstract

The most important of the strategies that reduce the environmental impact of buildings are those related to building materials. Because the building materials, which undertake many tasks in the building, affect them in a versatile way with their ecological characteristics. For that reason, it is important to make the right decisions at the beginning of the design, considering the environmental properties of the building material selection. Concrete is the most widely used building material globally and regionally today. Therefore, it also determines the total environmental impact level by reflecting its properties to the majority of the buildings in which they are used. For this reason, the fact that it is a widely used building material makes it even more important to increase the ecological properties of concrete. In this study, an environmental analysis of concrete is made by evaluating the life cycle stages in terms of ecological building material criteria. The aim of the study is to examine the solutions that will prevent/reduce the negativities seen in these stages. It is thought that the results obtained can contribute to the buildings where concrete is used to have more environmental/ecological/sustainable features.

Keywords: Concrete, life cycle, environmental impact

1. Giriş

Günümüzde yaşanan çevre sorunlarının oluşumunda yapılaşma faaliyetlerinin de önemli bir payı vardır. Ancak, yapıların çevresel etkilerinin azaltılmasıyla bu payın azaltılması mümkün olmaktadır. Bunun için çevresel etkiyi azaltacak stratejilerin bilinmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu stratejilerin belki de en önemlisi yapı malzemesiyle ilgili olanlardır. Çünkü yapıda bir çok görevi üstlenen yapı malzemeleri, kendi ekolojik özellikleriyle de onu çok yönlü etkilemektedir. Bunun için tasarım sürecinin başında, yapı malzemesi seçimi ile ilgili çevresel özellikleri de gözeten doğru kararların alınması önemli olmaktadır.

Beton günümüzde küresel ve bölgesel olarak en çok kullanılan yapı malzemesidir. Dolayısıyla sahip olduğu özelliklerini, yapıların büyük çoğunluğuna yansıtarak toplam çevresel etki seviyesini de belirlemektedir. 2013 verilerine göre dünyada ve Avrupa Hazır Beton Birliği'ne (ERMCO) üye ülkelerde hazır beton üretimi miktarı 722,40 milyon m³ olarak açıklanmıştır [URL-1]. Bu nedenle özellikle yaygın kullanılan bir yapı malzemesi olması, betonun ekolojik özelliklerinin artırılmasını daha da önemli hale getirmektedir. Yapı malzemelerinin çevresel özelliklerini iyileştirmek için öncelikle yaşam döngüleri sürecinde çevre üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi (Life Cycle Assessment), daha sonra da elde edilen sonuçlara göre olumsuzları giderecek/azaltacak çözümlerin üretilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; betonun, hammaddesinin doğadan elde edilmesinden başlayıp geri kazanım aşamasına kadar süren yaşam döngüsü aşamaları, doğal kaynak korunumu, enerji ve su etkinliği, atık üretimi-kirlilikler, çevre ve insan sağlığının korunması gibi *ekolojik yapı malzemesi kriterleri* açısından değerlendirilerek çevresel bir analizi yapılmaktadır. Çalışmanın amacı, bu aşamalarda olumsuzlukları önleyecek/azaltacak çözümlerin üretilmesidir. Elde edilen sonuçların, yaygın olarak kullanılan betonun, dolayısıyla bu malzemenin kullanıldığı yapıların daha çevresel/ekolojik/sürdürülebilir özelliklere sahip olmasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

2. Ekolojik Yapı Malzeme Kriterleri

Çevresel etkisi az ekolojik yapı malzemelerinin özellikleri aşağıda özet halinde sunulmaktadır. Bu özellikler, çalışmada betonun çevresel açıdan değerlendirilmesinde kriter olarak kullanılacaktır (Tablo 1).

Doğal kaynakların korunması

Yapı malzemeleri, üretimlerinde dönüştürülmüş maddeler kullanılmasıyla, yeniden kullanılabilir, dönüştürülebilir ve dayanıklı olmalarıyla, doğal kaynak tüketimini azaltılmasını ve kaynak korunmasını sağlamaktadırlar. Bu şekilde aynı zamanda enerji korunumu ve zararlı atık azaltılması da gerçekleşmektedir.

- Malzemenin dönüştürülmüş içerikli olması: Üretiminde dönüştürülmüş içerik kullanılması ekolojik yapı malzemelerinin önemli özelliklerindedir [Wilson, 2002]. Ancak, dönüştürülmüş içerik miktarıyla ilgili kesin bir oran belirlenmemişse de, bu miktarın arttığı oranda yapı malzemesinin ekolojik olarak değerlendirileceği açıktır. Bu şekilde, çeşitli atıklar yeni bir doğal kaynak olarak kabul edilip değerlendirildiği için kaynak korunumu sağlanmakta ve atıkların neden olduğu kirlilikler azalmaktadır.

- Malzemenin kolay dönüşebilir olması: Bir yapı malzemesi veya elemanın kullanım ömrü sona erdiğinde, bazı işlemlerden sonra tekrar yeni bir malzeme üretiminde hammadde olarak kullanılması, önemli çevresel ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Bu şekilde, yeni kaynak kullanımı önlenmiş gibi atık halinin ortadan kalkmasıyla kirlilikler de azalmıştır. Ancak bu tür yapı malzemelerinin yenilerine göre daha az dayanıklı ve az ömürlü olabileceği de göz önüne alınmalıdır. Dönüştürülmeleri sonucunda sağlanan enerji korunum oranı, yapı malzemesi türüne göre değişik değerlerde olabilir. Örneğin, en büyük orana enerji kullanımının % 80 azaldığı dönüştürülmüş alüminyum sahiptir. Dönüştürülmüş çelik %40, dönüştürülmüş ahşap ise %7 enerji tasarrufu sağlamaktadır [Gao vd., 2001].

- **Malzemenin yeniden kullanılabilir olması:** Bir yapıda yeni bir malzeme yerine, daha önce kullanılmış, fakat özelliklerinden fazla bir şey kaybetmemiş malzemenin kullanılmasıyla önemli ölçüde doğal kaynak ve enerji tasarrufu sağlanmış olmaktadır. Dolayısıyla bir yapı malzemesi veya elemanının yapılarda fazla bir işlem görmeden yeniden kullanılması ona önemli bir ekolojik özellik sağlamaktadır.

- **Malzemenin dayanıklı olması/az bakım onarım gerektirmesi:** Bu tür malzemeler çevresel açıdan olumlu olarak kabul edilirler. Çünkü daha az bakım ve yenilenme dolayısıyla daha az kaynak tüketimi demektir.

- **Malzemenin hızlı yenilenebilir kaynaktan elde edilmesi:** Bir malzemenin üretiminde hammadde olarak hızlı yenilenebilir kaynakların kullanılması, onun ekolojik olarak nitelendirmesinde göz önüne alınmaktadır. Sınırlı ve yenilenemeyen kaynakların yerine bu tür kaynakların kullanılması kaynak tüketimi sorunu için etkili bir çözüm olmaktadır.

- **Suyu etkin kullanması:** Bazı malzemele-
rinin üretimi sırasında önemli miktarda su tüketilmekte ve/veya su kaynakları kirletilmektedir. Yapı malzemelerinin üretiminde önemli bir doğal kaynak olan suyun da verimli kullanılması önemlidir.

Enerjinin korunması

Yapı malzemelerinin üretiminden kullanımına kadar enerjinin her aşamada etkin kullanılması veya kullanım sırasındaki işleviyle bunun sağlanması, malzemenin ekolojik olarak değerlendirilmesinde önemli bir kriter olmaktadır. Bu

durum aynı zamanda malzemenin kullanıldığı yapının enerji etkinliğini de önemli ölçüde belirlemekte, bunun için de öncelikle yapı malzemesinin kendi üretim sürecinin enerji etkin olması gerekmektedir [Tiwari, 2001].

Bir yapı malzemesinin üretimi aşamasında çok fazla enerji tüketiliyorsa ekolojik yönden olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak doğal ve basit işlemlerle üretilen yapı malzeme ve elemanları az enerji tüketmektedirler. Bu durumun çevreye daha az zararlı madde yayması başta olmak üzere birçok çevresel ve ekonomik yararı olmaktadır. Bir malzemenin hammaddesinin üretim alanına, yapı malzemesi olarak üretildikten sonra da yapı alanına taşınması için kullanılan enerji miktarı da onun enerji etkinliğini belirlemektedir. Bu nedenle, yapı malzemesi diğer ekolojik kriterlere uygun olsa bile, çok uzak mesafelerden taşınması malzemenin enerji etkinliğini olumsuz etkilemektedir.

Çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi

Yapı malzemeleri yaşam döngüsü aşamalarının herhangi bir bölümünde (üretim, kullanım, yok ediliş vs.) buldukları ortama yaydıkları zararlı emisyonlar ve katı atıklar nedeniyle kirliliklere neden olmaktadır. Bu, insan sağlığı ve çevre sağlığı için istenmeyen bir durumdur. Bir çok yapı malzemesi, bazı yönlerden ekolojik sayılsalar bile bu özellikleri nedeniyle de olumsuz bir durum yaratırlar. Örneğin birçok çevresel yarar sağlayan bazı malzemelerin aynı zamanda ozon tabakasını tüketen HCFCs (Hidrokloroflorokarbonları) ve insan sağlığı için zararlı VOCs (Uçucu Organik Bileşikleri) yaydıkları bilinmektedir.

Tablo 1. Ekolojik yapı malzemeleri özellikleri

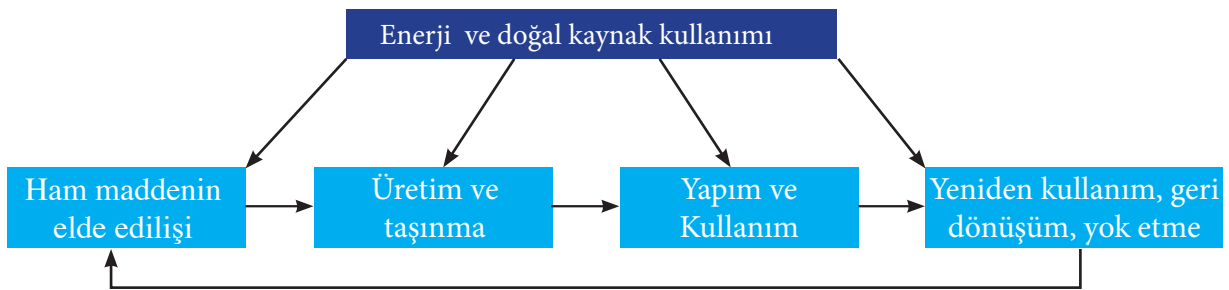
Doğal kaynakları korunması	Dönüştürülmüş içerikli olması Kolay dönüştürülebilir olması Yeniden kullanılabilir olması Dayanıklı olması Hızlı yenilenebilir kaynaktan elde edilmesi Suyu verimli kullanması
Enerjinin korunması	Enerjinin etkin kullanılması Doğal ve basit işlemlerle üretilmesi Yerel malzeme olması
Çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi	Atıklara/Kirliliklere neden olmaması

3. Betonun Yaşam Döngüsü Çevresel Etki Analizi

Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi (YDD), bir ürünün hammaddesinin elde edilmesinden başlayıp üretimi, nakliyesi, kullanımı, atık haline gelmesi veya geri kazanılmasını kapsayan bütün aşamalarda çevresel değerler üzerinde oluşan etkilerin analiz edilmesidir. Yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca çevre üzerinde oluşturdukları etkileri analiz etmek ve değerlendirmede yapı malzeme hammaddesinin elde edilişi, yapı malzeme üretim süreci, ambalajla-

ma, taşınma, kullanım sırasında bakım-onarım, atık yok edilmesi ve geri dönüşümü kapsayan her aşama için yapılmalıdır.

Yapı malzeme ve elemanlarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yaşam döngüleri boyunca doğal kaynak kullanımı, enerji kullanımı, atık ve zararlı kimyasallar üretmesi gibi nedenlerle olmaktadır (Şekil 1). Betonun yaşam döngüsü çevresel etkisi önceki bölümde verilen ekolojik yapı malzemesi kriterleri açısından değerlendirilerek aşağıda sunulmaktadır;



Şekil 1. Yapı malzemesi yaşam döngüsünde enerji ve doğal kaynak kullanımı

- Hammaddenin doğadan elde edilmesi Worldwatch Enstitüsü verilerine göre yapılaşma faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan taş, çakıl ve kumun % 40'ını tüketmektedir [Roodman ve Lenssen, 1995]. Beton bileşimini yaklaşık %34 oranında ince agrega, %48 oranında iri agrega, %12 oranında çimento ve %6-12 oranında su oluşturmaktadır. Bunların doğadaki kaynaklarından çıkarılışları sırasında, kullanılan yöntemle bağlı olarak, bitki ve hayvan yaşam alanlarının yok olması, topoğrafik değişiklik, erozyon, toz emisyonları, gürültü, görüntü kirliliği, su tüketimi ve kirliliği gibi olumsuzluklar meydana gelmektedir [Willis, 1998]. Taş ocaklarında uygun olmayan yöntemlerle yapılan üretimlerde 20 m'den 200 m'ye kadar varabilen yükseklikte aynalar oluştuğu ve doğal yapının bozulması yanında iş güvenliği açısından da sakıncalı durumlar ortaya çıktığı bilinmektedir. Agreganın kayalardan elde edilmesi durumunda ise, kırma işlemi için enerji tüketilmektedir. Ayrıca, bazı kayaların radon gazı içerme tehlikesi olduğundan, bu tür agregaların kullanıldığı betonun insan sağlığına etkileri ile ilgili endişeler bulunmaktadır. Agregası ve kum

akarsu yataklarından elde edilirlerken akarsu tabanında sınırlar değişmekte ve yine yaşam alanları olumsuz etkilenmektedir. Hammaddelerin elde edilmesi sırasında kullanılan ekipmanların tükettikleri enerji ile de olumsuz çevresel etki oluşmaktadır.

- Betonun üretim aşaması Betonun üretim aşamasındaki çevresel kaygılar ise üretim yöntemine göre değişmektedir. Dünyada ve ülkemizde gittikçe yaygınlaşan hazır beton üretimi, birçok yönden geleneksel yöntemle üretilen betona göre üstünlükleri olmakla birlikte, gerekli önlemler alınmadığında çevresel açıdan olumsuz durumlar yaratabilmektedir. Hazır beton üretim aşamalarında en büyük çevresel kaygı su tüketimi ve su kirliliğidir. Transmikserlerin ve tesis alanının yıkanması ile oluşan atık suların denetimi kirliliğin azaltılması açısından önemlidir. Yıkama alanlarında her gün bir aracın yıkanması için yaklaşık 2.273 lt su tüketilmekte ve yıkama suyunun alkanite seviyesi pH12 den daha yüksek olabilmektedir [URL-2]. Toz emisyonları, katı atık oluşumu ve enerji gereksinimi de hazır beton üretiminde çevresel sorun

olarak görülmektedir. Günümüzde insan kaynaklı CO₂ salınımının %5'inin betonun önemli bileşenlerinden çimento üretiminden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu durum betonun üretim sürecindeki karbon ayak izinin de artmasına neden olmaktadır. 2014 yılı itibariyle dünyada yıllık çimento üretiminin 4,3 milyar ton olduğu [Köleli, 2015] düşünüldüğünde bu etkinin önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılmış bir çalışmaya göre, beton üretimi için tüketilen toplam enerjinin %94'ünün çimento üretiminden kaynaklandığı, bunu %5.9'luk oranla kırma taş üretiminin takip ettiği ifade edilmektedir [URL-2].

•**Yapım aşaması** Hazır betonun üretim aşamasından sonra şantiyeye getirilerek dökümünün gerçekleşmesi aşamasını içerir. Geleneksel beton üretimine kıyasla daha güvenli bir yapım süreci izlenir. Kalıpların hazırlanarak donatıların yerleştirilmesiyle döküm işlemine başlanır. Pompa kullanımı inşaatın yapım hızını da yükselttiğinden ek kazanç getirmektedir. Yapım süresince yoğun bir enerji tüketimi olmamaktadır. Transmikserden pompalar vasıtasıyla kalıplara dökülerek imal edilmekte ve kalıpların çakılmasında insan gücünden yararlanılmaktadır. Su etkinliği açısından kalıplara dökülen betonun karışım suyunu belirli bir süre betonun bünyesinde tutabilmek için genelde iki yöntem uygulanmaktadır. Birincisi betonu sık sık ve devamlı sulama, ıslak çuvallarla örtme, buhar verme, kum, nemli toprak veya saman sererek sürekli ıslatmak gibi önlemlerdir. İkincisi ise mastarı biter bitmez beton yüzeyini piyasadan hazır olarak temin edilebilecek sıvı kür maddeleri ile kaplamaktır. Bu maddeler, püskürtme yoluyla veya fırça ile beton yüzeyine uygulanırlar ve yüzeyde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak beton karışım suyunun kaybolmasına engel olurlar. Yapım sonrasında uygulanan sulama işlemi su sarfiyatını artırmaktadır. Geleneksel sisteme kıyasla hazır beton üretimi çevreye daha az atık bırakmaktadır. Transmikserlerle yapılan döküm sırasında inşaat alanında oluşan artıklar geleneksel yöntem uygulamasına kıyasla çok daha az olmaktadır. Hazır betonun şantiyeye ulaştırılması süresinde araçlara takılan ekolojik kapak

sayesinde etrafa beton sıçraması engellenmiştir. Betonun prizini aldıktan sonra sökülen kalıpların temizlenerek yeniden kullanımına olanak verdiği için atık oluşturmamaktadır.

•**Kullanım / bakım - onarım aşaması** Betonun dayanıklı bir malzeme olması, dolayısıyla kullanımın süresinin de uzun olması çevresel etkiyi azaltmaktadır. Betonun dayanıklılığından dolayı kullanım ömrünün uzun olması nedeniyle fazla bakım - onarım gerektirmektedir. Bu durum, beton malzemeyi kaynak etkin hale getirmektedir. Betonun inşaat sektöründe kullanımının yoğunluğu göz önüne alındığında bakım ve onarımına ihtiyaç olması ve dayanıklılığı önemli ekolojik özellik sağlamaktadır.

•**Yıkım ve geri kazanım aşaması** Betonun kullanıldığı yapıların yıkımı esnasında etrafa saçılan toz emisyonları çevre kirliliği oluşturmaktadır. Prizini tamamlamış betonun yeniden kullanımı mümkün olmadığı için geri dönüştürülerek çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Ancak geri dönüştürülme işlemi için de enerji kullanımı gerekmekte ve buna bağlı olarak çevresel etki oluşmaktadır.

4. Sonuç: Betonun Çevresel Etkisini Azaltan Yaklaşımlar

Betonun dayanıklı bir malzeme olması, kullanım sürecinde fazla bakım onarım gerektirmemesi, ona ekolojik bir özellik kazandırmaktadır. Ancak yaşam döngüsünün bütün aşamalarında değişik seviyelerde doğal kaynak ve enerji tüketmesi, emisyon ve katı atık üretmesi çevresel bir etki oluşturmaktadır. Çevre ve insan sağlığı için önemli olan bu olumsuz etkinin yok edilmesi/azaltılması alınacak bazı önlemlerle mümkün olmaktadır. Bunun için öncelikle yaşam döngüsünün tüm aşamalarında ortaya çıkan olumsuzluklar ve bunların nedenleri iyi bilinmelidir. Önceki bölümde açıklanan beton yaşam döngüsü sürecinde ortaya çıkan olumsuzluklar için alınabilecek önlemler şöyle sıralanabilir;

• Beton hammaddelerinin doğadan elde edilimleri sırasında yaşam alanlarının zarar görmesini ve biyolojik çeşitliliğinin azalmasını önlemek için daha az zarar verici yön-

temler geliştirilmelidir. Ancak daha etkili bir yöntem ise doğadan alınacak yeni hammadde edinimini azaltarak, üretimde geri kazanılmış içerik kullanılmalıdır. Bu şekilde yaşam alanları korunurken aynı zamanda kaynak korunumu ve kirliliklerin azaltılması gibi önemli çevresel yararlar da sağlanmış olacaktır.

- Beton bileşenlerinin ve betonun üretim süreci yoğun enerji ve doğal kaynak tüketimi, emisyon ve katı atık oluşması nedenleriyle çevresel etkinin en çok olduğu aşamadır. Bu nedenle betonun toplam çevresel etkisinin azaltılmasında bu süreçte alınacak önlemler daha önemli olmaktadır. Beton bileşenlerinden çimentonun enerji yoğun bir üretim sürecine sahip olması betonun üretim sürecini de dolaylı olarak enerji yoğun hale getirmektedir. Bu nedenle, enerji yoğun çimento miktarının azaltılarak yerine uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, pirinç kabuğu külü gibi sanayi atıklarının kullanılması etkili bir çevresel yaklaşım olmaktadır. Bu şekilde betonun toplam enerji tüketimi azalarak CO₂ emisyon değeri düşmektedir. Üretim aşamasında atık suların dönüştürülerek yeniden kullanılması, yaş beton atıkların başka üretimler için yeniden kullanılması da bu aşamada oluşan çevresel etkiyi azaltmaktadır.

- Betonun dayanıklı ve uzun ömürlü bir malzeme olması ve fazla bakım onarım gerektirmemesi gibi nedenlerle çevresel etkisinin en az olduğu aşama kullanım aşamasıdır. Çünkü betonun uzun süre kullanılması, yeni kaynak tüketimini dolayısıyla da atık üretimini geciktireceği için çok yönlü çevresel yarar-

lar sağlamaktadır. Ancak, bu aşamada beton özelliklerinin iyileştirilerek daha çevresel hale getirilmesi mümkün olmaktadır. Örneğin yapısında titanyum dioksit (TiO₂) bulunan çimentoyla üretilen beton malzeme fotokatalitik etki göstererek kendisine tutulan kirletici maddeleri ışık etkisi altında parçalamaktadır. Bu şekilde beton yüzeylerinin temizlenme gereksinimleri ortadan kalkarak çevresel etki azalmaktadır. Yoğun taşıt trafiğinin olduğu alanlarda bariyerle bu tür betonlar kullanılmasıyla kirlilikler azaltılabilir.

- Yıkım ve geri kazanım aşamalarındaki çevresel etkiyi azaltmak için daha etkin ve yeni yıkım teknolojilerinin araştırılarak kullanılması gerekmektedir. Yıkım sonrası ortaya çıkan ve büyük kirlilikler oluşturan beton atıklarının ise akılcı atık yönetimiyle değerlendirilmesi, yeni bir hammadde şeklinde yeniden kullanılması bu süreçteki çevresel etkiyi azaltmaktadır.

Beton dünyada ve ülkemizde kullanılan en yaygın bir yapı malzemesidir. Bu nedenle betonun yaşam döngüsü boyunca oluşan toplam çevresel etkinin azaltılmasında en etkili yöntem kullanım miktarının azaltılmasıdır. Üretim miktarının azalmasıyla oluşan çevresel etki de doğal olarak azalacaktır. Kullanıldığı yapının güvenliğinden ödün vermeden miktarının azaltılması için daha yüksek basınç dayanımına sahip, taşıyıcı gücü daha fazla beton üretilmesi gerekmektedir. Bu şekilde yapının taşıyıcı elemanları daha küçük kesitlerde tasarlanabilmekte ve gereksinim duyulan beton miktarı azalabilmektedir.

Kaynaklar

- Gao W., Ariyama T., Ojima T., Meier A., (2001). Energy Impacts of Recycling Disassembly Material in Residential Buildings, *Energy and Building*, 33 (6), 553–562.
- Köleli Y., (2015). Çimento sektörü raporu 2015, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı.
- Roodman DM., Lenssen N., (1995). Worldwatch Paper 124: A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction, *Worldwatch Institute*, March. <http://www.worldwatch.org/bookstore/publication/worldwatch-paper-124-building-revolution-how-ecology-and-health-concerns-are-t> (Erişim tarihi: 23.05.2017).
- Tiwari P., (2001). Energy Efficiency Building Construction in India. *Building and Environment*, 36 (10), 1127–1135.
- URL-1, THBB, 2013-2014 yılı hazır beton sektörü istatistikleri, <http://www.thbb.org/media/74449/2013-2014-hazir-beton-sektoru-verileri22062015.pdf> (Erişim tarihi: 23.05.2017).
- URL-2, BuildingGreen, Cement and Concrete: Environmental Considerations, *EBN*, 2 (2), 1993, www.buildinggreen.com (Erişim tarihi: 23.05.2017).
- Willis AM., (1998). Concrete and not so Concrete Impacts, *Information Ecology EcoDesign Foundation*, <http://www.changedesign.org/Resources/EDFPublications/Articles/Papers/Concrete.pdf> (Erişim tarihi: 23.05.2017).
- Wilson A., (2002). Building Materials: What Makes a Product Green? *Environmental Building News, Special reprint*, 9 (1), <https://www.buildinggreen.com/print/7986> (Erişim tarihi: 23.05.2017).

Sürdürülebilir Çevre Yönetiminde Biyoçar

Elif Günal^{1*}
elifgunal@yahoo.com

Halil Erdem²
halil.erdem@gop.edu.tr

^{1,2}Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

Özet

Bitkisel ve hayvansal kökenli biyokütlelerin yüksek sıcaklıkta oksijenin olmadığı veya kısıtlı olduğu bir ortamda değişime uğratılmasıyla üretilen karbonca zengin, ayrışmaya dayanıklı ve gözenekli yapıya sahip olan biyoçar, çeşitli disiplinlerden bilim insanlarının ilgisini çekmektedir. Hammaddenin doğasına ve üretim koşullarına bağlı olarak özellikleri birbirlerinden farklı çok çeşitli biyoçar üretmek mümkündür. Her ne kadar yüksek sıcaklıkta oksijensiz ortamda piroliz edilen materyallerin tamamına genel olarak biyoçar adı verilse de tüm biyoçarların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini içine alacak bir tanımlama yapmak mümkün değildir. Biyoçarın tarım arazilerinde kullanımının sera gazlarının atmosfere geçişini azaltması ve atmosferdeki karbonun toprakta zenginleştirilmesini sağlaması nedeni ile küresel ısınmanın azaltılmasına önemli katkı yapacağına inanılmaktadır. Ayrıca, yüksek yüzey alanı ve gözenekliliği, yüzeyindeki fonksiyonel grupları ve yüzey yükü nedeni ile biyoçar, toprak ve su içerisindeki organik ve inorganik kirleticilerin uzaklaştırılmasında da etkili bir katkı maddesidir. Bu nedenle, son yıllarda bitkisel ve hayvansal atıkların biyoçara dönüştürülmesi ve çevre amaçlı kullanımını konu eden çok sayıda sera ve arazi çalışmaları yapılmakta ve sonuçları yayınlanmaktadır. Ancak, biyoçar üretilen ham maddenin çeşidi ve bileşimi, piroliz sıcaklığı, parçacık büyüklüğü ve uygulanan toprak ile araştırmanın yürütüldüğü ortamın iklimi gibi birçok özelliğe bağlı olarak biyoçar uygulamaları konusunda birbirleri ile çelişen raporlar görmek mümkündür. Genel olarak piroliz sıcaklığı yükseldikçe biyoçarın gözenekliliği, yüzey alanı ve yüzey yükü arttığından düşük sıcaklıkta üretilen biyoçarlara kıyasla kirleticileri uzaklaştırmada daha etkili olduğu rapor edilmektedir. Bu çalışmada, biyoçarın tanımları, faydalanılan alanlar ve yakın zamanda yayınlanmış özellikle biyoçar uygulamalarının sera gazı emisyonları ve besin elementi yıkanmasına etkileri gibi çevre amaçlı uygulamaları konu eden araştırma sonuçları derlenmiş ve bulguları tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyoçar, karbon zenginleşmesi, piroliz, sera gazları, yıkanma

Biochar for Sustainable Management of Environment

Elif Günal^{1*}
elifgunal@yahoo.com

Halil Erdem²
halil.erdem@gop.edu.tr

Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tokat, Turkey

Abstract

Biochar, produced from thermochemical conversion of biomass in an oxygen free or limited environment continues to attract the interests of scientists from various disciplines, due to high carbon content, resistance to degradation and porous structure. Depending on type and nature of feedstock and pyrolysis conditions, a wide variety of biochars with different characteristics can be produced. Although all biomasses pyrolyzed at high temperatures are generally referred to as biochar, it is not possible to provide a general definition covering the physical, chemical and biological properties of all biochars. Biochar application in agricultural fields is considered to reduce global warming through the reduction of greenhouse gas emissions to atmosphere and sequestering atmospheric carbon into soil.

Biochar is also an efficient additive to remove organic and inorganic pollutants in soil and water due to high surface area and porosity, surface functional groups and surface charge. Therefore, numerous greenhouse and field studies using biochars produced from plant and feedstock wastes have been recently carried out to investigate the impacts of biochars on environment. However, due to the differences in type and composition of biochars, pyrolysis temperature, particle size, characteristics of soils applied and climate of experimental sites, contradicting reports have been published. Porosity, surface area and surface charge of biochars produced at high pyrolysis temperature are greater compared to biochars produced at low temperature. Therefore, high temperature biochars are reported to be more efficient in removing the pollutants. In this review, definitions of biochar, utilization purposes and results of recent studies conducted to investigate the effects of biochar application on greenhouse gases emissions and nutrient leaching have been compiled and discussed.

Keywords: Biochar, carbon sequestration, greenhouse gases, leaching, pyrolysis

1. Giriş

Birim alandan daha fazla ürün alma gereksinimi ile her geçen gün artan baskı, tarım arazilerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Tarımsal üretimin temel unsuru olan toprakların sürdürülebilir bir şekilde fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri, temel toprak özelliklerinin genetik kapasitelerinin korunması ve hatta iyileştirilmesi ile ancak mümkün olabilir. Toprakların fonksiyonlarını yerine getirebilmelerinde en temel bileşen, toprağın organik maddesidir. Özellikle Türkiye gibi kurak ve yarı kurak iklime sahip olan ülkelerde, aşırı toprak işleme ve anız yakımı uygulamaları ile organik madde bakımından fakirleşen toprakların, kendilerinden beklenen performansı yerine getirebilmeleri mümkün olamamaktadır. Uzmanlar çok uzun yıllardır, çeşitli yöntemleri deneyerek, farklı katkı maddeleri uygulayarak ve rotasyona çok fazla bitki atığı bırakacak alternatif ürünleri ekim desenine sokarak toprakların organik madde kapsamalarını arttırmaya çalışmaktadır. Ancak, ilave edilen miktar çok zaman ayrılarak kaybolan miktardan daha düşük kaldığından organik madde seviyesinde beklenen artış gerçekleşmemektedir. Organik madde, oldukça gözenekli olan yapısı, yüksek yük yoğunluğu ve zengin besin rezervleri nedeni ile bitki gelişimini desteklemesinin yanında topraktaki biyo-çeşitliliğin de en önemli unsurudur. Bunlara ilaveten, günümüzde tarımsal üretim ve ormancılık faaliyetleri ile atmosfere salınan sera gazı salınımının %25'lere ulaşması, toprakta karbonun organik madde şeklinde depolanmasının zorunluluğunu da ortaya koymaktadır. Bu nedenle de toprakta organik maddenin korunması ve miktarının artırılması

araştırmacıların öncelikli hedefleri olmuştur. Son yıllarda, Amazonlarda eski çağlardan kalan ve adına Terra Preta denilen fosil toprakların bulunması ile biyoçar (biyokömür) kavramı ortaya çıkmıştır. Her türlü bitkisel ve hayvansal atığın yüksek sıcaklıkta pirolizi ile elde edilen, biyokömür yüksek karbon içeriği nedeni ile mikrobiyal ayrışmaya oldukça dayanıklıdır. Ayrışmaya karşı dirençli olması hem tarım bilimcilerinin hem de çevre bilimcilerinin ilgisinin odaklanmasına yol açmıştır. Yüksek yüzey alanı, kation değişim kapasitesi, su tutma yeteneği gibi özellikler biyoçarın iyi bir katkı maddesi olabileceğini düşündürmüştü ve son 10 yıl içerisinde çok sayıda araştırma yapılmış ve yayınlanmıştır.

Biyoçar terimi; toprak amenajmanı ve karbon (C) zenginleşmesi konuları ile ilişkili olarak ortaya çıkan nispeten yeni bir terimdir (Lehman vd., 2006). Odun, sap-saman, yapraklar ve hayvan gübresi gibi çeşitli biyokütlenin çok az oksijenin bulunduğu veya oksijenin hiç olmadığı kapalı bir ortamda ısıtılması ile elde edilen karbon bakımından zengin olan materyallere biyoçar adı verilmektedir. Daha teknik anlamda, kısıtlı miktarda oksijenin olduğu ve göreceli olarak düşük sıcaklıklarda (<700°C) organik materyallerin sıcaklıkla değişimi/pirolizi ile üretilen materyale biyoçar denilmektedir (Lehmann ve Joseph, 2009). Biyoçar tanımları yapılırken kullanılan piroliz terimi, oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıkta organik maddenin termo-kimyasal bozunması işlemine verilen isimdir. Ortamda oksijenin bulunmaması materyalin yanıp küle dönüşmesini engellemektedir. Piroliz olayı hem kimyasal hem de fiziksel durumun geri dönüşümsüz olarak değişmesine neden

olur. Biyokütlenin termal bozunması işlemi ile katı kömürleşmiş materyal (biyoçar), sıvı biyo-y yağlar, katran ve gaz halindeki singazlar (yanabilen sentetik gazlar) ortaya çıkmaktadır. Piroliz esnasında hammaddeki karbonun çoğu korunur ve CO₂ olarak uzaklaşmaz.

Üretilen materyalin niteliği uygulanan sıcaklığa göre değişmektedir. Nispeten düşük olan 400-500 °C gibi sıcaklıklarda kullanılan biyokütle ile daha fazla biyoçar üretilirken yüksek sıcaklıklarda (>700 °C) biyokütle daha fazla sıvı ve gaz ürünlere dönüşmektedir. Bu ürünlerin tipik oluşum oranları %60 biyo-y ağ, %20 biyoçar ve %20 gaz şeklindedir. Düşük sıcaklıkta gerçekleşen yavaş piroliz işleminde ise üretilen biyoçar miktarı %50 civarındadır (Winsley, 2007). Modern sistemler piroliz ünitesinden üretilen singazın, piroliz sistemi için gerekli olan tüm enerjiyi üretmesini sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Kuru biyokütlenin hızlı piroliz işlemini gerçekleştirmek için gerekli olan enerji bu sistemden kazanılan enerjinin sadece %15'ine denk gelmektedir (Laird, 2008).

Piroliz olayı sıcaklık, katı materyalin sıcaklıkla muamele süresi, piroliz ünitesindeki buharın varlığı veya her ikisine bakılarak hızlı, orta ve yavaş piroliz ile gazlaştırma şeklinde isimler almaktadır. Yavaş piroliz yaklaşık 400°C sıcaklıkta, katı materyalin piroliz ünitesinde kalış süresinin yüksek olduğu işlemidir. Yavaş pirolizde ortaya çıkan ürünün karbon içeriği çok yüksek olduğundan çoğu zaman karbonizasyon olarak da tanımlanır. Bu işlem esnasında piroliz olan materyalden %30 sıvı, %35 biyoçar ve %35 singaz üretilir. Hızlı piroliz, materyalin 1 saat süre içerisinde yaklaşık 500 °C sıcaklıkta tutulması ile gerçekleşir. Bu işlem ile biyokütleden %75 sıvı, %12 biyoçar ve %13 singaz üretildiği bildirilmektedir. Orta piroliz işlemi de 500°C sıcaklıkta 10 ile 20 saat sürede gerçekleştirilir ve %50 sıvı, %20 biyoçar ve %30 singaz ortaya çıkar. Gazlaştırma işlemi ise yüksek sıcaklıkta (~800 °C) uzun sürede tamamlanır ve %5 sıvı, %10 biyoçar ve %85 singaz üretimi gerçekleştirilir (Verheijen vd., 2010).

Biyokütle kaynakları odunsu ve otsu türler, odun atıkları, enerji ürünleri, küspe, tarımsal ve endüstriyel atıklar, atık kâğıtlar, katı şehir

atıkları, talaş, biyo-katılar, çimler, tarımsal ürün işleme atıkları, hayvan atıkları, su bitkileri ve algler gibi çeşitli doğal ve doğal olmayan ürünlerden elde edilmiş materyallerdir (Yaman, 2004). Karbon, hidrojen, oksijen ve azot içeren karbonhidratlı her materyal biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir. Biyokütle içerisinde önemli miktarda selüloz, hemi-selüloz ve lignin gibi organik bileşenler yer almaktadır (Klass, 1998). Hammadde içerisindeki selüloz ve ligninin bozulma sıcaklıkları 240-350 °C ve 280-500 °C arasında gerçekleşmektedir (Demirbas, 2004). Bir kısım biyokütle çeşitlerinin önemli miktarlarda inorganik bileşenler içerdiği de rapor edilmiştir. Odunsu bitkilerde inorganik maddenin miktarı %1 gibi düşük düzeylerde iken, bu oranın tarımsal atıklarda ve otsu biyoküttelede %15'ler civarında olduğu rapor edilmiştir (Yaman, 2004). Mineral içeriği yüksek olan çeltik kavuzu, sap, saman atıklarının pirolizi ile kül içeriği yüksek biyoçar üretildiği bildirilmiştir (Demirbaş, 2004). Bu materyallerden çeltik kavuzu %24 ile %41 gibi çok yüksek kül içerebilmektedir (Amonette ve Joseph, 2009).

Organik karbon açısından oldukça zengin olan biyoçarın aksine, biyokütlenin oksijenli bir ortamda yakılması ile organik materyal çoğunlukla kalsiyum, magnezyum ve inorganik karbonatlardan oluşan bir kül haline dönüşür. Birçok yangında, oksijenin kısıtlı olduğu durumlarda materyalin küçük bir kısmının kömürleştiğini görmek mümkündür. Oldukça farklı materyallerden çeşitli koşullar altında biyoçar üretildiğinden dolayı biyoçarın kimyasal olarak genel bir tanımının yapılması oldukça güçtür. Biyoçarın genel olarak tanımlanabilen ortak özelliği oksijen ve hidrojen olmadan altı karbon atomunun oluşturmuş olduğu aromatik yapısındaki yüksek karbon içerikli bir materyal olmasıdır (Lehmann ve Joseph, 2009).

Literatürde yer alan kömür (charcoal) ile biyoçar anlam olarak farklılık göstermektedir. Biyoçar, toprak özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile kullanılırken kömür ısıtma için yakıt, demir üretiminde bir filtreleyici olarak veya bir indirgeyici olarak veya endüstride renklendirici materyal olarak kullanılmaktadır. Tarımsal kömür ile biyoçar ifadeleri ise birbirine benzerlik göstermektedir. Ancak birçok araştırmacı

tarımsal kömür ifadesinden ziyade biyoçar ifadesini kullanmayı tercih etmektedir. Araştırmacıların tercih ettiği kömürleştirilen organik madde olan Biyoçar tarımın dışında toprak ıslahının etkinleştirilmesinde ve diğer birçok amaçlı uygulamalarda da kullanılabilir. Biyoçar kelimesi aynı zamanda biyolojik kökeni ifade ettiğinden, kömürleştirilen plastik ve biyolojik olmayan diğer materyallerden farklılaşmaktadır (Lehmann ve Joseph, 2009). “Aktif karbon” terimi de biyoçar ve aynı zamanda kömür benzeri bir terimdir. Karbon, buhar veya çeşitli kimyasallar ile yüksek sıcaklıklarda (>700°C) aktifleştirilmektedir (Boehm, 1994). Burada amaç, endüstride özellikle filtrelemede kullanılmak üzere yüzey alanının artırılmasıdır (Lehman ve Joseph, 2009).

Biyoçar toprağın özelliklerinde iyileşmeye katkı sağlayan farklı bir kompost veya hayvan gübresi benzeri materyal olmasının yanında toprağın kalitesinin artırılması adına diğer organik katkı maddelerinin tamamından daha etkilidir. Bunun nedenleri oldukça büyük olan yüzey alanı, yüksek yük yoğunluğu (Liang vd., 2006) buna bağlı yüksek besin elementi tutma kapasitesi (Lehman vd., 2003) ve spesifik kimyasal (Baldock ve Smernik, 2002) ve kolloidal yapısından (Lehman vd., 2005) dolayı diğer organik materyallere göre mikrobiyal parçalanmaya karşı olan direnci (Cheng vd., 2008) gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerdir.

2. Tarımsal Atıkların İdaresi ve Biyoçar Üretimi

Tarım arazilerinde ortaya çıkan atıklar ile tarımsal endüstrinin atıklarının güvenli ve ekonomik bir şekilde ortadan kaldırılması ile ilgili yöntemlere olan gereksinim dünyanın her yerinde artmaktadır. Tarımsal atıkların toprağa karıştırılmasının önemli faydaları olmasına rağmen modern tarımsal işletmelerde veya ormancılık faaliyetlerinde ortaya çıkan ürünün tamamının toprağa uygulanması mümkün olmamaktadır (Perlack vd., 2005). Bugün birçok modern büyükbaş hayvan işletmesinde ortaya çıkan besin elementlerince oldukça zengin sıvı gübrenin tamamının araziye uygulanması mümkün olmadığından (Cao ve Harris, 2010) çevreye kontrolsüzce salıverilmektedir (Şekil 1). Bu nedenle hem katı hem de sıvı atıkların çevreye

dost ve sürdürülebilir bir ürüne dönüştürülerek ortadan kaldırılması adına yapılacak çalışmalara oldukça fazla gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 1. Hayvansal üretim tesislerinde ihtiyaç fazlası sıvı dışkı

İklim, topografya, toprak özellikleri ve vejetasyon bakımından geniş bir yelpazeye sahip olan Türkiye'nin tarımsal potansiyeli de oldukça yüksektir. İklimin müsait olduğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yılın tamamında tarımsal üretim yapmak mümkündür. Diğer birçok bölgemizde ise, yoğun bir rotasyon ile tarım arazilerinden büyük miktarlarda biyokütle kaldırılmaktadır. Artan tarımsal üretimle beraber, hasat atıklarının da miktarı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde serada yetiştiriciliğin en yoğun yapıldığı Antalya ve çevresinde sadece domates seralarından her yıl kuru madde olarak 111.480,99 ton, patlıcan seralarından 15.870,39 ton biyokütle atığının çıktığı bildirilmektedir (Kürklü vd., 2004). Tarımsal atıkların bir kısmı üreticiler tarafından arazide yakılmakta, tarla kenarlarında veya drenaj kanallarının çevresinde depolanarak çürütülmekte, yakacak olarak kullanılmakta veya küçük parçalara ayrılarak toprağa katılmaktadır. Toprak için önemli bir organik madde kaynağı olan bitkisel atıkların bu şekilde bertaraf edilmeleri çok hızlı bir şekilde ayrışıp kaybolmalarına ve aynı zamanda su ve havanın da önemli düzeyde kirlenmesine yol açmaktadırlar (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Tokat-Kazova'da 2014 yılı üretim sezonu sonunda tarla yakınlarında çürümeye terk edilen tarımsal atıklar

Türkiye'deki en önemli biyokütle kaynağı gıda üretimi yapan endüstrilerdir. Kayısı çekirdeği ve fındık kabuğu Türkiye'de üretilen önemli biyokütlelerden olup buldukları bölgede önemli birer enerji kaynağı olarak işlev görmektedirler. Bu ürünler, genelde fırınlarda veya evlerde direk yakılmak sureti ile enerjiye dönüştürülmektedir. Bu şekilde tüketimleri ekonomik olmadığından farklı dönüşüm teknolojilerinin kullanımı ile daha katma değerli ürünlere dönüştürülmeleri hem bölge hem de ülke ekonomisi açısından yararlar sağlayacaktır (Özçimen ve Meriçboyu, 2010). Hasat atıklarının yakacak olarak arazinin dışına çıkarılmaları toprağın organik madde kapsamı ve verimliliğine de olumsuz etki yapmaktadır (Wilhelm vd., 2004). Organik atıkların piroliz edilmesi işlemi, üretilen yanıcı gaz ve biyo-yakıttan dolayı hem enerji üretimine hem de toprağa karbon ve besin elementlerinin geri dönüşümüne sağlayacak alternatif bir uygulamadır (Laird, 2008).



Şekil 3. Tokat Kazova'da yüzey sularında tarımsal kaynaklı kirlilik sonucu oluşan ötrofikasyon

Süt sığırcılığı yapan birçok işletmenin en önemli sorunlarından biri sıvı atıkların yeraltı ve yerüstü sularını kirletme potansiyelleri ile bunların güvenli bir şekilde ortadan kaldırılmasıdır. Buna yönelik yasal tedbirler günden güne artırılmaktadır. Zira ortaya çıkan atık su başta azot ve fosfor olmak üzere birçok besin elementi açısından oldukça zengindir. Günümüzde bu işletmeler atık sudaki besin yükünü azaltabilmek için çeşitli yöntemler kullanmaktadır. İşletmelerin atık suları için yaptıkları geleneksel uygulama, katı ve sıvının mekanik olarak ayrılması aşamasından sonra kolloidlerin büyük havuzlarda çökeltilmesinin ardından besin elementlerince zengin olan suların sulama suyu ile araziye uygulanması şeklindedir. Bu uygulama dünyanın hemen her yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu atık sular ile uzun süreli sulama yapıldığında özellikle kum

içeriği yüksek arazilerde yıkanmadan dolayı yer altı sularının ve aküferin kirlenme riski ortaya çıkmaktadır. Tarımsal atıkların biyoçar şekline dönüştürüldükten sonra sıvı gübrenin besin elementlerini adsorbe edebilmesi besin elementlerince zenginleştirilmiş biyoçar üretimi için oldukça ucuz ve güvenilir bir yöntemdir (Sarkhot vd., 2012 ve 2013). Böyle bir uygulamayı oldukça küçük ölçekteki üreticiler dahi öğrenip kendi arazilerine tatbik edebilirler. Böyle bir uygulama ile tarımsal atıkların yakılması ile oluşan hava kirliliği ve sıvı atıkların araziye uygulanması ile oluşan yüzey (Şekil 3) ve yüzey altı suyu kirliliği gibi sorunlarının da önüne geçmek mümkün olabilecektir.

3. Biyoçarın Çevre Amaçlı Kullanımı

Son 20 yıl içerisinde biyoçar konusunda oldukça fazla miktarda çalışma yapılmış ve yayınlanmıştır. Çok farklı disiplinlerden bilim insanları çeşitli biyo atıklardan farklı koşullarda ürettikleri biyoçarları kullanarak toprak ve su kalitesi, sera gazları emisyonlarına etkisi, bitkisel üretimdeki etkinlikleri ve çeşitli çevresel etkileri araştırmak amacı ile yaptıkları çalışmaları yayınlamışlardır. Biyoçar uygulamaları; çevre amenajmanı, toprağın iyileştirilmesi (üretimin arttırılması ve aynı zamanda kirliliğin azaltılması için), atık amenajmanı, iklim değişimi ile mücadele ve enerji üretimi şeklinde dört hedefe yönelik olarak yapılmaktadır. Bu uygulama amaçlarının her biri veya birden fazlasının sosyal veya ekonomik veya sosyo-ekonomik faydasının olması beklenmektedir (Lehman ve Joseph, 2009). Yoğun bir şekilde yapılan ve yayınlanan araştırma sonuçları, biyokütlenin pirolizi ile elde edilen biyoçarın besin elementlerinin yıkanması ile kayıplarının azaltılması, çevre kirleticilerin biyo yararışlılığının düşürülmesi, toprakta karbon zenginleşmesi, sera gaz emisyonlarının azaltılması ve toprak verimliliğinin iyileştirilmesi gibi konularda olumlu katkı yapabileceğini göstermiştir (Ippolito vd., 2012). Biyoçarın çok farklı biyokütleden çeşitli koşullar altında üretilebileceğini göz önüne alan Novak vd. (2012), belirli bir çevresel veya tarımsal kullanım için üretilecek biyoçarın uygulama amacına uygun özelliklerde üretilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Biyoçar, hem toprakta C depolanmasına katkı

verdiği hem de azot oksit gazlarının salımını azalttığından dolayı çevre için önemli bir katkı maddesidir. Toprağa ilave edilen biyoçarın besin elementlerinin ve ağır metallerin yıkanma oranlarını azalttığı ve sera gazlarının atmosfere çıkışını düşürdüğüne dair çalışmalar bulunmaktadır (Major vd., 2009; Singh vd., 2010). Biyoçarın toprak C ve N dinamikleri üzerine olan etkilerinin tatmin edici şekilde anlaşılması, biyoçar ilave edildikten sonra toprak C ve N stokları ve atmosfere çıkış ile ilgili olayların karmaşıklığından dolayı oldukça zordur.

3.1. Biyoçarın karbon döngüsü, zenginleşmesi ve salınımına etkileri

Yeryüzünde toprakta tutulan C miktarı (1.100 Gt; 1Gt=1.000.000 ton) atmosferdekinden (750 Gt) çok daha yüksek olduğundan (Sundquist, 1993), topraktan atmosfere yıllık ortalama 60 Gt CO₂ çıkışı gerçekleşmektedir. Atmosfere salınan bu CO₂ çoğunlukla toprakta mikroorganizmaların organik maddeyi parçalarken yaptıkları solunum esnasında ortaya çıkmaktadır. Atmosferde artan CO₂ konsantrasyonunun azaltılması için yapılabilecek en faydalı uygulamalardan bir tanesi biyoküttelede fotosentez yolu ile depolanan CO₂'in piroliz yolu ile biyoçar adı verilen daha kararlı bir C formuna dönüştürülmesidir (Spokas ve Reicosky, 2009). Biyoçar, toprak organik maddesine oranla daha fazla ve daha kararlı aromatik yapıda C içerdiğinden dolayı parçalanması da oldukça yavaş gerçekleşmektedir. Odundan üretilen biyoçarın toprakta kalma süresi 100 ile 1000 yıl arasında olduğu rapor edilmektedir. Bu süre çoğu toprak organik maddesinden 10 ile 1000 kat daha yüksektir. Bu nedenle, geleneksel olarak tarımda kullanılan organik materyallerden farklı olarak biyoçar, C'un zenginleşmesine ve toprağın kalitesinin olumlu etkilenmesine neden olacak bir katkı maddesidir (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen vd., 2010). Piroliz işlemi yapılmayan biyokütlelerin C içerikleri yüksek olmasına rağmen yarılanma ömürlerinin oldukça kısa olduğunu belirten Grutzmacher vd. (2018)'da herhangi bir muameleden geçirilmeden biyo kütleye kıyasla biyoçarın toprak ortamında üç kat daha fazla C stabilize edebildiği ni rapor etmişlerdir.

Son yıllarda atmosferik CO₂'in azaltılması ile ilgili yapılan çalışmalarda, önemli miktarda

biyoçar uygulamasına rastlanılmaktadır. Biyoçar uygulaması toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinde önemli miktarda değişime neden olduğundan, topraktaki C ve N dinamiklerini de etkilemektedir (Van Zwieten vd., 2014). Yayınlanan araştırma raporlarında biyoçarın C depolamaya veya salımına etkisi hakkında birbirleri ile çelişen sonuçlar bulunmaktadır. Biyoçar uygulamalarının sera gazlarının çıkışına etkisi konusunda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların birbirlerinden önemli düzeyde farklı olmasının temel nedenleri; kullanılan biyoçarların azot miktarları ile mikrobiyal aktivitenin miktarını etkileyecek glikoz miktarlarının farklı olmasıdır. Spokas ve Reicosky (2009)'de biyoçarın CO₂ emisyonuna etkisinde biyoçarın karakteristiklerinin ve toprak tipinin çok önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar orman fidanı yetiştirilen toprak ve 3 biyoçar çeşidinin CO₂ emisyonunu arttırdığını, kullanılan diğer 13 çeşidin ise CO₂ çıkışını azalttığını açıkladılar. Benzer bir çalışmada okaliptus odunu ve yaprakları, kâğıt endüstrisindeki atık çamur, tavuk gübresi, büyük baş hayvan gübresi gibi çeşitli biyokütlelerin 2 farklı sıcaklıkta pirolizi ile elde edilen biyoçarların toprakta kalma sürelerinin 90 ile 1600 yıl arasında değişebileceği belirlenmiştir. Bu durumun uzun vadede tarımsal kaynaklı sera gazı salınımının önemli oranda azaltılmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Joseph vd., 2010).

Biyoçar aromatik yapıda kararlı C bileşiklerinden oluşmasına rağmen, toprağa uygulandıktan hemen sonra labil olan kısmın okside olması ile yüksek miktarda CO₂ çıkışı olduğu görülmüştür (Bruun vd., 2012). Benzer şekilde, biyoçar ilavesi ile CO₂ çıkışının kısa süreli inkübasyonlarda arttığı veya azaldığı ifade edilmesine rağmen (Steinbeiss vd., 2009), Sarkhot vd. (2012) çalıştıkları topraklara sıvı hayvan gübresi ile zenginleştirilen biyoçar ilavesinin C ve N gazlarının çıkışını önemli oranda azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar 8 haftalık inkübasyon sonunda, toprak+biyoçar ve toprak+zenginleştirilmiş biyoçar ilavelerinin her ikisinde de CO₂ çıkış miktarının önemli oranda azaldığını gözlemlemişlerdir. Toplam CO₂ çıkışı sırası ile %67 ve %68 oranında azalmıştır. Bu uygulamalar ile N₂O çıkışı ise %26 oranında azaltılmıştır. Steinbeiss vd. (2009), yüksek

miktarda azot katkılı biyoçar ilavesinin başlangıçta topraktan önemli düzeyde CO₂ kaybına neden olduğunu ve 4 haftalık inkübasyon sonunda bunun hızla azaldığını rapor ettiler. Ancak azotça fakir glikoz ilavesinde CO₂ çıkışının önemli düzeyde etkilenmediği de görülmüştür.

Biyoçar uygulamaları ile karbon mineralizasyonunun önemli oranda azalması biyoçarın C zenginleştirme potansiyelini yansıtmaktadır. Uzun yıllar sonra dahi Terra Pretaları etraflarındaki topraklara kıyasla daha yüksek miktarda karbon içermesi, biyoçar ilavesi ile ortaya çıkan CO₂ çıkışının kısa süreli olduğunu ve toprağa ilave edilen biyoçarın uzun vadede karbon depolamaya negatif etkisi olmaksızın verimliliği arttıracığını göstermektedir (Sarkhot vd., 2012).

3.2. Biyoçarın azot döngüsü, azot gazları salımına ve azot yıkanmasına etkileri

Biyoçarın toprakta C depolamaya etkisinin yanında gübreleme yapılan tarım arazilerinde N₂O salımına etkisini araştıran çok sayıda araştırma yayınlanmaktadır. Karbondioksit kıyasla küresel ısınmaya katkısı 298 kat daha yüksek olan N₂O'nun atmosferde kalış süresinin de 100 yıl daha uzun olduğu bilinmektedir (IPCC, 2013). Geçen yüzyılda tarım arazilerinde azotlu gübrelerin kullanımı nedeni ile atmosfere önemli miktarda N₂O salınımı gerçekleştiği bildirilmektedir (Park vd., 2012).

Biyoçar ilavesinin toprakta N döngüsünü yavaşlattığını ve bu nedenle de N'un yıkanma ve gaz emisyonları şeklinde kaybını düşürdüğü belirtilmektedir (Riaz vd., 2017). Biyoçar topraktaki N₂O üretimini, yüksek pH'sı nedeni ile kireçleme etkisi, toprak su tutma kapasitesini arttırması, çözünmüş oksijen ile etkileşim, ortama bazı toksik ve önleyici bileşiklerin verilmesi, toprak mikroorganizmaları ile etkileşim (Cayuela vd., 2014), inorganik azotun adsorpsiyonu, toprak havalanmasının iyileştirilmesi (Brassard vd., 2016) nitrik formdaki azotun abiyotik yollar ile N₂ formuna dönüştürülmesi (Thomazini vd., 2015) ve denitrifikasyona neden olan ve tipik N₂O indirgeyicilerinin oransal miktarlarının artması (Harter vd., 2016) gibi nedenlerle etkileyebileceği bildirilmektedir. Sarkhot vd. (2012) biyoçar ilavesinin 8 haftalık inkübasyonda N₂O çıkışını önemli düzeyde azalttığını rapor

etmişlerdir. Benzer şekilde Yanai vd. (2007)'da şehir atıkları ile ürettikleri biyoçarın N₂O çıkışını %89 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Bu azalma, toprağın nem içeriği ve yüksek nem içeriğinde denitrifikasyon bakterilerinin engellenmesi ile ilişkilendirilmiştir. İki yıllık bir arazi çalışmasında dengeli bir gübreleme ve biyoçar uygulaması ile yağmura dayalı üretim sisteminde mısır veriminin sadece gübreleme yapılan uygulamaya kıyasla %23.7 oranında arttığını ifade eden Zhang vd. (2016), N₂O salımının da yarıya yakın oranda azaldığını bildirmişlerdir. Biyoçar uygulamalarının N₂O çıkışına etkilerini araştıran Spokas vd. (2011) ve Van Zwieten vd. (2009)'da biyoçar ilave edilen topraklardan N₂O çıkışının azaldığını rapor etmişlerdir. Bu konuda yapılan araştırma sonuçlarında farklı oranlarda N₂O çıkışı rapor edilmiş olmasının temel nedeninin biyoçar materyallerindeki N konsantrasyonlarının farklı olmasına bağlanmıştır (Sarkhot vd., 2012). Araştırmacılar sıvı hayvan gübresi ile zenginleştirilmiş biyoçarında sera gazı emisyonunu önemli düzeyde azaltacağını ve karasal karbonu depolamayı arttıracığını açıklamışlardır. Biyoçar uygulaması ile havalanmanın iyileşmesi, methanojenik bakterilerin faaliyetlerinin azalmasına neden olacağından topraktan salınan CH₄ gazı miktarının da azalacağını göstermişlerdir. Biyoçarın nemi absorbe etmesi ve havalanmayı iyileştirmesi denitrifikasyon bakterilerinin faaliyetlerini sınırlandırmış ve N₂O çıkışını azaltmıştır (Sarkhot vd., 2012).

Avustralya'da biyoçar ilavesinin Alfisol toprağında N₂O emisyonunu %14 ile 73 oranında azalttığı rapor edilirken Vertisol toprağında bu oranın %23 ile %52 arasında değiştiği bildirilmiştir (Singh vd., 2010). Aynı çalışmada NH₄ yıkanmasının ise %54 ile %94 arasında azaldığı belirtilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nin Georgia Eyaletinde tavuk gübresinin kompostlaştırılması esnasında biyoçar ilave yapan Steiner vd. (2010), NH₃ emisyonunun %64 ve toplam azot kaybının ise %52 oranında azaltıldığını rapor etmişlerdir. Laird vd. (2010) ise domuz gübresi ile birlikte verilen biyoçarın toplam azot kaybını sadece hayvan gübresi ilave edilen Mollisol toprağına oranla %11 oranında azalttığını ifade etmişlerdir.

Amonyanın insan kaynaklı emisyonu hem çevreye hem de ekonomiye zararlı olduğundan dolayı azaltılması gerekmektedir. Tarımsal üretimde; belirli sıcaklık altında üretilen hidroliz olması sonucu NH_3 oluşur. Örneğin; büyükbaş hayvanların idrarlarını yaptıkları alanlarda (Clough vd., 2003); hayvan dışıklarının toplandığı alanlarda ve gübre yığımlarında NH_3 oluşabilir. Biyoçar NH_3 oluşumu potansiyeli yüksek olan bu alanlara rahatlıkla uygulandığında oluşacak emisyonların en aza indirilmesi mümkün olabilir (Taghizadeh-Toosi vd., 2012). Tarımsal sistemlerdeki NH_3 'un volatilizasyonu atmosferdeki NH_3 'ın önemli bir kaynağıdır. Bu azot mineral gübre ve hayvan dışısındaki azotun %10'u ile %30'una denk gelmektedir. Tarımsal sistemlerden gübre kullanımı (11 Tg NH_3 -N yıl⁻¹) ve hayvan üretimi (21 Tg NH_3 -N yıl⁻¹) ile toplam 32 Tg NH_3 -N yıl⁻¹ yayılım olmaktadır. Yayılan NH_3 nihayetinde karada ve suda depolanarak N_2O emisyonlarına neden olmaktadır. Bu birikim toprak ve suyun asitleşmesine ve bu ortamlardaki biyoçeşitliliğin kaybına da yol açtığı bilinmektedir (Beusen vd., 2008). Karbondioksit kıyasla daha fazla küresel ısınma etkisine sahip olduğundan (Forster vd., 2007) NH_3 emisyonlarını ve N kayıplarını azaltacak uygulamalara gereksinim duyulmaktadır.

3.3. Yüzeysel ve yüzeysel altı sularının kirliliği

Ülkemizde büyük ölçekli işletmelerin sayısı son yıllarda artmaya başlamıştır. Yer altı sularının kirliliğinde hayvansal üretim yapan işletmelerin katkılarını içeren herhangi bir rapora rastlanmamakla birlikte, ülkemizde de bu tip bir sorunla karşılaşma olasılığı yüksektir. Nitekim Sünal ve Erşahin (2012), "Türkiye'de Tarımsal Kaynaklı Yeraltı Suyu Nitrat Kirliliği" başlıklı çalışmalarında, bu konuya dikkat çekerek Mersin, İzmir, Ankara, Antalya ve Eskişehir'de yapılan çalışmalarda yer altı sularında nitrat konsantrasyonunun 50 mg L^{-1} 'yi aştığını belirtmişlerdir. Hayvansal üretim yapan işletmelerde ortaya çıkan sıvı atıklar yer altı ve yer üstü sularını önemli düzeyde kirletebilmektedir. Harter vd. (2014) tarafından yoğun süt sığırcılığı yapılan bir bölgede tarımsal kaynaklı nitrat ile oluşan yer altı suyu kirliliği ile ilgili olarak detaylı bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada araziye sıvı gübre ile birlikte yılda 127 Gg azot ilave edildiği ve bunun büyük bir kısmının yıkanarak

yer altı suyuna karıştığı belirlenmiştir. Araştırmada, Kaliforniya Eyaletinde yaşayan insanların %57'sinin yer altı sularına bağımlı oldukları ancak 2006 ve 2010 yıllarında yer altı suyu nitrat seviyesinin sınır olarak kabul edilen (45 mg L^{-1})'yi aştığı rapor edilmiştir. Bu seviyede devam ettiği takdirde 2050 yılında kirlilikten etkilenen nüfusun %80'i bulacağı ifade edilmiştir.

Sera gazlarının salımlarının azaltılmasının yanında, biyoçarın toprakta var olması suyun kalitesinin iyileşmesine, toprak verimliliğinin artmasına, tarımsal üretimin yükselmesine (Laird, 2008) ve tarım arazileri üzerindeki baskıların azaltılmasına da neden olacaktır. Çeşitli çalışmalarda organik ve inorganik gübrelerin biyoçar ile karıştırılmasının ürün performansını artırdığı rapor edilmiştir. Bu durum özellikle yıkanma potansiyeli yüksek olan topraklarda toprağa karıştırılan biyoçarın besin elementi tutunmasını artırması ile ilişkilendirilmiştir (Lehmann vd., 2006; Steiner vd., 2008). Biyoçar üretimi ile tarımsal atıkların ayrışması esnasında serbest kalan besin elementlerinin yüzey akışı ile uzaklaşması önlenebileceği gibi toprağın fiziksel ve kimyasal koşullarının düzeltilmesi ile üretkenliğinin artırılması mümkün olabilecektir (Ghezzehei vd., 2014). Lehmann vd. (2003), bir lizimetre çalışmasında inorganik ve organik gübrelerin kömür ile birlikte uygulanmasının çeltik yetiştiriciliğinde yıkanan azot miktarını azalttığını ve bitki tarafından azot alımının arttığını rapor etmişlerdir. Ancak Lehmann vd. (2003)'a göre (%20 ağırlık olarak) daha düşük oranda (%3.2) biyoçar kullanan Doydora vd. (2011), benzer bir etki göremediklerini bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar, biyoçar uygulamasının besin elementlerinin (özellikle nitrat) ve kirleticilerin kök bölgesinin altına yıkanmasını azaltabileceğini göstermiştir. Biyoçarın besin elementlerinin yıkanmasına etkisi i) biyoçar uygulaması ile su ve besin elementlerinin tutunması ve yarıyışlılıklarının artması, ii) besin elementi kullanım etkinliğinin artması, iii) toprak biyoçar karışımında iç reaktif yüzey alanının artması, iv) bitki su tüketiminin artmasından dolayı besin elementlerinin bitki kök bölgesinin altına inişinin azalması ve v) bitki gelişiminin artması ile bitki besin elementi kullanımının artması şeklinde özetlenmiştir (Verheijen vd., 2010).

Tavuk gübresinin direk olarak toprağa uygulanması, volatilizasyon ile NH_3 kaybına ve yüzey akış ile yüzey sularına fosfor karışmasına yol açabilir. Daydora vd. (2011), 400 °C’de elde edilmiş asit karakterli bir biyoçar ile karıştırılarak verilen tavuk gübresinin pH’sının düştüğünü bildirmişlerdir. Bu durumda tavuk gübresindeki fosforun toprakta tutunacağını ve fosforun yüzey akış ile yıkanmasının azalacağını ifade etmişlerdir. Çam talaşı ve fıstık kabuğundan üretilen asit karakterli biyoçarların NH_3 kaybını yüzeye uygulamada sırası ile %88 ve %63 ve karıştırıldığında %56 ve %60 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Ancak, araştırmacılar asitleştirilmiş biyoçarın P’un yüzey akışına önemli bir etki yapmadığını görmüşlerdir.

Laboratuvar koşulları altında, yüzeye uygulandığında tavuk gübresindeki toplam azotun %4 ile %60’ı kadarının kaybolduğu rapor edilmektedir (Brinson vd., 1994). Tavuk gübresinin biyoçar ile birlikte karıştırılması ile pH’sının düşürülmesi sonunda NH_4 ’un bağlanacağı yüzey artacağından dolayı NH_3 şeklinde kayıpta azalacaktır (Lehmann vd., 2006). Doydora vd. (2011), 21 günlük inkübasyon sonunda yüzeye uygulanan tavuk gübresinden 226 $\mu\text{g N g}^{-1}$ toprak volatilize olurken, pH’sı düşürülen çam talaşı ve fıstık kabuğu biyoçarları ile birlikte uygulanan tavuk gübresinden 83 ile 95 $\mu\text{g N g}^{-1}$ kayıp olduğunu belirlemişlerdir. İki farklı biyoçar uygulaması ile oluşan kaybın istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilirken NH_3 kaybının muhtemel nedenleri; pH’nın düşmesi, hidrojen tamponlama kapasitesinin artması ve katyon değişim kapasitesinin artması şeklinde açıklanmıştır. NH_3 ’un volatilizasyonu pH’ya bağımlı bir olaydır ve pH 7,0 civarında olduğunda NH_4 , NH_3 ’a dönüşmektedir. Biyoçar ilavesi ile tavuk gübresinin pH’sı “8,55”den “7,26”ya düşmüştür. Bu durumda muhtemelen NH_4 N’unun NH_3 formuna dönüşmesini azalttığından kayıp miktarı düşmüştür.

Biyoçar ilave edilmemiş ve doğal olarak düşük fosfor içeren bir toprağın yaklaşık 600 mg kg^{-1} PO_4^{3-} adsorbe edebildiği belirtilirken, biyoçarın 40 mg L^{-1} gibi düşük konsantrasyonlu bir çözülden dahi >3000 mg kg^{-1} PO_4^{3-} adsorbe edebileceği bildirilmiştir (Lehman, 2007). Biyoçarın bu yüksek sorbe etme kapasitesi besin

elementlerince zenginleşmiş olan çözümlerden besinlerin uzaklaştırılması adına oldukça değerlidir. Sarkhot vd. (2013), biyoçarın bir gramının 5 mg NH_4 ve 0,2 mg PO_4^{3-} ’dan daha fazlasını sorbe edebileceğini göstermişlerdir. Bu şekilde besin elementlerince zenginleştirilen biyoçardaki besin elementlerinin bitkiler için yavaş yavaş yarıyışlı bir besin kaynağı olacağı bildirilmektedir (Spokas vd., 2011; Biederman ve Harpole, 2013). Benzer bir çalışmayı yapan Ghezzehei vd. (2014)’da 300 °C’de elde ettikleri biyoçar materyalinin süt sığırcılığı işletmesinden alınan gübrenin sıvı kısmında yer alan NH_4 ’un %20 ile %43 ve fosforun ise %19 ile %65’ini sorbe edebileceğini göstermişlerdir.

4. Sonuç ve Öneriler

Biyokütlenin 300 ile 1000 °C sıcaklıklar arasında oksijensiz bir ortamda ısıtılması esnasında gelişen gözenekli ve ayrışmaya karşı dirençli yapısı, yük yoğunluğu ve yüksek katyon değişim kapasitesi gibi özellikler biyoçarı diğer organik katkı maddelerine kıyasla özel kılmaktadır. Çeşitli biyokütlerden elde edilen biyoçarların laboratuvar, sera ve arazi çalışmalarında uygulanmasını konu eden araştırmalarda; biyoçarların bitkisel ve hayvansal kökenli atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi, sera gazları emisyonlarının azaltılması ile toprakta karbonun depolanması, azotlu gübrelerin kullanım etkinliklerinin iyileştirilmesi, besin elementlerinin yıkanmalarının azaltılması ile yüzey ve yüzey altı sularının kirletilmesinin önlenmesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu katkı yaparak toprak kalitesinin korunması ve geliştirilmesi ve bitkisel üretimde verimliliğin sürdürülebilir bir şekilde artırılması gibi çok sayıda olumlu etkisi rapor edilmiştir. Buna rağmen, biyoçar ham maddesi ve üretim koşullarındaki çeşitlilik nedeni ile standart bir biyoçar tanımının yapılamıyor olması, farklı toprak, iklim ve yetiştirme koşulları altında yapılan çalışmalarının sonuçlarının karşılaştırılabilmelerini zorlaştırmaktadır.

Konu uzmanı bilim insanlarının oluşturacağı bir çalışma grubunun belirleyeceği kriterler göz kullanımını konu eden araştırmaların farklı toprak, iklim, rotasyon ve diğer arazi koşulları altında elde edilen sonuçlarının karşılaştırılabilmelerini mümkün kılacak ve araştırmaları daha

ileri düzeye taşıyabilecek bir girişim olacaktır. Dünyanın birçok ülkesinde oldukça yoğun bir şekilde çalışılıyor olmasına rağmen, ülkemizde yürütülen ve yayınlanan araştırma sonuçları oldukça sınırlıdır. Tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan atıkların çoğu zaman yakılarak veya çürümeye terk edilerek bertaraf edildiği ülkemizde, bu atıkların biyoçara dönüştürülmesi, tarım arazilerinde veya peyzaj amaçlı çevre düzenleme çalışmalarında kullanımını konu edecek araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Buna ilaveten, ülkemizin farklı iklime sahip bölgelerinde tarım arazilerinden gerçekleşen sera gazı emisyonlarının azaltılmasında biyo-

çarın etkinliği araştırılmalıdır. Gübre ve tarım ilaçlarının yoğun olarak kullanıldığı bölgelerde yüzey ve yüzey altı sularında nitrat başta olmak üzere birçok kirletici ile zenginleştiği bildirilmektedir. Kirleticilerin yüzey ve yüzey altı sularına ulaşmadan toprakta tutulmasını sağlayacak katkı maddeleri bu kimyasalların topraklardaki kullanım etkinliklerinin de artırılmasına katkı sağlayacaktır. Biyoçarın geniş yüzey alanı ve fonksiyonel gruplara sahip olması bu amaç için kullanılabilceğini göstermektedir. Bu kapsamda biyoçar, çevre ve tarım bilimcilerini ortak bir payda da buluşturacak önemli bir katkı maddesidir.

Kaynaklar

- Amonette JE., Joseph S., (2009). Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. In: J. Lehmann, Joseph, S. (Ed), *Biochar for Environmental Management Science and Technology*, Earthscan, London.
- Baldock JA., Smernik RJ., (2002). Chemical Composition and Bioavailability of Thermally Altered Pinus Resinosa (Red Pine) Wood. *Organic Geochemistry*, 33 (9), 1093-1109.
- Beusen AHW., Bouwman AF., Heuberger PSC., Van Drecht G., Van Der Hoek KW., (2008). Bottom-Up Uncertainty Estimates of Global Ammonia Emissions from Global Agricultural Production Systems, *Atmospheric Environment*, 42 (24), 6067-6077.
- Biederman LA., Harpole WS., (2013). Biochar and Its Effects on Plant Productivity and Nutrient Cycling: A Meta-Analysis, *GCB Bioenergy*, 5, 202-214.
- Boehm HP., (1994). Some Aspects of the Surface Chemistry of Carbon Blacks and Other Carbons', *Carbon*, 32, 759-769.
- Brassard P., Godbout S., Raghavan V., (2016). Soil Biochar Amendment as a Climate Change Mitigation Tool: Key Parameters and Mechanisms Involved, *J. Environ. Manag.* 181, 484-497.
- Brinson S., Cabrera M., Tyson S., (1994). Ammonia Volatilization from Surface-Applied, Fresh and Composted Poultry Litter, *Plant Soil*, 167, 213-218
- Bruun EW., Hauggaard-Nielsen H., Ibrahim N., Egsgaard H., Ambus P., Jensen PA., Dam-Johansen K., (2011). Influence of Fast Pyrolysis Temperature on Biochar Labile Fraction and Short-Term Carbon Loss in a Loamy Soil, *Biomass and Bioenergy*, 35 (3), 1182-1189.
- Cao X., Harris W., (2010). Properties of Dairy-Manure-Derived Biochar Pertinent to Its Potential Use in Remediation, *Bioresour. Technol.*, 101, 5222-5228.
- Cayuela ML., Van Zwieten L., Singh BP., Jeffery S., Roig A., Sánchez-Monedero MA., (2014). Biochar's Role in Mitigating Soil Nitrous Oxide Emissions: a Review and Meta-Analysis, *Agric. Ecosyst. Environ.* 191, 5-16.
- Cheng CH., Lehmann J., Thies JE., Burton SD., (2008). Stability of Black Carbon in Soils Across a Climatic Gradient, *Journal of Geophysical Research*, 113, G02027.
- Clough TJ., Sherlock RR., Mautner MN., Milligan DB., Wilson PF., Freeman CG., McEwan MJ., (2003). Emission of Nitrogen Oxides and Ammonia from Varying Rates of Applied Synthetic Urine and Correlations with Soil Chemistry, *Soil Research*, 41 (3), 421-438.
- Demirbas A., (2004). Effects of Temperature and Particle Size on Bio-Char Yield from Pyrolysis of Agricultural Residues, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 72 (2), 243-248.
- Doydora SA., Cabrera ML., Das KC., Gaskin JW., Sonon LS., Miller WP., (2011). Release of Nitrogen and Phosphorus from Poultry Litter Amended with Acidified Biochar, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8 (5), 1491-1502.
- Forster P., Ramaswamy V., Artaxo P., Berntsen T., Betts R., Fahey DW., Haywood J., Lean J., Lowe DC., Myhre G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulz M., Van Dorland R., (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, *Chap. 2. In Climate Change, The Physical Science Basis*.
- Joseph S., Camps-Arbestaine M., Lin Y., Munroe P., Chia CH., Hook J., Van Zwieten L., Kimber S., Cowie A., Singh BP., Lehmann J., Foidl N., Smernik RJ., Amonette JE., (2010). An Investigation into the Reactions of Biochar in Soil, *Aust. J. Soil Res.*, 48, 501-515.
- Ghezzehei TA., Sarkhot DV., Berhe AA., (2014). Biochar Can Be Used to Capture Essential Nutrients from Dairy Wastewater and Improve Soil Physico-Chemical Properties, *Solid Earth*, 5 (2), 953-962.
- Grutzmacher P., Puga AP., Bibar MPS., Coscione AR., Packer AP., de Andrade CA., (2018). Carbon Stability and Mitigation of Fertilizer Induced N2O Emissions in Soil Amended with Biochar, *Science of the Total Environment*, 625, 1459-1466.
- Harter J., Krause HM., Schuetzler S., Ruser R., Fromme M., Scholten T., Behrens S., (2014). Linking N2O Emissions from Biochar-Amended Soil to The Structure and Function of the N-Cycling Microbial Community, *The ISME journal*, 8 (3), 660.
- Harter J., Weigold P., El-Hadidi M., Huson DH., Kappler A., Behrens S., (2016). Soil Biochar Amendment Shapes the Composition of N2O-Reducing Microbial Communities, *Sci. Total Environ.*, 562, 379-390.
- IPCC, (2013). Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, In: *Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (Eds.)*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA 1535 pp.
- Ippolito JA., Laird DA., Busscher WJ., (2012). Environmental Benefits of Biochar, *J. of Environ. Qual.*, 41 (4), 967-972

- Klass DL., (1998). Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals, *Academic Press*, San Diego, CA.
- Kürklü A., Bilgin S., Külcü R., Yaldız O., (2004). Bazı Sera Bitkisel Biyokütle Atıklarının Miktar ve Enerji İçeriklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Biyoenerji Semp. 20–22 Ekim, İzmir*, s.69-75.
- Laird DA., (2008). The Charcoal Vision: a Win–Win–Win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, *While Improving Soil and Water Quality*, *Agronomy Journal*, 100 (1), 178-181.
- Laird D., Fleming P., Davis D., Horton R., Wang B., Karlen D., (2010). Impact of Biochar Amendments on the Quality of a Typical Midwestern Agricultural Soil, *Geoderma*, 158 (3–4), 443–449.
- Lehmann J., da Silva Jr JP., Steiner C., Nehls T., Zech W., Glaser B., (2003). Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments, *Plant and Soil*, 249, 343–357.
- Lehmann J., Liang B., Solomon D., Lerotic M., Luizão F., Kinyangi J., Schäfer T., Wirrick S., Jacobsen C., (2005). Near-edge X-ray Absorption Fine Structure (NEXAFS) Spectroscopy for Mapping Nano-Scale Distribution of Organic Carbon Forms in Soil: Application to Black Carbon Particles, *Global Biogeochemical Cycles*, 19, pGB1013.
- Lehmann J., Gaunt J., Rondon M., (2006). Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems—A Review, *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 11, 403–427.
- Lehmann J., Joseph S., (2009). Biochar for Environmental Management: An Introduction, *Lehmann J, Joseph, S. (Eds.). Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, Earthscan, pp. 1-12.
- Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Grossman J., O'Neill B., Skjemstad JO., Thies J., Luizão FJ., Petersen J., Neves EG., (2006). Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils, *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1719–1730.
- Major J., Lehmann J., Rondon M., Goodale C., (2010). Fate of Soil-Applied Black Carbon: Downward Migration, Leaching and Soil Respiration, *Glob Chang Biol*, 16, 1366–1379.
- Novak JM., Busscher WJ., Watts DW., Amonette JE., Ippolito JA., Lima IM., Rehrh D., (2012). Biochars Impact on Soil-Moisture Storage in an Ultisol and two Aridisols, *Soil Science*, 177 (5), 310-320.
- Özçimen D., Ersoy-Meriçboyu A., (2010). Characterization of Biochar and Bio-Oil Samples Obtained from Carbonization of Various Biomass Materials, *Renew. En.*, 35 (6), 1319-1324.
- Park S., Croteau P., Boering KA., Etheridge DM., Ferretti D., Fraser PJ., Kim KR., Krummel PB., Langenfelds RL., Van Ommen TD, Steele LP., Trudinger CM., (2012). Trends and Seasonal Cycles in the Isotopic Composition of Nitrous Oxide Since 1940, *Nat. Geosci*, 5, 261–265.
- Perlack RD., Wright LL., Turhollow AF., Graham RL., Stokes BJ., Erbach DC., (2005). Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply, http://feedstockreview.ornl.gov/pdf/billion_ton_vision.pdf (Erişim tarihi: 08.03.2018).
- Riaz M., Roohi M., Arif MS., Hussain Q., Yasmeen T., Shahzad T., Khalid M. (2017). Corn-cob-Derived Biochar Decelerates Mineralization of Native and Added Organic Matter (AOM) in Organic Matter Depleted Alkaline Soil, *Geoderma*, 294, 19-28.
- Sarkhot DV., Berhe AA., Ghezzehei TA., (2012). Impact of Biochar Enriched with Dairy Manure Effluent on Carbon and Nitrogen Dynamics, *J. Environ. Qual.*, 41, 1107–1114.
- Sarkhot DV., Ghezzehei TA., Berhe AA., (2013). Biochar for Nutrient Recapture from Dairy Wastewater: Recovery of Major Nutrients, *J. Environ. Qual.*, 42, 1545–1554.
- Singh BP., Hatton BJ., Singh B., Cowie AL., Kathuria A., (2010). Influence of Biochars on Nitrous Oxide Emission and Nitrogen Leaching from Two Contrasting Soils, *J. of Envir. Qual.*, 39 (4), 1224-1235.
- Spokas KA., Reicosky DC., (2009). Impacts of Sixteen Different Biochars on Soil Greenhouse Gas Production, *Annals of Environmental Science*, 3 (1), 4.
- Spokas KA., Cantrell KB., Novak JM., Archer DW., Ippolito JA., Collins HP., Boateng AA., Lima IM., Lamb MC., McAloon AJ., (2012). Biochar: a Synthesis of Its Agronomic Impact Beyond Carbon Sequestration, *J. Environ. Qual.*, 41, 973– 989.
- Steinbeiss S., Gleixner G., Antonietti M., (2009). Effect of Biochar Amendment on Soil Carbon Balance and Soil Microbial Activity, *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1301–1310.
- Steiner C., Das KC., Melear N., Lakly D., (2010). Reducing Nitrogen Loss During Poultry Litter Composting Using Biochar, *Journal of Environ. Qual.*, 39 (4), 1236-1242.
- Sünel S., Erşahin S., (2012). Türkiye’de Tarımsal Kaynaklı Yeraltı Suyu Nitrat Kirliliği, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 116-118.
- Taghizadeh-Toosi A., Clough TJ., Sherlock RR., Condron LM., (2012). Biochar Adsorbed Ammonia is Bioavailable, *Plant and Soil*, 350 (1-2), 57-69.
- Thomazini T., Spokas K., Hall K., Ippolito J., Lentz R., Novak J., (2015). GHG Impacts of Biochar: Predictability for the Same Biochar, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 207, 183–191.
- Yaman S., (2004). Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks, *Energy Convers Manag*, 45, 651–71.
- Yanai Y., Toyota K., Okazaki M., (2007). Effects of Charcoal Addition on N₂O Emissions from Soil Resulting from Rewetting Air-Dried Soil in Short-Term Laboratory Experiments, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53, 181–188.
- Van Zwieten L., Singh B., Joseph S., Kimber S., Cowie A., Chan KY., (2009). Biochar and Emissions of Non-CO₂ Greenhouse Gases from Soil. Biochar for Environmental Management: *Science and Technology*, 1, 227-250.
- Van Zwieten L., Singh BP., Kimber SWL., Murphy DV., Macdonald LM., Rust J., Morris S., (2014). An Incubation Study Investigating the Mechanisms That Impact N₂O Flux from Soil Following Biochar Application, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 53-62.
- Verheijen F., Jeffery S., Bastos AC., Van der Velde M., Diafas I., (2010). Biochar Application to Soils. A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes, and Functions, *European Commission, Joint Research Centre*, 24099, 162.
- Wilhelm WW., Johnson JMF., Hatfield JL., Voorhees WB., Linden DR. (2004). Crop and Soil Productivity Response to Corn Residue Removal: A Literature Review, *Agron. J.* 96, 1–17.
- Winsley P., (2007). Biochar and Bioenergy Production for Climate Change, *New Zealand Science Review*, 64 (1), 1-10.
- Zhang D., Pan G., Wu G., Kibue GW., Li L., Zhang X., Zheng J., Zheng J., Cheng K., Joseph S., Liu X., (2016). Biochar Helps Enhance Maize Productivity and Reduce Greenhouse Gas Emissions Under Balanced Fertilization in a Rainfed Low Fertility Inceptisol, *Chemosphere*, 142, 106-113.

Membran Teknolojileri ile Alternatif Su Temini: Desalinasyon ve Atıksu Geri Kazanımı

Reyhan Şengür-Taşdemir¹
reyhansengur@gmail.com

İsmail Koyuncu^{1,2*}
koyuncu@itu.edu.tr

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Prof. Dr. Dincer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri UYG-AR Merkezi, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

Özet

Dünyada ve ülkemizde kullanılabilir temiz su kaynaklarının artan nüfus, endüstrileşme ve küresel ısınma vb. gibi sebeplerden dolayı azalmaktadır. Nüfus artmasına bağlı olarak sanayi faaliyetlerinin artışı, tarımsal sulama, düzensiz kentleşme su kaynaklarının hızla yok olmasına ve ülkelerin su kıtlığı yaşama olasılığını artırmakta, varolan su kıtlığının artmasına sebebiyet vermektedir. Bu da su temini için insanoğlunun yeni alternatifler geliştirmesine yol açmaktadır. Bu alternatif arayışına en iyi iki çözüm atıksu geri kazanımı ve desalinasyondur. Atıksu geri kazanımı ve desalinasyon birçok farklı prosesle gerçekleştirilebilmektedir. Ancak bunlardan en verimli olan prosesler membran teknolojileridir. Bu derlemede atıksu geri kazanımı ve desalinasyonda kullanılan membran prosesler anlatılmıştır. Ülkemizde ve dünyada membran teknolojileri kullanılarak atıksu geri kazanımı ve desalinasyon gerçekleştiren tesisler hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Desalinasyon, su geri kazanımı, membran teknolojileri, su temini

Alternative Water Supply with Membrane Technologies: Desalination and Wastewater Recover

Reyhan Şengür-Taşdemir¹
reyhansengur@gmail.com

İsmail Koyuncu^{1,2*}
koyuncu@itu.edu.tr

¹ Istanbul Technical University, Prof. Dr. Dincer Topacık National Research Center on Membrane Technologies, 34469 Maslak, Istanbul, Turkey

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

Abstract

Fresh water supplies are decreasing day by day due to increased population, industrialization and global warming in the world as well as in our country. Fresh water is depleting due to increased industrial activities based on increased population, agricultural irrigation, unplanned urbanization, and this is increasing the probability of water scarcity and the amount of current water scarcity of countries in the world. Alternative solutions need to be developed in order to find new water sources. Desalination and wastewater reuse are two of the best solutions available. It is possible to use different methods for wastewater reuse and desalination, however, membrane technology offers the most efficient option. In this review, details on membrane technologies used in wastewater reuse and desalination. Also, current situation of membrane-based wastewater reclamation and desalination facilities in the world and in Turkey is presented.

Keywords: Desalination, water reuse, membrane technologies, water supply

1. Suyun Önemi

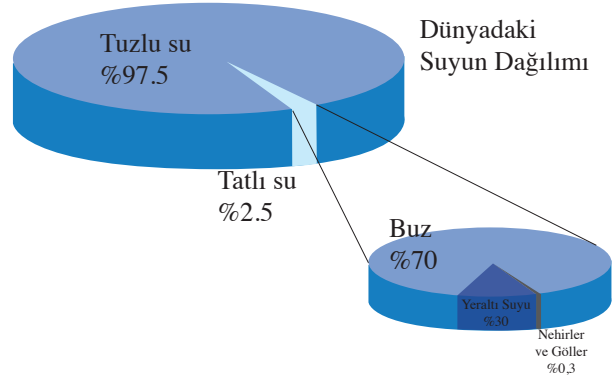
Dünya da 261 adet sınır aşan su bulunmaktadır ve nehir akımlarının %60'ı ve dünya nüfusunun % 40'ını oluşturmaktadır. 145 ülke sınır aşan su barındırmaktadır ve bu da bu ülkelerin birbiriyle ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Uluslararası ilişkilerde suyun önemi büyüktür. Kalkınma, insan, çevre, enerji vb. gibi konular suyla doğrudan ilgilidir. Ülkelerin kalkınması için su gereklidir. İyileştirilmiş su temini için yeni teknolojilerin uygulanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Enerji üretimi için de yine su gereklidir. Çoğu su temini yönteminde enerji tüketimi oldukça yüksektir ve yaklaşık olarak dünyadaki toplam enerji tüketiminin %10'unu oluşturmaktadır (Koyuncu, 2016).

Su; ekonomik ve politik açıdan da önemlidir. Ekonomik açıdan su; enerji üretimi, sulama, içme ve kullanma suyu temini, ulaşım, taşımacılık, turizm, rekreasyonel alanlar, doğal mineralli, jeotermal ve termal su temini, endüstride önemliken; politik açıdan denizden petrol ve doğalgaz üretimi, tuz ve mineral üretimi, nehirden kum ve çakıl temini, desalinasyon ve atıksu geri kazanımıyla içme ve kullanma suyu temini için önemlidir. Ayrıca nüfus artışı da karşılıklı ilişkilerde suyun önemini arttırmaktadır (Koyuncu, 2016).

2. Su Kıtlığı

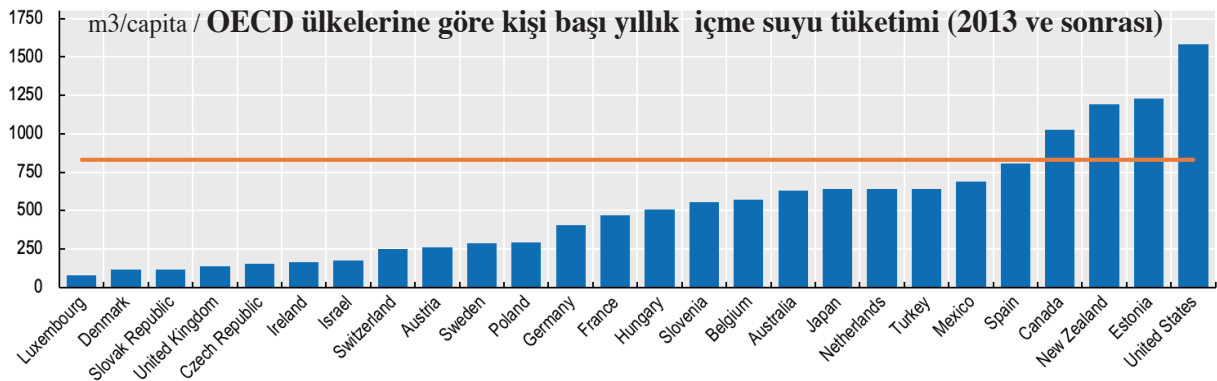
Dünya daki toplam su hacmi 1,4 milyar km³'tür. Fakat bunun sadece %0,3'lük bir kısmı içilebilir olarak nitelendirilmektedir. Geri kalan kısım buzullar, deniz suyu ve su buharı olarak yeryüzünde dağılmaktadır (Şekil). İçilebilir su kaynakları 108.000 km³ olup bu suyun sadece 47.000 km³'ü tatlı su kaynağıdır, geri kalan

kısmı göller ve nehirler oluşturmaktadır. Bu miktar herkes tarafından erişilebilir olsa, her bir kişi için yıllık 9000 m³ su tüketimi mümkün olabilecektir. İçilebilir su kaynaklarına erişim küresel bir problem olup, 2015 yılında dünya nüfusunun %91'i içilebilir su kaynaklarına erişebilmektedir. Bu da yaklaşık olarak 700 milyon kişinin bu kaynaklara erişemediği anlamına gelmektedir (OECD raporu, 2009).

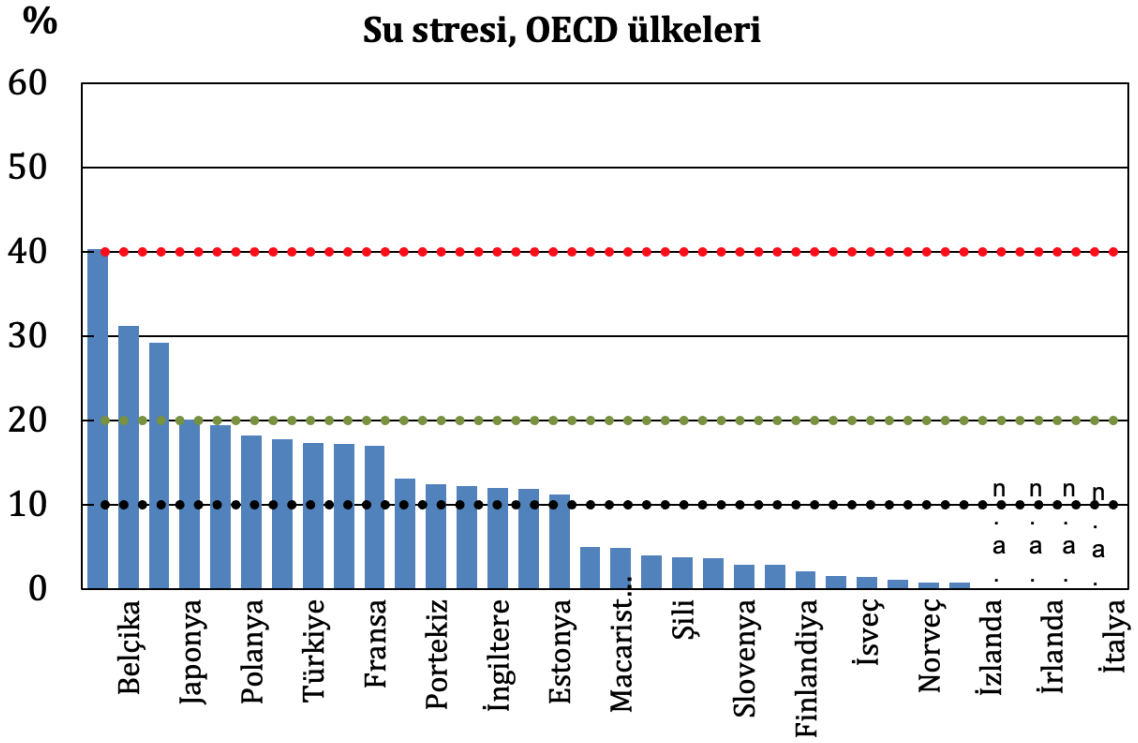


Şekil 1. Dünya daki su dağılımı (Muluk vd., 2013)

Su kaynaklarını, toplam su tüketiminin % 70 ile en çok tarımsal sulama kullanmaktadır. Bunu elektrik üretimi, buhar bazlı elektrik üretimi soğutma suları izlemektedir. Şekil 2 ve Şekil 3'te Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nin ülkeler bazında yıllık içme suyu tüketimleri ve su stresi yaşayan ülkeler belirtilmiştir. Şekiller incelendiğinde ülkemizin içme suyu tüketimi OECD ortalamasının altında kalmasına rağmen, ülkemiz orta seviyede su stresi yaşayan ülkeler arasındadır ve bu stresin 2050 yılına gelindiğinde yüksek su stresine evrileceği öngörülmektedir (Koyuncu ve Şengür-Taşdemir, 2018).



Şekil 2: OECD ülkelerine göre kişi başı yıllık içme suyu tüketimi (2013 ve sonrası) (OECD raporu, 2009; OECD istatistikleri, 2017).



Şekil 3. OECD ülkelerinde su stresi. <10=su stresi yok; 10-20=düşük su stresi; 20-40=orta su stresi; >40=yüksek su stresi (OECD raporu, 2009; OECD istatistikleri, 2017)

Su kıtlığı problemini çözümlmek için hem arz hem de talep bazlı önlemler alınabilir. Talep yönlü önlemlerden en önemlisi su tasarrufu ve su talebini azaltmaya yönelik topluma bilinç kazandırılmasıdır. Bunun yanı sıra, teknolojik açıdan su tasarrufu yapabilecek ekipmanların üretilmesi ve suyun rasyonel fiyatlandırılması gösterilebilir. Arz bazlı önlemlerde ise biriktirme yapıları, barajların ve iletim hatlarının inşası, atıksuların yeniden kullanımı ve desalinasyon ile deniz suyu arıtımı gösterilebilir (Koyuncu, 2016). Su geri kazanımı yapılabilmesi için kullanılan birçok alternatif bulunmaktadır. Tablo 1’de su geri kazanımının önemi ve yararları üzerine bilgiler verilmiştir.

3. Alternatif Su Temininde Membran Teknolojiler

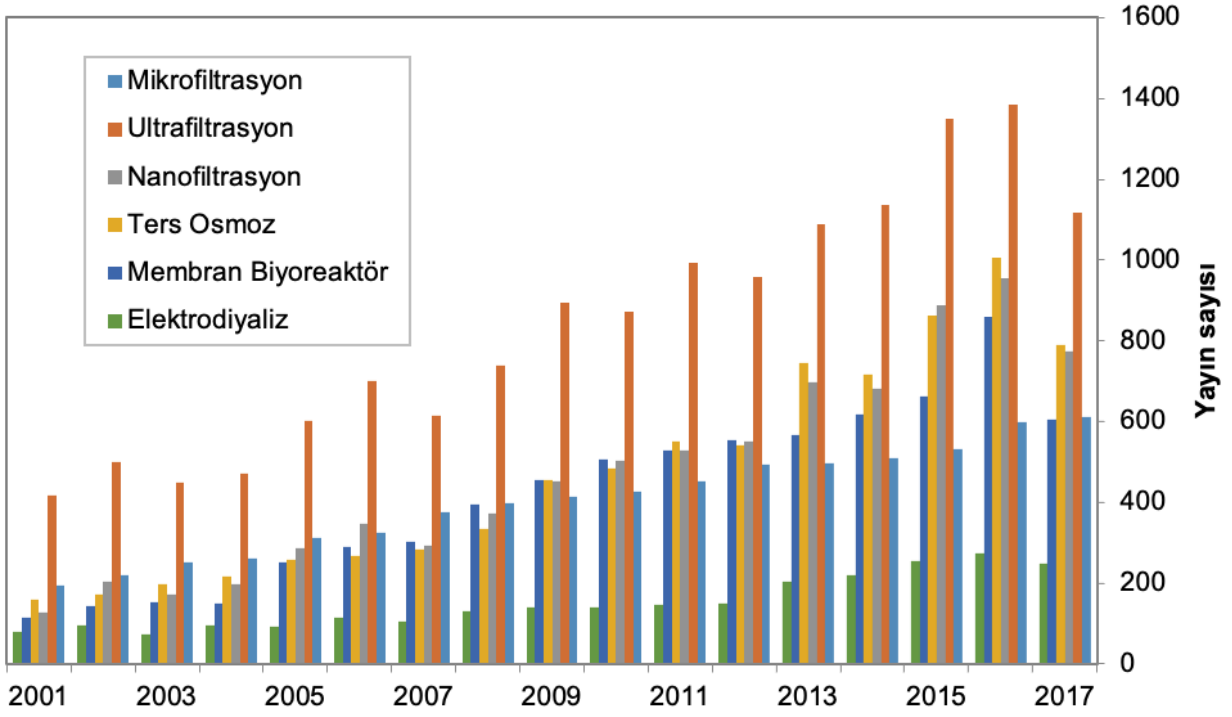
Dünyamızda su kaynaklarının korunmasının gerekliliği her geçen gün artış göstermektedir. Bu da yeni alternatiflerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Atıksu geri kazanımı ve desalinasyon bu sebeple her geçen gün önem kazanmaktadır.

Membran; seçici geçirgen bariyerler olup farklı sürücü kuvvetler uygulandığında ayırma işlemi gerçekleştiren yapılardır. Basınç, sıcaklık, konsantrasyon, buhar basıncı, elektriksel potansiyel farkı gibi sürücü kuvvetler bulunmaktadır. Atıksu geri kazanımı ve desalinasyon uygulamalarında kullanılan membran teknolojileri mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters osmoz (TO), membran biyoreaktör (MBR), elektrodiyaliz (ED) vb. olarak söylenebilir. Şekil 4’te MF, UF, NF, TO, MBR ve ED membran proseslerinin, Şekil 5’te de membran prosesler ile su geri kazanımı hakkında “Web of Science”dan 2000 yılından itibaren oluşturulmuş yıllara göre yayın bilgileri verilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5’ten de görüleceği üzere yıllara göre yayın sayıları büyük artış göstermektedir.

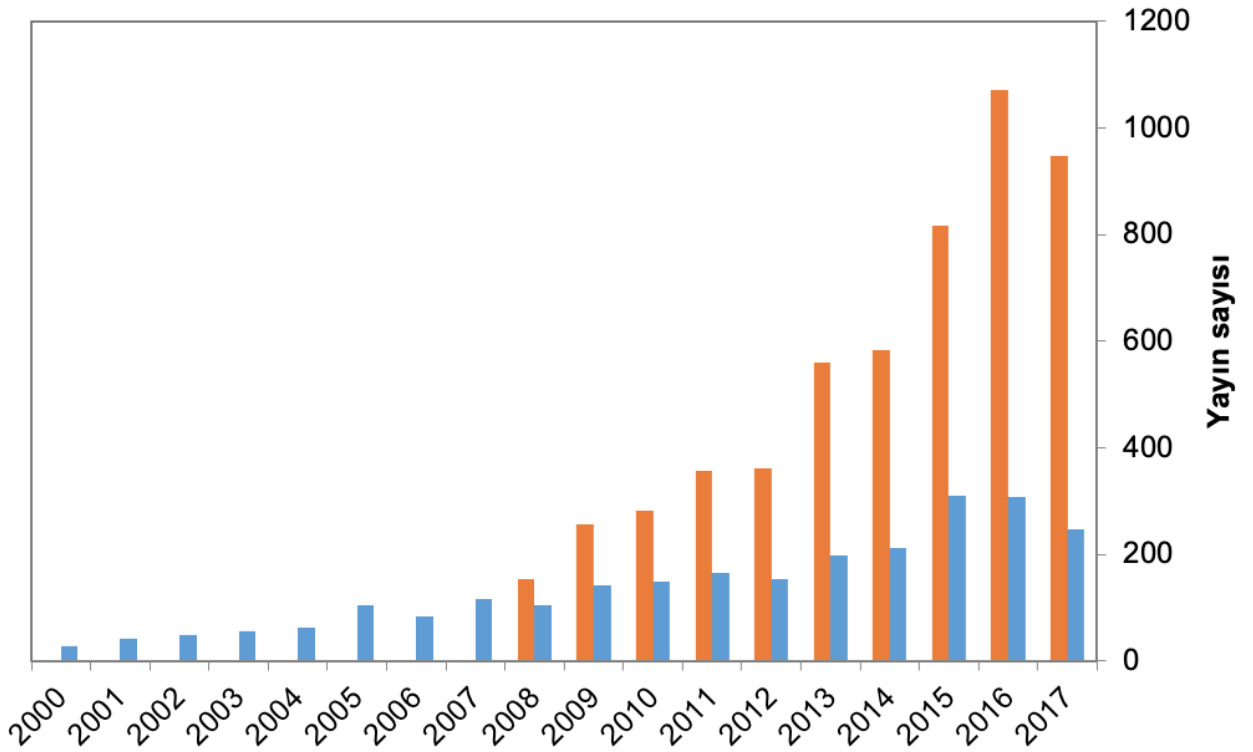
Atıksu arıtımı ve geri kazanımı için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler ve giderdiği kirleticiler hakkında Tablo 2’de bilgi verilirken, Şekil 6’da geri kazanım uygulamaları hakkında bilgi verilmektedir. Şekil 7’de ise geri kazanım akım şemaları gösterilmektedir.

Tablo 1. Su geri kazanımının önemi, olası yararları ve kullanımının artmasına destek olabilecek sebepler (Asano vd., 2007; Koyuncu ve Şengür-Taşdemir, 2018).

Su geri kazanımının önemi	
<ul style="list-style-type: none"> • Su sınırlı bir kaynak (İnsanların suyu bir kez kullanma lüksü her geçen gün azalmaktadır.) • Suyun döngüsünün farkında olmak ve bunun daha iyi ve fazla şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak • Geri kazanımı yapılan suyun içme suyu gerektirmeyen uygulamalarda (sulama ve soğutma vb. gibi) kullanılmaya uygun oluşu ve su kaynaklarını destekleyerek suyun etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak 	<ul style="list-style-type: none"> • Suyun etkin bir biçimde kullanılmasını sağlayarak su kaynaklarının sürdürülebilir olmasına katkıda bulunmak • Su geri kazanımından elde edilen su ile enerjinin ve kaynakların daha etkin kullanımını sağlamak • Su geri kazanımı sayesinde alıcı ortama deşarj edilen suyun hacmi düşürülerek çevrenin korunmasına katkıda bulunmak
Su geri kazanımının olası yararları	
<ul style="list-style-type: none"> • Temiz su kaynaklarının korunumu • Kirlenmeye sebep olabilecek nütrientlerin kontrolünün sağlanması • Deşarj edilen miktarın azaltılması sonucu sulak ortamlardaki hassas canlıların korunması • Ekonomik avantaj sağlanması 	<ul style="list-style-type: none"> • Geri kazanımı yapılmış su içerisinde bulunan nütrientler sayesinde gübre kullanımının azalması ve buna bağlı olarak kaynakların korunumu (Geri kazanılmış su içerisinde nütrientler bulunursa ve bu sulama amaçlı kullanılırsa ürün eldesi için daha az gübre kullanımı gerekmektedir.)
Su geri kazanımının uygulanmasını arttıracak diğer faktörler	
<ul style="list-style-type: none"> • Erişilebilirlik: Geri kazanılan su, olduğu yerde yeniden kullanılacağı için suyun pahalı olduğu bölgelerde kolay erişilebilir olması • Güvenilirlik: Geri kazanılan suyun miktarının tahmin edilebilir bir su kaynağı olması (Su kıtlığı bile yaşansa kentlerden çıkacak atıksu miktarı muhtemelen aynı kalacaktır ve buna bağlı olarak geri kazanılacak su miktarı da tahmin edilebilir olacaktır.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Çok yönlülük: Su geri kazanımı ile mevcut su temini kaynaklarına göre alternatif su temininin yapılabilir olması • Güvenlik: Kullanım suyu amaçlı su geri kazanımı sistemlerinin yaklaşık olarak 40 yıldır kullanılması ve sağlık riski oluşturabilecek herhangi bir durumun dünya çapında rapor edilmemiş olması
Su geri kazanımının uygulanmasını arttıracak diğer faktörler	
<ul style="list-style-type: none"> • Su kaynaklarına olan rekabet: Artan nüfusla birlikte var olan su kaynakları üzerindeki baskının artması ve alternatif kaynaklara olan ihtiyacın artması 	<ul style="list-style-type: none"> • Suyun maliyeti: Suyun maliyetinin daha doğru rakamlara ulaşmasının sağlanması
Su geri kazanımının önemi, olası yararları ve kullanımının artmasına destek olabilecek sebepler	
<ul style="list-style-type: none"> • Deşarj standartları: Daha sıkı hale gelen deşarj standartlarına bağlı olarak atıksu arıtma tesislerindeki proseslerin iyileştirilmesi gerekliliğinin maliyeti arttırması ve bu durumda geri kazanım önemi 	<ul style="list-style-type: none"> • Gereklilik ve Oportünizm: Su kıtlığı, kuraklık, atıksu deşarj standartlarının artırılması, ekonomik, politik ve teknik sebeplere bağlı olarak su geri kazanımı projelerine olan gereksinimlerin artması



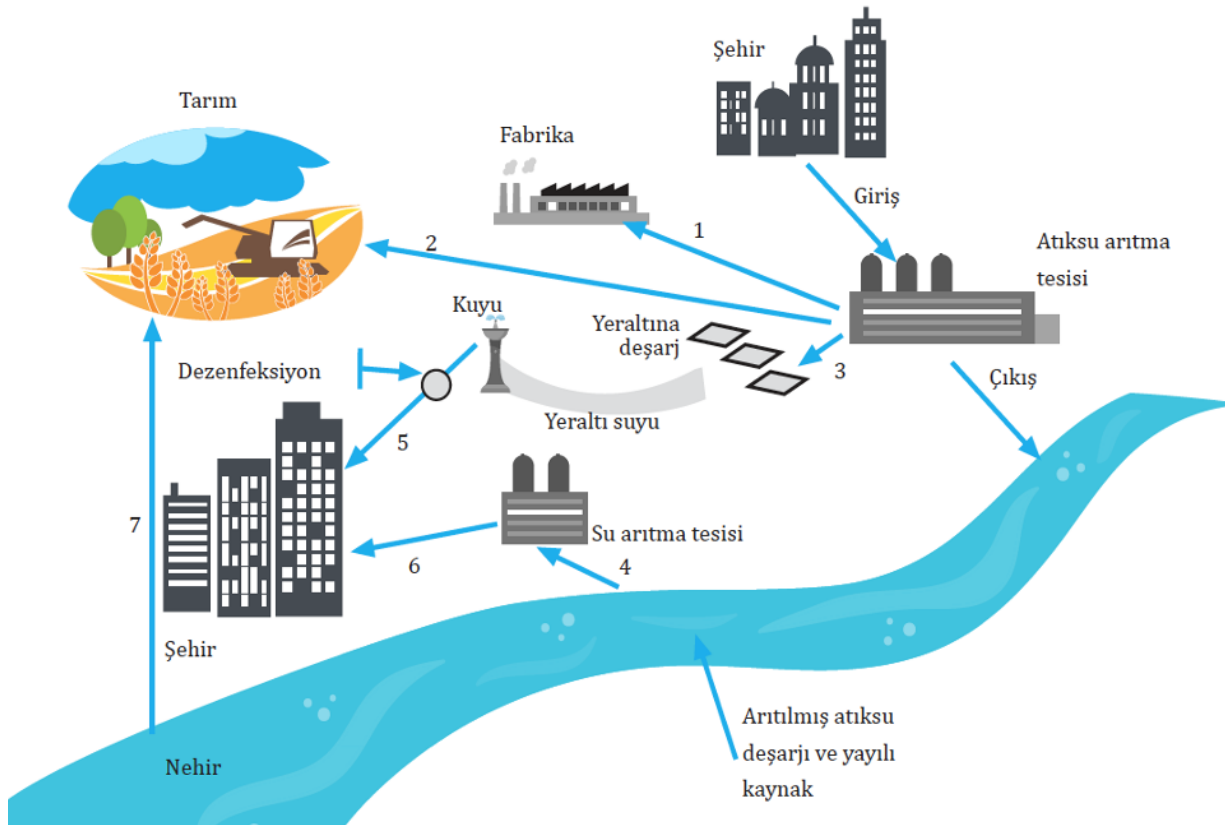
Şekil 4. Çeşitli membran proseslere ait “Web of Science” veri tabanına göre elde edilen yayın sayılarındaki değişim (Web of Science, Ekim 2017).



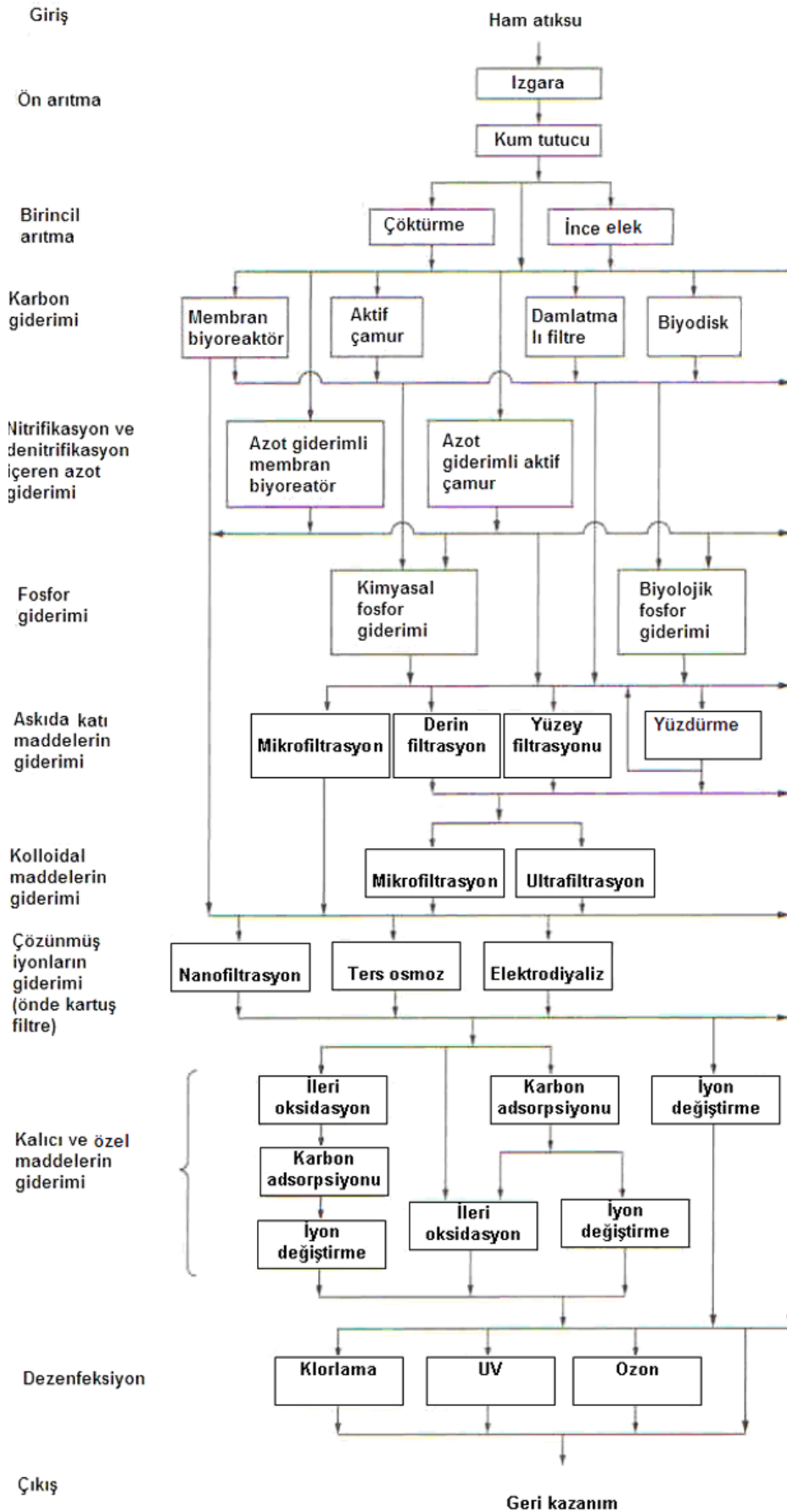
Şekil 5. Membran teknolojiler ile su geri kazanımı ve desalinasyon ile alakalı “Web of Science” veri tabanına göre elde edilen yayın sayılarındaki değişim (Web of Science, Ekim 2017).

Tablo 2. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler (Metcalf ve Eddy, 2006)

Arıtma birimleri	Askıda katı madde	Kolloidal maddeler	Partiküller organik	Çözünmüş organik madde	Azot	Fosfor	Eser maddeler	Toplam çözünmüş madde	Bakteri	Protozoa	Virüs
İkincil arıtma	X			X							
Nütrient giderimi				X	X	X					
Filtrasyon	X								X	X	
Yüzey filtrasyonu	X		X						X	X	
Mikrofiltrasyon	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasyon	X	X	X						X	X	X
Flotasyon	X	X	X							X	X
Nanofiltrasyon			X	X			X	X	X	X	X
Ters osmoz				X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrodiyaliz		X						X			
Karb. adsorpsiyonu				X			X				
İyon değiştirme					X		X	X			
İleri oksidasyon			X	X			X		X	X	X
Dezenfeksiyon				X					X	X	X



Şekil 6. Atıksu geri kazanım uygulamaları (1: Doğrudan endüstriyel geri kullanım, 2: Doğrudan tarımsal geri kullanım, 3: Yeraltına deşarj, 4: Nehirden dolaylı kullanım, 5: Kuyulardan dolaylı kullanım, 6: İçme suyu şebekesine, 7: Dolaylı tarımsal kullanım) (Köseoğlu-İmer vd. 2018)



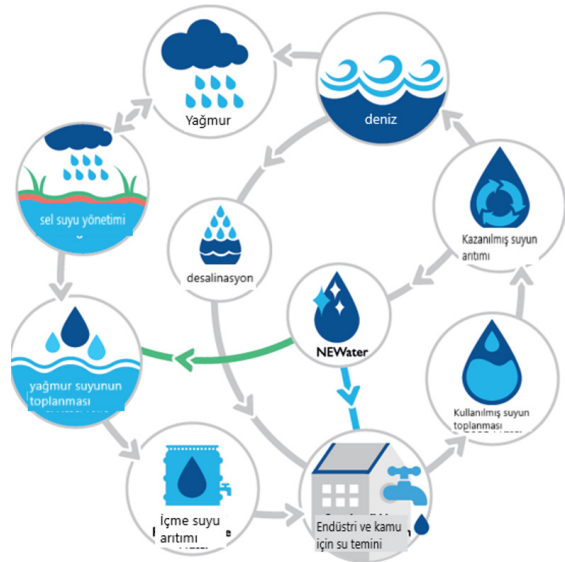
Şekil 7. Atıksu geri kazanımı akım şemaları (Metcalf ve Eddy, 2006)

3.1. Membran teknolojileriyle atıksu geri kazanımında dünyadan örnekler

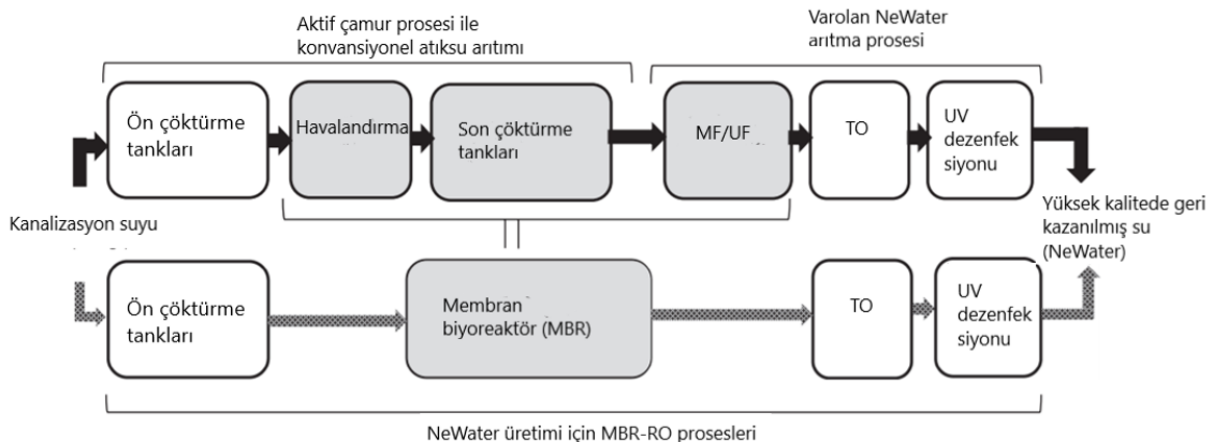
Singapur, Kuveyt, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Belçika, Çin, Japonya vb. gibi ülkelerde membran teknolojileri kullanılarak atıksu geri kazanımı uygulamaları bulunmaktadır.

Singapur, 718 km²'lik bir alana kurulmuş ada ülkesidir ve 5.5 milyon insana ev sahipliği yaparak km² başına düşen insan sayısı da oldukça yükündür. Su kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle suyunun bir kısmını Malezya'dan (1,82 milyon m³/gün) ithal etmektedir. Singapur'da su döngüsü Şekil 8'de verilmiştir. Singapur'da suyun yeniden kullanımı iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlardan geri kazanılmış atıksuyun endüstriyel proseslerde tekrardan kullanımı ve NeWater prosesinde ileri arıtma yöntemleri kullanılarak içme suyu olarak kullanımıdır. 72.000 m³/gün'lük kapasitesiyle NeWater projesi 2003 yılında devreye alınmış olup, hem indirekt hem de direkt kullanımda kullanılabilir seviyede EPA ve WHO standartlarına uygun çıkış suyu kalitesinde atıksu arıtımı gerçekleştirilebilmektedir. İndirekt kullanımda geri kazanılan su silikon plaka üretiminde, enerji üretiminde, petrokimya sanayinde ve soğutma kulelerinde proses suyu olarak kullanılabilir. Direkt kullanım uygulamalarında arıtılan su rezervuar ve yağmur suyu kanallarına deşarj edilip içme suyu arıtma tesislerine ulaşmaktadır. Proseste kullanılan arıtma sisteminin genel hatları iki ayrı akım olarak Şekil 9'da verilmiştir. İlk akımda 1. Aşamada atıksular konvansiyonel yöntemlerle arıtılmakta olup, askıda katı mad-

deler, koloidal partiküller ve hastalık yapıcı bakterilerin giderilmesi için MF/UF sisteminden geçirilmekte, sonrasında sudaki tüm bakteri-virüs-protozoalar, ağır metaller, nitrat, sülfat, organik bileşikler uzaklaştırılması için TO membranları kullanılmaktadır ve TO çıkış suyunun tekrardan içme suyu olarak kullanılabilmesi için UV dezenfeksiyonu yapılmaktadır. İkinci akımda ise konvansiyonel arıtma ve MF/UF filtrasyonu aşaması yerine aynı görevi yerine getiren MBR teknolojisi kullanılmıştır ve arıtılan su ilk akımdaki gibi TO ve UV dezenfeksiyona iletilmiştir. 2016 yılı itibariyle, NeWater ülkenin su ihtiyacının %40'ını karşılamaktadır. 2030 yılına geldiğinde bu kapasitenin %50'ye ulaşması beklenmektedir (PUB, 2017; İmer vd., 2018).



Şekil 8. Singapur su çevrimi (PUB 2, 2017).

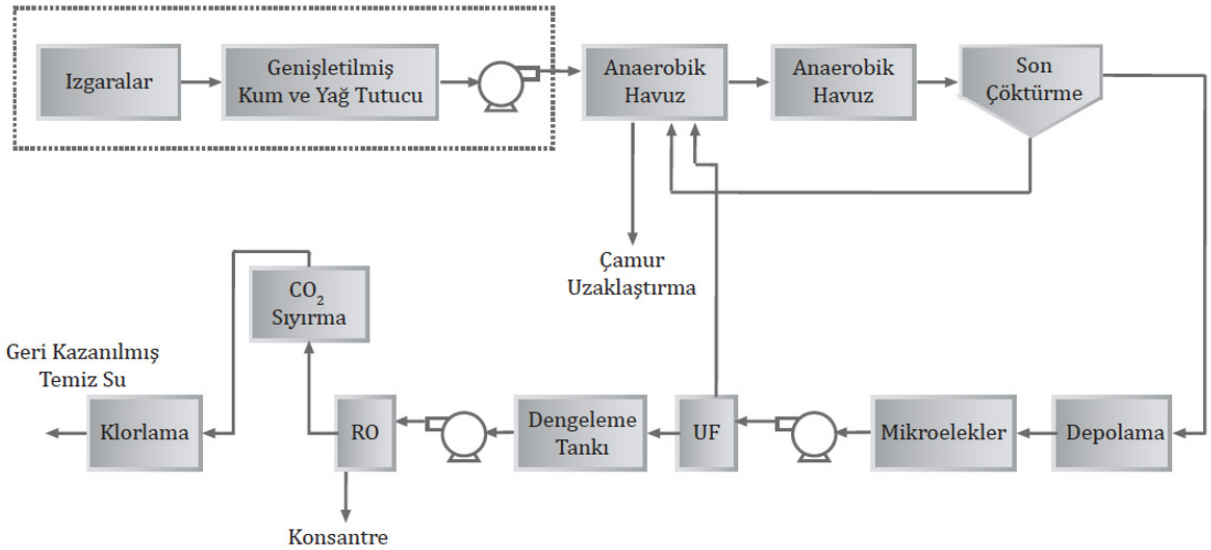


Şekil 9. NeWater treatment technologies (Lee and Tan, 2016).

Sulaibiya, Kuveyt örneği

Sulaibiya dünyanın en büyük membran teknolojileri kullanılarak atıksu geri kazanımı tesisi ve kapasitesi 375.000 m³/gün'dür. Sulaibiya'dan deşarj edilen su, acı su ile karıştırılıp varolan acı su dağıtım tesislerini iyileştirmede kullanılmaktadır. Tesise ait akım şeması Şekil 10'da verilmiştir. Tesiste konvansiyonel biyolojik atıksu arıtma tesisinin ardından, atıksu ikincil derecede arıtılmakta ve çıkış suyu, UF ve TO proseslerini içeren geri kazanım tesisinde işlenmektedir. UF'nin TO öncesi kullanılması sayesinde TO membranlarının ömrü artmakta, işletme basınçları düşmekte ve kimyasal yıkama döngüsü süresi artmaktadır. UF ve TO'nun be-

haber uygulanması içme ve kullanma suyu seviyesinde kaliteli bir su temini ile birlikte, suyun tarım ve yeraltı suyu deşarjında kullanım imkanı da ortaya çıkarmaktadır. TO süzütüsü karbondioksit sıyırıcıdan geçirilerek pH'ı yükseltilmekte ve kostik kullanımı minimumda tutulmaktadır. Tesis çıkışında su klorlanmaktadır. TO konsantrasyonu de Basra körfezine deşarj edilmektedir. Tesisinden elde edilen çıkış suyu kalitesi WHO'nun belirlediği içme suyu standartlarına göre daha iyidir ve alternatif bir kaynak olarak tarımsal sulamada da kullanılmaktadır (Suez, 2017).



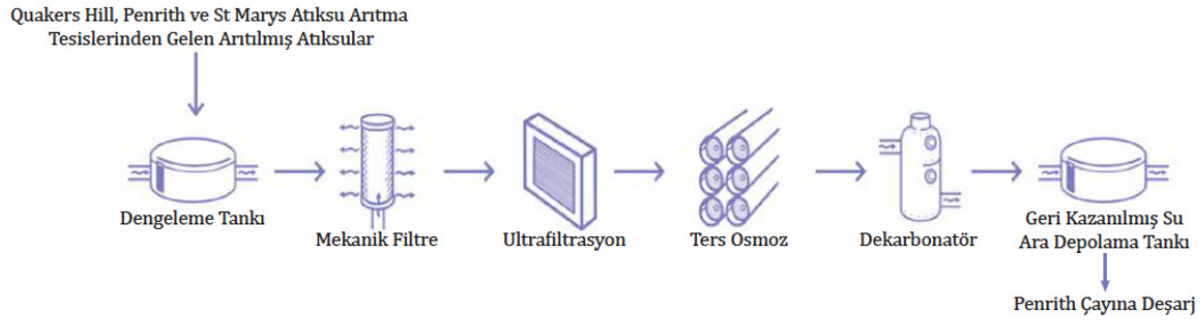
Şekil 10. Sulaibiya atıksu geri kazanım tesisi akım şeması (SUEZ, 2017; Köseoğlu-İmer vd., 2018)

Kaliforniya, ABD atıksu geri kazanım örneği

Kaliforniya su zengini olan bir bölge olmadığı için çok uzun zamandır atıksu geri kazanımı uygulamaları revaçtadır. Orange County için ise Kuzey Kaliforniya'dan su temininin maliyetli olması sebebiyle bu bölgeye atıksu geri kazanım tesisi kurulmuştur. Kurulu olan geri kazanım tesisi MF, TO ve ileri oksidasyon olarak hidrojen peroksit ve UV arıtma basamaklarını içermektedir. Tesis kapasitesi 270.000 m³/gün'dür ve kullanılan membran prosesleri sayesinde farmasötikler, pestisitler ve diğer zararlı maddeler alıcı ortama verilmeden giderilmektedir (EPA, 2012).

Avustralya su geri kazanım örneği

Yıllık 18 milyon m³ atıksu geri kazanma kapasitesi olan tesiste, üç farklı atıksu arıtma tesisinden gelen üçüncül derecede arıtılmış atıksular işlenerek geri kazanılmaktadır. Tesise ait akım şeması Şekil 11'de verilmiştir. Buna göre gelen arıtılmış atıksular önce bir dengeleme tankına gelip, mekanik filtreden geçmektedir. Ardından UF membrandan geçirilip askıda katı maddeler, bakteriler, virüsler ve organik maddelerin bir kısmı giderilmektedir. Sonraki aşamada TO membranlar kullanılıp ileri seviyede ayırım gerçekleştirilmektedir ve arıtılan su dekarbonatörden geçip ardından pH ayarı yapılarak Penrith çayına verilmektedir (EPA, 2012).



Şekil 11. Avustralya St. Mary's su geri kazanım tesisi akım şeması (Thesportsdb, 2017)

3.1.1. Membran teknolojileriyle atıksu geri kazanımında ülkemizdeki uygulamalar

Ülkemizde de atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanılması üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artış göstermektedir ve bu uygulamalarda membranların kullanılması da artmaktadır. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) atıksuyun geri kazanılıp yeniden kullanılması üzerine birden çok çalışma gerçekleştirmiştir. Mevcut uygulamalar içerisinde dezenfeksiyon

ve filtrasyon kullanılarak yapılan uygulama çalışmaları bulunmaktadır. Ambarlı AAT'de tesis çıkış suyuna kapasitesi 5000 m³/gün olan UF uygulaması yapılmıştır. İSKİ Ambarlı AAT'de çalıştırılan geri kazanım pilot tesise ait su kalitesi Tablo 3'de verilmiştir. Ataköy AAT'de yine tesis çıkış suyuna kapasitesi 5000 m³/gün olan kum filtrasyonu ve UF uygulaması yapılmıştır. Ağva AAT tesisi ise revize edilerek 4000 m³/gün kapasitede MBR tesisi kurulmuştur. İSKİ'ye

Tablo 3. İSKİ Ambarlı AAT atıksu geri kazanım pilot sistemi su kalitesi (Köseoğlu-İmer vd., 2018)

Parametre	Ham Su	UF Çıkış	TO Çıkış
KOI (mg/lt)	34 ± 12	17 ± 6	5 ± 3
AKM (mg/lt)	26 ± 12	2 ± 1.3	0 ± 0
TOK (mg/lt)	28 ± 19	25 ± 13	0.4 ± 0.3
Florür (ppm)	0.3 ± 0.1	0.28 ± 0.04	0.07 ± 0.06
Klorür (ppm)	329 ± 103	277 ± 68	37 ± 48
Nitrit (ppm)	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.2
Nitrat (ppm)	16 ± 8	11 ± 4	4.8 ± 4
Sülfat (ppm)	156 ± 44	130 ± 26	1.4 ± 1.6
Fosfat (ppm)	6.48 ± 2	5.8 ± 1	1.6 ± 1.8
Bromür (ppm)	1.9 ± 0.6	2 ± 0.04	0.6 ± 0.8
Sodyum (ppm)	268 ± 84	224 ± 56	25 ± 33
Amonyum (ppm)	3.85 ± 2	3.52 ± 3	0.96 ± 1
Magnezyum (ppm)	14 ± 3	13 ± 4	0.45 ± 0.2
Kalsiyum (ppm)	93 ± 25	76 ± 15	2.4 ± 2
Potasyum (ppm)	26 ± 6	22 ± 5	3 ± 3
Nikel (ppm)	0.1 ± 0.05	0.11 ± 0.05	0.04 ± 0.02
Bakır (ppm)	0.06 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01
Alüminyum (ppm)	0.2 ± 0.07	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.2
Bor (ppm)	0.26 ± 0.02	0.28 ± 0.02	0.22 ± 0.03
Si (ppm)	6.95 ± 0.25	7.15 ± 0.84	0.26 ± 0.5
Kurşun (ppm)	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Demir (ppm)	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.04	0.01 ± 0.01
Mangan (ppm)	0.12 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Fekal Koliform (kob/100 ml)	>241960	11	0
Toplam Koliform (kob/100 ml)	>241960	13	0

ait AAT'lerde yeniden kullanım suyu amaçlı üretilen su miktarları (dezenfeksiyon ile yapılanlar dahil) Tablo 4'de verilmiştir. İSKİ geri kazanılmış suyun kullanımını teşvik amaçlı fiyatta indirim yapmıştır ve 2015 yılında 91 kuruştan fiyatlandırılan geri dönüşüm suyunu şu anda 34 kuruştan fiyatlandırmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinden elde edilen geri dönüşüm suları; Avrupa ve Anadolu Yakası'nda yer alan belediyeler, temizlik araçları, sanayi siteleri, yeşil alanlar, park ve bahçeler ile tesis ve havalimanlarında kullanılabilir. Geri dönüşüm sularının tekrar kullanılması sayesinde, baraj rezervlerinin yükü kısmen de olsa azalmakta, böylelikle İstanbul'un su rezervlerinin içme ve kullanma suyu amacıyla daha verimli kullanılabilmesi sağlanmaktadır. İstanbul'da İSKİ tarafından geri

kazanım sularının kullanıldığı yerleri gösteren harita Şekil 12'de verilmiştir.

İSKİ dışında Kocaeli Su ve Kanalizasyon Dairesi de (İSU) atıksuyun geri kazanılması üzerine ilk çalışmasını 2011 yılında Gebze AAT'de gerçekleştirmiştir ve elde edilen su TSE Gebze kampüsünde park ve bahçe sulama suyu olarak kullanılmıştır. 2013 yılında ise İSU Kandıra AAT'lerinde endüstride proses suyu olarak kullanmak üzere atıksuyun geri kazanılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Körfez AAT'de ise geri kazanılmış su temin eden TÜPRAŞ kendi tesislerinde TO membran sistemi kurarak aldıkları suyu TO prosesinden geçirip proses suyu olarak kullanmaktadır (İSTKA raporu, 2018; İmer vd, 2018).

Tablo 4: İSKİ'ye ait Geri Kazanım Tesislerinde Üretilen Arıtılmış Su Miktarları (İSTKA raporu, 2018).

		Geri Kazanım Tesislerinde Üretilen Arıtılmış Su Miktarı (m ³ /YIL)				
Atıksu Arıtma Tesisi Arıtılmış Atıksu Geri Kazanım Tesisi Mevcut Kapasitesi (m ³ /gün)		2014	2015	2016	2017- 6 AYLIK DÖNEM	2018- 9 AYLIK DÖNEM
Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	5.000	963.235	473.880	308.541	169.520	276.748
Ambarlı İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	5.000	3.327.236	690.549	686.945	347.296	524.133



Şekil 12. İSKİ'ye ait AAT'lerde kazanılmış atıksuyun yeniden kullanıldığı yerler

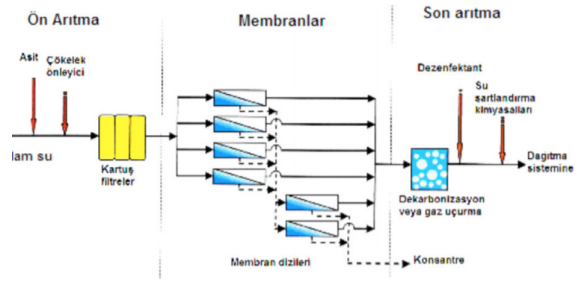
3.2. Desalinasyon

Mevcut su kaynaklarındaki azalma sonucu deniz suyunun arıtılarak içme suyu eldesi desalinasyon konusunun önemini arttırmıştır. Deniz suyu arıtımı için termal ve membran prosesler kullanılmaktadır. Termal proseslerde suyun temiz suyu buharlaştırılarak tekrar kondense edilmesini içermektedir. Öte yandan membran proseslerde basınç sürücü TO ve elektrik potansiyel farkı sürücülü ED membranları kullanılmaktadır. 2005 yılında varolan dünyadaki desalinasyon tesislerinin neredeyse % 60'ı termal prosesleri içermektedirken, günümüzde bu rakam tam tersine dönmüştür ve varolan tesislerin %63'ünde ters osmoz. %3'ünde de ED membranları kullanılmaktadır (Gude, 2016). Ters osmoz ile desalinasyon üç aşamadan oluşmakta olup bunlar; ön arıtma, membran sistemi ve son arıtmadır. Ön arıtım aşaması ters osmoz membranlarının yüksek basınçta işletilmeleri ve maliyetlerinin yüksek oluşları sebebiyle TO membranlarının ömürlerinin uzatılması ve yaşanabilecek işletme problemlerinin önüne geçmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 13'de tipik bir desalinasyon tesisine ait şematik verilmiştir. Ön arıtmada ham suyun beslenmesi kararlı debide ve biyolojik büyümeyi önleyici özellikte olmalıdır. Ön arıtmada koloidal ve partiküler kirlenmeler çökelek oluşturucu inorganik ve organik kirlenmeler ve mikroorganizmalar uzaklaştırılmaktadır. Bu sebeple ön arıtmada kimyasal ilavesi yapılabilmekte, granüler ya da membran filtrasyonu uygulanabilmektedir. TO membranları poliamid veya türevleri, selüloz asetat, selüloz triasetat veya diğer organik polimerlerde yapılabilir. TO membranları sonrası elde edilen süzüntü ve konsantre akımları son arıtma basamağında ilave arıtmadan geçer. Son arıtmada gaz uçurucular, kimyasal madde ilavesi ve stabilizasyon üniteleri bulunmaktadır. Arıtılan su hiç iyon içermediği için korozif etki gösterebilir. Bu sebeple pH ayarının yapılması gerekmektedir. Bunun dışında desalinasyon için maliyet de önemlidir ve maliyetin çok büyük bir kısmını enerji gereksinimleri (yaklaşık %65) oluşturmaktadır (Gude, 2016; Akgül, 2016; MEMTEK bülteni, 2017).

3.2.1. Desalinasyon tesislerinin dünyadaki durumu

Dünyada yaklaşık olarak 20.000'den faz-

la desalinasyon tesisi bulunmaktadır ve tesisler en yoğun olarak Orta Doğu ve Amerika Birleşik Devletlerin de kurulmuştur. 1945'ler de desalinasyon kapasitesi 326 m³/gün iken bu rakam Haziran 2015 tarihi itibarıyla günlük 86,8 milyon m³/gün olmuştur. 2030 yılına gelindiğinde tesis kapasitelerinin 110 milyon m³/güne ulaşacağı düşünülmektedir. TO membranları kullanılarak kurulan desalinasyon tesisleri son 30 yılda artış göstermiştir ve dünya çapında membran prosesler kullanılan desalinasyon tesisi kapasitesi 13 milyon m³/gün'dür (MEMTEK bülteni, 2017). Dünyadaki en büyük membran teknolojileri kullanılan desalinasyon tesisleri Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 14. Ters osmoz sistemine ait akım şeması (AWWA, 2007; MEMTEK bülteni, 2017)

Tablo 5. Dünyadaki en büyük membran teknolojisinin kullanıldığı desalinasyon tesislerinden örnekler (MEMTEK bülteni 2017)

Tesis	Kapasite (m ³ /gün)	Yeri	Teknoloji	Devreye alınma tarihi
Ras al-Khair	1.036.000	Suudi Arabistan	Ters Osmoz + Distilasyon	2015
Jebel Ali	637.000	Birleşik Arap Emirlikleri	Ters Osmoz	2018 (beklenen)
Sorek	624.000	İsrail	Ters Osmoz	2013
Fujairah 2	591.000	BAE	Ters Osmoz + Distilasyon	2010
Hadera	525.000	İsrail	Ters Osmoz	2009
Victoria	450.000	Avustralya	Ters Osmoz	2012
Desalination				
Ashkelon	396.000	İsrail	Ters Osmoz	2005
TuaSpring	318.500	Singapur	Ters Osmoz	2013
Adelaide	300.000	Avustralya	Ters Osmoz	2012
Torre Vieja	240.000	İspanya	Ters Osmoz	2011
Claude "Bud" Lewis	190.000	ABD	Ters Osmoz	2015
Ras Abu Fontas	164.000	Katar	Ters Osmoz	2018 (beklenen)
Beckton	150.000	İngiltere	Ters Osmoz	2010
Az Zour	136.000	Kuveyt	Ters Osmoz	2014
Tampa Bay	114.000	ABD	Ters Osmoz	2008
Point Lisas	110.000	Trinidad	Ters Osmoz	2013

3.2.2. Desalinasyon tesislerinin ülkemizdeki durumu

Türkiye’de desalinasyon uygulamaları sınırlı sayıdadır. Bunlardan Ayşa Adasında ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde Mağusa şehrinde 4000 m³/gün’lük iki adet desalinasyon tesisi denizden içme suyu arıtımı amaçlı kurulmuştur. Ülkemizdeki diğer desalinasyon uygulamaları genellikle endüstridedir. Zonguldak’da Eren Enerji termik santralinde 37.920 m³/gün’lük, İzmir ENKA Aliağa doğalgaz enerji çevrim santralinde 1.800 m³/gün’lük, Bandırma EnerjiSA Enerji santralinde ise 1.440 m³/gün’lük, TÜPRAŞ İzmit rafinerisinde 3.600 m³/gün’lük, İÇDAŞ Demir çelik tesisinde 12.000 m³/gün’lük, Gebze’de Diler Demir çelik tesisinde 3.600 m³/gün’lük ve Gebze Çolakoğlu Metalurjide 1440 m³/gün’lük kapasiteye sahip desalinasyon tesis-

leri bulunmaktadır. Diğer uygulamalar turistik bölgelerde oteller tarafından tercih edilen küçük çaplı desalinasyon sistemleridir (MEMTEK bülteni, 2017).

4. Genel Değerlendirme

İçilebilir su kaynaklarının gün geçtikçe azaldığı dünyamızda varolan su kaynaklarının korunması, yeni alternatif su kaynaklarının oluşturulabilmesi için membran teknolojilerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu derlemede de alternatif su temini için atıksu geri kazanımı ve desalinasyon amacıyla kullanılan membran teknolojiler açıklanmıştır. Membran teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilen atıksu geri kazanım uygulamalarının ve desalinasyon tesislerinin dünyadaki ve ülkemizdeki güncel durumu ir- delenmiştir.

Kaynaklar

- Akgül D., (2006). Türkiye’de Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Sistemleri ile İçme ve Kullanma Suyu Üretiminin Maliyet Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asano T., Burton FL., Leverenz HL., Tsuchihashi R, Tchobanoglous G., (2007). Water Reuse: Issues Technologies and Applications, *McGraw-Hill Education*, 1st Edition.
- AWWA Manuel (2007). Reverse Osmosis and Nanofiltration, *AWWA*.
- EPA, (2012). Guidelines for Water Reuse, *EPA/600/R-12/618*.
- Gude VG., (2016). Desalination and Sustainability – An Appraisal and Current Perspective, *Water Research*, 89, 87-106.
- İSTKA Raporu, (2018). Artırılmış Evsel Atıksuların Tarımsal ve İnsani Kullanım Amaçlı Geri Kazanımının Pilot Ölçekli Olarak Araştırılması, *İSTKA/2016/YYN-224*, proje sonuç raporu.
- Koyuncu İ., Öztürk İ., (2008). Artırılmış Kentsel Atıksuların Sulama ve Kullanım Suyu Olarak Geri Kazanımı, *Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları’08 Sempozyumu*, 02-06 Kasım, İstanbul.
- Koyuncu İ., (2016). Su ve Güç: Türkiye’nin Su Potansiyeli, *Sultangazi Belediyesi*.
- Koyuncu İ., Şengür-Taşdemir R., (2018). Bölüm 1. Giriş. Su Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanımında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Cilt 1.
- Köseoğlu-İmer D., Güçlü S., Koyuncu İ., (2018). Bölüm 14. Evsel Atıksuların Membran Teknolojileri ile Geri Kazanımı. Su Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanımında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Cilt 2.
- Lee H., Tan. TP., (2016). Singapore’s experience with reclaimed water: NEWater, *International Journal of Water Resources Development*, 32 (4), 611-621, DOI: 10.1080/07900627.2015.1120188.
- MEMTEK Bülteni, (2017). Desalinasyon, 2 (3), ISSN: 2564-6176.
- Metcalf & Eddy, (2006). Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, *McGraw Hill*, New York.
- Muluk ÇB., Kurt B., Turak A., Türker A., Çalışkan MA., Balkız Ö., Gümürtükcü S., Sarıgül G., Zeydanlı U., (2013). Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi*.
- OECD report, (2009). http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_978926412246-en#page231, (Erişim tarihi: 11.10.2017).
- OECD statistics, (2017). http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_978926412246-en, (Erişim tarihi: 11.10.2018).
- PUB (2017). <https://www.pub.gov.sg/watersupply/singaporewaterstory>, (Erişim tarihi: 3.4.2019).
- PUB 2 (2017). https://www.pub.gov.sg/PublishingImages/PUB_Waterloop.png, (Erişim tarihi: 3.4.2019).
- Suez, (2017). Water tech and solutions technical paper Sulaibiya – world’s largest membrane water reuse project, https://www.gewater.com/kpcguest/documents/Technical%20Papers_Cust/ Americas/English/TP1030EN.pdf, (Erişim tarihi: 3.4.2019).
- TheSportsdb, (2017). <http://www.thesportsdb.com/team/134920>, (Erişim tarihi: Ekim 2018).



Geçmişten Geleceğe “Çevre Tarihi” *

İbrahim Yenigün¹

Esra Tuğalan^{†2}

ibrahimyenigun@hotmail.com

esratgln@gmail.com

¹Harran Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Günümüz dünyasında kabul görmüş büyük problemlerin başında çevre sorunları gelmektedir. Küresel düzeyde etkiye sahip bu problemler, her geçen gün daha karmaşık ve çözümü oldukça güç boyutlara ulaşmaktadır. Bugünümüzü olduğu kadar yarınımızı da yakından ilgilendiren çevre sorunlarının varlığı, gezegen tarihimizin ilk çağlarına kadar uzanmaktadır. İnsanlık tarihi açısından ise gelebileceği en tehlikeli boyutlardan birine ulaşan çevre problemleri, dünyamız üzerindeki hassas denge-lerin çoğunu derinden etkilemektedir. Yaşananlar, bu durumun baş aktörü olan insanlığına ciddi görevler yüklemiş, çözümler üretmeye mecbur kılmıştır. Bu kapsamda, ayrı ve özel bir gayret içinde olan uzman çevreler, yeni bir uzmanlık alanı olarak “Çevre Tarihi” ni gündeme taşımışlardır. Bu yeni perspektif, ilk bakışta görünmeyen ancak toplumların oluşmasında, gelişmesinde ve yok olmasında etkili olan önemli sebepleri, çevresel faktörler ışığında aydınlatmaktadır. Çevre Tarihi penceresinden elde edilen bilgilerin bir bölümü bizlere önemli ipuçları verirken, bazı bölümleri ise tamamen örnek modeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok daha önemli bir bölümü ise belki de günümüz dünyasına henüz yeterince girmemiş, benzersiz etkiler sağlayacak şekilde tarihin tozlu ve bilinmeyen sayfalarında günümüz toplumlarıyla buluşmayı beklemektedir. Başta tarih olmak üzere, çok sayıda bilim dalıyla ortak hareket eden “Çevre Tarihi”, kalıcı ve sürdürülebilir çevre bilinci adına umut vaat eden yeni bir uzmanlık alanı olmuştur. Otoritelerce heyecan verici olarak değerlendirilen ve çevre konularıyla ilgili çalışmalara farklı bir boyut kazandıran “Çevre Tarihi”, yaşanan yanlışların tecrübe konusu edilmesi, örnek niteliktekilerin günümüze yansıtılması ve bağlı olarak çevre duyarlılığı oluşturması gibi hayati amaçlara sahiptir. Buradan hareketle çalışmada, bu yeni uzmanlık alanına ait bilgilerin, önem ve örnekleriyle birlikte sunulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Çevre bilinci, çevre tarihi, yeni uzmanlık

“Environmental History” from Past to Future

İbrahim Yenigün¹

Esra Tuğalan^{†2}

ibrahimyenigun@hotmail.com

esratgln@gmail.com

¹Harran University, Faculty of Fine Arts, Architecture Department, Sanliurfa, Turkey

²Harran University, Graduate School of Natural and Applied Science, Environmental Engineering Department, Sanliurfa, Turkey

Abstract

Environmental problems are among the major problems accepted in today's world. These problems, which have a global impact, are becoming more complex and difficult to solve every day. The existence of environmental problems, which concern our present day as well as our future, dates back to the early ages of our planetary history. Environmental problems, which have reached one of the most dangerous dimensions in terms of human history, deeply affect most of the delicate balances on our world. What happened has placed serious duties on the human being, the main actor of this situation, and has made it compulsory to produce solutions. In this context, expert circles, who have made a separate and special effort, have brought the “History of Environment” to the agenda as a

*Bu çalışma, 5. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu (ISEM2020)'nda sunulmuş bir çalışmadır.

† Sorumlu Yazar : Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

This new perspective illuminates important reasons that are not visible at first glance but are effective in the formation, development and destruction of societies in the light of environmental factors. While some of the information obtained from the Environmental History window gives us important clues, some of them are completely exemplary models. A much more important part of it is waiting to meet with today's societies in the dusty and unknown pages of the history, which has not yet entered the world enough yet, providing unique effects. "Environmental History", acting in collaboration with many disciplines, especially history, has become a promising new area of expertise for permanent and sustainable environmental awareness. "Environmental History", which is considered as an exciting by the authorities and adds a different dimension to the studies on environmental issues, has vital goals such as experiencing the wrongs experienced, reflecting the exemplary ones to the present day and creating environmental sensitivity depending on the present. From this point of view, it is aimed to present the information of this new specialty with its importance and examples.

Keywords: Environmental awareness, environmental history, new expertise

1. Giriş

İnsanoğlunun en çok merak ettiği konulardan biri de içinde yaşadığımız dünyanın nasıl meydana geldiği ve bugüne kadar hangi süreçleri geçirdiği olmuştur. Bu sorulara net cevaplar bulunmamış olsa da çeşitli kuramlar geliştirilmiştir. Bunlardan "Büyük Patlama" kuramı en fazla kabul gören olmuştur. Buna göre yaklaşık on iki milyar yıl önce evrende yaşanan büyük patlama sonrası yıldızlar, gezegenler ve galaksileri oluşturan atom partikülleri meydana gelmiştir. Sonrasında oldukça büyük miktarda enerji oluşmuş, gaz ve tozdan meydana geldiği sanılan solar nebula yoğunlaşarak, güneş sistemini meydana getirmiştir (Davidson vd., 1997). Bu sistemdeki gezegenlerden biri olan dünyamızda, yaklaşık üç buçuk milyar yıl önce ilk hayat belirtileri başlamıştır. Sadece birkaç milyon yıl önce ise ilk insan türü meydana gelmiştir. Gezegeneğimizin milyarlarca yıllık geçmişe sahip olduğu düşünüldüğünde, dünya tarihindeki insan varlığının süresi oldukça az olarak değerlendirilmektedir. Ancak insanoğlunun çevresiyle etkileşiminden doğan sonuçların etki süresi ve gücü için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Zira günümüz toplumlarının sebep olduğu çevre sorunlarının etkileri, dünyanın yok oluşuna kadar sürecek belki de dünyanın yok olmasına neden olacaktır (Keller, 2006). Bu derece büyük sonuçlara sebebiyet veren insanoğlu, çözüm için türlü arayışlara girmiştir. Geçmişe duyduğu merak gerçeğinden hareketle, çözümü yine geçmişte aramaya yönelmiş ve bu konuda yeni bir ufuk açmıştır. Bu arayışın neticesi olarak or-

taya çıkan "Çevre Tarihi", çevre duyarlılığının oluşturulması adına önemli bir umut kaynağı olmuştur. Böylece "Çevre Tarihi" sayesinde, insanlık tarihinin çevreci gözlüğüyle incelenmesi, değerlendirilmesi ve hayati çıktılarının günümüz toplumlarına iletilmesi sağlanmış olacaktır. Medeniyetlerin sadece savaş gibi nedenlerle değil, çeşitli çevresel problemler sonrası yok olduğu ya da tam tersi gösterilen hassasiyete bağlı uzun yıllar varlıklarını korudukları gerçeğinden hareket edilmesi sağlanacaktır. Yine aynı pencereden bakışla, olumlu örneklerin detayları günümüze uyarlanacak, olumsuz örneklerin ise ders niteliğindeki mesajları günümüz toplumlarına aktarılmış olacaktır.

2. "Çevre Tarihi" nin Dünü ve Bugünü

İnsanoğlu, sosyal niteliğinden kaynaklı topluluklar şeklinde yaşamaktadır. Bu toplulukların geçmiş yaşantıları ve bunların özellikleri gibi daha pek çok konu tarih bilimince araştırılmaktadır. Hayati öneme sahip bu uzmanlık alanıyla elde edilen geçmişe ait veriler, insanlığın geleceğini şekillendirmektedir. Çünkü tarihte yaşanan olaylar, bir zincirin halkaları gibi, kendinden önceki olayın sonucunu oluştururken, kendinden sonraki olayın ise sebebini teşkil etmektedir. Aynı durum, toplumların yaşamış oldukları çevre sorunları ve çevreci yaklaşımları için de geçerlidir. Buna bağlı olarak tarihçiler, bu sorunlardan kaynaklı, önceki yüzyılda geliştirilen bilimsel

disiplinlerin kökenini aramaya başlamışlardır (Verstegen vd., 1993). Bu gerekçelerden hareketle oluşan “Çevre Tarihi” uzmanlık alanı, yeni ve heyecan verici bakış açısıyla, geçerli metodolojilerden biri olarak ortaya çıkmış, sağladığı katkılarla da çevre bilimi dünyasındaki haklı yerini almıştır.

Geçmişteki insan-çevre etkileşimini inceleyen çevre tarihinin temel misyonu, insanın çevre tarafından nasıl etkilendiğini ve sonuçlarını araştırmak olmuştur. Aynı zamanda doğanın insan tarafından zarar görmesini ele alan çevre tarihi, bu konudaki yanlışlıkların düzeltilmesi görevini de üstlenmiştir. Böylece, sorunların daha iyi anlaşılması sağlanırken, yarınlarla ilgili doğru kararların alınması da sağlanmış olacaktır (Smout, 1993).

Önceleri iklimsel, jeolojik ve insan kaynaklı sonuçları ele alan modern Çevre Tarihi (Bramwell, 1989), çevre-toplum ilişkisi ve etkilerini ise ilk olarak Anneles Okulu tarihçileri tarafından ele almıştır (Burke, 1990).

Ciddi anlamda ilk defa 70’li yıllarda ele alınan Çevre Tarihi (Thoen, 1996), geçmiş ile gelecek arasında yapıcı bir bağ kurulmasını temel amaç edinmiştir. Görevi ise insanların çevrelerini nasıl değiştirdiklerini hem de çevrenin insanlar üzerindeki değişikliklerini incelemek olmuştur (URL-1). Çevre tarihinin ilişkili olduğu arkeoloji ve antropoloji, ekolojinin insan bilimleri arasında yer edinmesini sağlamış (Mcneill, 1990), aynı zamanda Çevre Tarihinin temellerini oluşturmuştur (Nash, 1967).

Yaklaşık son elli yıldır, başta tarihçiler ve doğa bilimciler akademik disiplin çerçevesinde çevre tarihine olan ilgilerini arttırmışlardır. Bu durumun ilk sonuçlarından biri 1975’de Amerika’da kurulan, Çevre Tarihi Amerikan Derneği olmuştur. Avrupa’da ise Çevre Tarihi ile ilgili araştırmalar farklı

akademik kültürler tarafından yürütülmüştür. Hollanda’da 1986’da kurulan vakıfla, Çevre Tarihi ile ilgili araştırmalara el atılmış, en önemli hedeflerinden biri de Çevre Tarihi ile ilgilenen araştırmacıları bir araya getirmek olmuştur.

Konuyla ilgili İngiltere’de ise 1995 yılında “Çevre ve Tarih” adlı dergi yayınlanmış, beşeri ve biyolojik bilimlerle ilgilenen akademisyenler bir araya getirilmiştir. Bu girişimle günümüz çevre sorunlarına çözümler kavuşturulması amaçlanmıştır. Benzer yaklaşım, Belçika’daki Hollanda-Flaman ortak çalışması olan “Tijdschrift voor Ecologische Geschiedenis (Çevre Tarihi Dergisi)” içinde gerçekleşmiştir. Dergi 2014’de, “Journal for Environmental History and Society (JHES) (Çevre Tarihi ve Toplum)” şeklinde isim değişikliğine giderek içeriğini daha da genişletmiştir. Avrupa’daki en eski Çevre Tarihi enstitüsü ise İskoçya’daki St. Andrews Üniversitesi tarafından kurulmuştur. Enstitü, Ormanlar ve Çevre Tarihi üzerine düzenlediği konferanslarla, İskoçya’daki araştırmalara öncülük ederek önemli rol oynamıştır. Aynı dönemde diğer Avrupa ülkelerinde de benzer çalışmalar olmuş ancak yayınlarda farklı dillerin kullanımından dolayı anlaşılma gücü ortaya çıkmıştır. Bu problemin çözümü amacıyla 1999’da Almanya’da Çevre Tarihi Koordinasyon toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bu toplantı, bir diğer önemli gelişme olan “European Society for Environmental History (ESEH) (Avrupa Çevre Tarihi Topluluğu)” nun doğmasını sağlamıştır. ESEH, kuruluşunun ilk yıllarında İskoçya’da ilk uluslararası konferansını düzenlemiştir. Konferansla yüksek sayıda üye edinilerek önemli başarı sağlanmış, 2003 ve 2015 yılları arasında altı yeni konferans daha tertip edilmiştir.

Avrupa’daki Çevre Tarihi ile ilgili önemli bir gelişme de üniversite düzeyinde yaşanmıştır. Stirling Üniversitesi’nde 1999’da kurulan “Çevre Tarihi Merkezi”, faaliyetlerini

“Çevre, Miras ve Politika Merkezi (Centre for Environment, Heritage and Policy – CEHP)” adıyla sürdürmeye devam etmiştir. Merkez, ağırlıklı olarak bir araştırma merkezi şeklinde çalışmalarını yürütmekte, çeşitli seminerler düzenleyip, lisansüstü eğitimler vermektedir. Bunun yanı sıra, Avrupa üniversitelerinin bazı tarih bölümleri, artık çevre tarihinin tanıtıldığı kurslar düzenlemektedirler.

Çevre tarihi uzmanlığı Asya’da da karşılık bulmuş, doğudaki Çevre Tarihi profilini yaymak ve çeşitli araştırmaların birbirleriyle iletişimini sağlamak amacıyla, 2009’da “Doğu Asya Çevre Tarihi Derneği (Association for East Asian Environmental History – AEAEH)” kurulmuştur (URL-2).

3. “Çevre Tarihi” Perspektifinden Önemli Tespitler

Sadece günümüz modern dünyasına özgü olduğu düşünülen çevre sorunlarının, sanılanın aksine tarihteki sayısız örneğine bağlı olarak, insanlık tarihinde derin ve geniş yer tuttuğu bilgisine ulaşılmaktadır. Hatta dünyanın ilk oluşumu sırasında oksijen bulunmazken, belki de tüm zamanların en yoğun karbondioksit varlığından dolayı, başta sera etkisi olmak üzere ciddi kirlilik problemleri yaşanmıştır. Ancak bu yoğun karbondioksitin kayalarla reaksiyona girerek karbonat minerallerini oluşturması, bir kısmınınsa okyanuslarda çözünerek sıvı hale geçmesi sera etkisini hafifletmiş, gezegenin soğumasını sağlamıştır (URL-3). Günümüze kadar sürekli artış gösteren bu ve benzeri durumların bir tarihsel süreci vardır. Engin bilgi, deneyim ve sonuçların depolandığı bu süreçten, azami oranda faydalanmak, bu sürece ait sağlıklı araştırma ve gözlemlerden geçmektedir. “Tarih cahiliysen, her şey yeni görünür (Warren, 1995)” sözünde de dikkat çekilmek istendiği gibi, tarihi bilgilerin gelecek açısından büyük önem arz ettiği önemli bir gerçektir. Aynı durum insanlık tarihinde çevre ile ilgili konular-daki hafıza için de geçerlidir.

İnsanlığın ilk dönemlerine kadar uzanan ve bu bilgiyi kanıtlayan belirgin başlıca örnekleri şöyle sıralamak mümkündür;

- Kutsal heykeller dikmek için adadaki tüm ağaçları kullanıp, tüketen ve yaşanan erozyonla kendi sonlarını getiren Paskalya adası yerlileri
- Erozyon ve iklim değişikliğine bağlı yok olan Vikingler
- Ormanların azalmasına bağlı artan erozyonun açlıktan toplu ölümlere yol açtığı 18. yüzyıl Japonya’sı
- Hatalı sulama sonucu geniş toprakları tuzlanıp kullanılamaz hale gelen, bağlı olarak tarımı zayıflayınca ordusu da uygarlığı da çöküşe sürüklenen Sümerler
- Ulaşılabilir doğal kaynaklarının aşırı nüfus artışına bağlı yetmez hale gelerek çöken Maya Uygarlığı (URL-4).

Mevcut tespitler değişik dönemlere ait örneklerle çoğaltılacak olursa, şöyle sıralanabilir;

Son dönem keşiflerden olan, 12.000 yıllık geçmişiyile Şanlıurfa’daki Göbeklitepe kalıntılarındaki işlemlerde, bugün bile hala doğayı tanımlamak adına kullanılan hayvan figürlerinin yer alması, çevre-insan ilişkisinin, insanoğlunun varoluşuyla eşdeğer geçmişe sahip olduğunun en belirgin kanıtlarındandır. Bununla birlikte, kazı bölgesinde gün yüzüne çıkan dev blokların yapılışı ve kullanılan malzemelerle ilgili uzun yıllar süren araştırmalar yapılmış ancak bu konuda geçerli verilere rastlanmamıştır. Günümüze kadar korunarak gelmesi ve şaşırtıcı mühendislik detaylarını barındırması açılarından, günümüz bilim çevrelerine cevabı beklenen sorularla dolu gündemi taşımıştır (Howe vd., 2016).

Çevre mühendisliği açısından merak konularını zorlayacak bir diğer ayrıntı ise Mısır piramitlerinde karşımıza çıkmaktadır. Yaygın kanı ve inanışa bağlı olup ancak kanıtlanmamış bilgilere göre, Piramitlerin içerisine

birakılan kirli su, birkaç gün içinde temiz hale gelmektedir. Bu ve benzeri diğer testlerdeki dikkat çekici ortak konu ise tarihin derinliklerinde, günümüz medeniyetleriyle yarışabilecek bilgi ve donanım seviyelerinin yaşanmış olduğu bilgisidir.

M.Ö. 7000 yıllarında tarım amaçlı arazilerde aşırı sulamaya bağlı tuz oranı fazla olmuş, kuraklığa bağlı bazı toplumlar göç etmişlerdir (Kohler, 1988). Maalesef günümüzde de yaşanan benzer yaklaşımlar, bu durumun çok eskilere dayandığını ispat etmektedir. Söz konusu ispat ise, geçmişten ne kadar büyük oranda yararlanmamız gerekliliğini çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Mezopotamya bölgesinde M.Ö. 4000 tarihlerinde Bitum adlı malzemenin Khuzistan yerleşkesindeki barajda kullanıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Petrokimya ürünü olan Bitum adlı malzeme, yapıyı bir arada tutabilmek ve su sızıntılarını engellemek amacıyla kullanılmıştır (Akın, 2008). Su kaynağını kayıpsız bir şekilde kullanmak ve iletmek amacıyla düşünülmüş yaklaşım, örnek teşkil etmektedir.

M.Ö. 3400-2450 yıllarındaki erken Mısır Medeniyetlerine ait kazılarda, yağış sularının toplanması ve kanalizasyon sularının bertarafında kullanılan bakır boruların yer aldığı düzenekler bulunmuştur (Bryan vd., 1956). Bununla birlikte, temiz su elde etmek adına yapılan ilk girişimlerin yine Mısırlılar tarafından gerçekleştirildiği kaydedilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, M.Ö. 1500 yıllarında Mısırlılar, doğal kaynaklardan elde ettikleri suyu içilebilir kılmak için şap kullanmışlardır (Aslan, 2012). Mısırlıların su temini ve bertarafı adına gösterdikleri bu önemli çabalar, çevre mühendisliğinin temel konularını oluşturmakta dolayısıyla ilgili gayretlerin incelenmesini de haklı gerekçelere dayandırmaktadır.

Fransa'daki müzede silindir kilerde oyulmuş halde yer alan bilgilere göre Mezopotamya'da bugünkü Irak topraklarına karşılık gelen bölgede, Lagash ve Sümer krallıkları arasında yaşanan savaşın tek nedeni su olmuştur. Yazıtlarda, ortak sulama kanalından su alınması kurallarının ihlali, hırs ve daha fazla yararlanma isteklerinden dolayı kanlı ve acımasız öykülere yer verilmiştir (Hatami vd., 1994). Tarihteki "ilk su savaşı" olarak anılan olay, M.Ö. 2500'de gerçekleşmiştir. Yaşananlar, daha o günlerden bölgede yaşanacak olaylara adeta göz kırpmış ve önemli göndermelerde bulunmuştur. Ancak, pek çok konuda olduğu gibi tarihten ders çıkarma konusunda da sınıfta kalan insanoğlu, yine duyarsız kalmış, belki de görmezlikten gelmiştir. Geçmişte krizler ve çatışmalar yaşandığı gibi, sonuçlarını yönetecek çabalar da sergilenmiştir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra güncellik kazanan ve çevre meselelerine bağlı olarak ortaya çıkan, bu alandaki hukuki düzenleme izlerine rastlanması, yine milattan öncesine dayanmaktadır (Bilgiç, 1995). Konuyla ilgili olarak, Babil'de ormanların (M.Ö. 1900) ve eski Mısır'da tabii kaynakların (M.Ö. 1370) korunmasına ilişkin hukuki düzenlemeler yapıldığı bilinmektedir (Lyster, 1985).

Romalıların Helenistik döneme ait çeşmelerinde yar alan uygulamalar, içilebilir nitelikteki suyun ne kadar kıymet bulması gerektiğini ortaya koyan diğer bir gözlem ürünü olmuştur. Bu güçlü inanışın göstergesi olarak, musluklardaki ve haznelerdeki suyun fazla kısmının bütünüyle akıp gitmeden, çeşmenin önündeki başka bir haznede toplanması sağlanmış, bazen de daha alt bölgelerdeki başka çeşmelerde de kullanım yoluna gidilmiştir (Wycherley, 1993). Günümüz sürdürülebilirlik kavramıyla son derece örtüşen bu mantık, suyu hoyrat kullanan toplumların hedefledikleri idealler için gösterdikleri samimiyetsiz yaşantılara adeta tokat gibi yanıt olmaktadır.

4. Sonuçlar

Günümüz meselelerinin başında çevresel sorunlar gelmektedir. Bu problemlerin başlıca sorumlusu gezegenin tek düşünen canlısı olan insandır. Ancak insanoğlunun bu üstün donanımın etkin kullanımı, aşırı hırsının önüne geçememiş ve mevcut sorunların daha da büyümesine ve çeşitliliğine neden olmuştur. Buna bağlı olarak kaynaklar plansız ve ölçsüz biçimde kullanılmış, doğa tahrip edilmiş, yeni kirlilikler oluşmuş, küresel ısınma gibi bütün dünyayı ilgilendiren ciddi sıkıntılar baş göstermiştir. Üstelik bir türlü arzu edilen çevre bilinci oluşturma konusunda da kalıcı ve sürdürülebilir çözümler elde edilememiştir. Bu düşüncelerden hareketle yapılan çözümcül araştırmaların yeni bir sonucu olarak da “Çevre Tarihi” uzmanlık alanı oluşmuştur. Otoritelerce heyecan verici ve etkili olarak değerlendirilen “Çevre Tarihi”nin, toplumların çevreci bilince kavuşturulması adına önemli kazanımlar sağlayacağına inanılmaktadır. Bu inançla, medeniyetlerin sadece savaş gibi nedenlerle yok olmadığı,

gösterilen çevreci hassasiyetle uzun yıllar varlıklarını sürdürdükleri veya tam tersi yaşatamadıkları duyarlılık sonucu yok olduklarını gözler önüne sermeyi amaçlamaktadır. Böylece gerekli mesajları alma konusunda insanoğluna etkin bir argüman olacak, gelecek adına doğru kararların alınmasına vesile olacaktır.

Geçmişteki insan-çevre etkileşimini inceleyen çevre tarihinin temel hedefi, bu etkileşime ait sonuçları gün yüzüne çıkarmaktır. Bunun için de insanlık tarihi, çevreci bakış açısıyla ve gereken her türlü bilimsel yaklaşımla incelenmeli, yorumlanmalı ve mesajlar çıkarılmalıdır. Bu çıktılar, mevcut problemleri çözmek ve gelecekte benzer yanlışlardan kaçınmak adına kullanılmalıdır. Böylelikle, sağlam bir geçmiş-gelecek köprüsü inşa edilecektir. Bu vesile ile de hata tekrarlarının önüne geçilerek, sergilenen hassasiyetlerin günümüz toplumlarınca da sahiplenilmesi ve kullanılması sağlanacaktır (Yenigün, 2017).

Kaynaklar

- Akın E., (2008). Ancient Mining in Turkey and The Eastern Mediterranean: The Bitamen Finds in the East, *International Conference AMITEM*, June 15 – 22, Ankara, 215-224.
- Aslan C., (2012). Su ve Yaşam. *Ankara Tabip Odası, Aski, Çevre Müh. Odası, Gıda Müh. Odası, Halkevleri, İnşaat Müh. Odası, Jeoloji Müh. Odası, Kimya Müh. Odası, Tüketici Dernekleri Federasyonu, Tüketici Hakları Derneği ve Ziraat Müh. Odası*, Algı Tanıtım, Ankara, 81s.
- Bilgiç V., (1995). Çevre Hukukunun Tarihi Gelişimi. *Ekoloji*, 14, 38.
- Bramwell A., (1989). Ecology in the 20th century, a History. *Yale University Press*, New Haven, 320p.
- Bryan A., Bryan C., (1956). Bacteriological Principles and Practice. *Barnes and Noble*, 422p.
- Burke P., (1990). The French Historical Revolution: The Annales School, 1929-89. *Stanford University Press*, 152p.
- Davidson J., Reed W., Davis P., (1997). Exploring Earth. *Prentice Hall College*, 477p.
- Hatami H., Gleick P., (1994). Chronology of Conflict over Water in the Legends, Myths and History of the Ancient Middle East, *Environment*, 36 (3), 6-15.
- Howe L., Hancock G., Collins A., Coppens P., (2016). Göbekli Tepe'nin Sırları. <http://www.history.com/shows/ancient-aliens/season2/episode-8> (Erişim tarihi: 29.05.2016).
- Keller E., (2006). Çevre Jeolojisine Giriş. *Gazi Kitabevi*, Ankara, 549s.
- Kohler-Rolefson I., (1988). The Aftermath of the Levantine Neolithic Revolution in the Light of Ecological and Ethnographic Evidence, *Paleorient*, 14, 87-93.
- Lyster S., (1985). International Environmental Law, *Cambridge University Press*, 724p.
- McNeill W., (1990). Plagues and Peoples, *Bantam Doubleday Dell Publishing Group*, New York, 368.
- Nash R., (1967). Wilderness and the American Mind, *Yale University Press*, 440p.
- Smout T., (1993). Scotland Since Prehistory-Nature Change & Human Impact, *Scottish Cultural Press*, 140p.
- Thoen E., (1996). “Editorial”, In: *Tijdschrift Voor Eologische Geschiedenis*, 55s.
- URL-1, (2015). <http://politikokoloji.org/cevre-tarihi-bilim-dalini-duydunuz-mu>, (Erişim tarihi: 10. 11.2015).
- URL-2, Oosthoek KJ., (2005). <http://www.eh-resources.org/what-is-environmental-history/> (Erişim tarihi: 11.06.2015).
- URL-3, 2016. <http://www.cangungen.com/2011/04/20/1066>, (Erişim tarihi: 27.01.2016).
- URL-4., Kütükçüoğlu TA, 2015. <https://tuncaliku.wordpress.com/2014/12/08/uygarlik-ve-cevre-tarihi/>, (Erişim tarihi: 10.11.2015)
- Verstegen S., Van Zanden J., (1993). Groene Geschiedenis van Nederland, *Het Spectrum Publisher*, Utrecht, 216p.
- Warren R., (1995). The Purpose Driven Church, *Zondervan Publishing Company*, 399p.
- Wycheley R., (1993). Antik Çağda Kentler Nasıl Kuruldu? *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, İstanbul, 215s.
- Yenigün İ., (2017). Günümüzle Karşılaştırmalı Değerlendirmeler Işığında “Çevre Tarihi”, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Şanlıurfa, 128s.



Çevre Sorunları Bağlamında Kur'an'da İsrâf Anlayışı ve Vicdani Boşluğun Telâfisi Meselesi*

Süleyman Kaya

suleymankaya@ibu.edu.tr

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Tefsir Anabilim Dalı, Türkiye.

Özet

Bu makalede, çevre sorunları bağlamında Kur'an'da israf anlayışı ve insana tanıdığı vicdani boşluğun telafisi analiz edilmeye çalışılmıştır. İsrâfın, çevre sorunlarını oluşturan en önemli etkenlerden biri olduğuna dikkat çekilmiştir. Bunun için yine çevre sorunları karşısında yapılması öncelikli işlerden birinin israfı önlemek olduğuna vurgu yapılmıştır. Çalışmada, din-çevre ilişkisinin iyi analiz edilebilmesi için çevre sorunlarının bugün yüz yüze kalınan şekliyle kavranması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Ardından israf konusu Kur'an'ın ele aldığı anlam boyutlarıyla kısaca verilmiş, süreç içerisinde oluşan anlam değişimine dikkat çekilmiş, zamanla öne çıkan ekonomik anlamdaki israf anlayışının kapsam alanı çevre sorunlarıyla ilişkili olarak incelenmiştir. Kur'an'ın israf tasavvurunda bireyin keyfiyetine bırakılan vicdani bir boşluk olduğu tespit edilmiştir. Çevre-israf ilişkisinde kontrol edilmesi gereken en önemli noktalardan birinin bu boşluk olduğuna vurgu yapılmıştır. Kur'an'ın ilgili boşluğu inanç temelli ahlak anlayışı ile doldurduğuna değinilmiştir. Ahlak kapsamına giren alt başlıklar ayrı ayrı ele alınmamış, Kur'an'ın ahlaka verdiği önem genel çerçevesiyle vurgulanmıştır. Çünkü her bir başlık ayrı bir çalışma konusu olabilecek niteliktedir. Bu noktada özellikle ahlak anlayışının çevre sorunları bağlamında güncellenmesi gerektiğine işaret edilmiştir. Öneme binaen israf ve ahlak ilkelerini yalın haliyle dile getirmenin yeterli olmayacağı üzerinde durulmuştur. Çevre konusunun farkındalık/bilinç boyutlarıyla ele alınmaya başlandığı günümüzde ruhunu Kur'an'dan alan ahlakın, çevre sorunlarıyla bağlantılı olarak profesyonel bir eğitim anlayışı ile içselleştirilmesinin sağlanması gerektiğine işaret edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tefsir, Kur'an, çevre, israf, ahlak, bilinç.

Waste Approach in the Quran in the Context of Environmental Problems and Compensation for Conscientious Void

Süleyman Kaya

suleymankaya@ibu.edu.tr

Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Theology, Department of Basic Islamic Sciences, Turkey.

Abstract

In this article, in the context of environmental problems, the understanding of waste in the Quran and the compensation of the conscientious emptiness it gives to human beings are tried to be analyzed. It has been pointed out that waste is one of the most important factors that create environmental problems. For this, it was emphasized that one of the priority works to be done in the face of environmental problems is to prevent waste. In the study, it is emphasized that in order to analyze the religion-environment relationship well, environmental problems should be understood as they are faced today. Then, the issue of waste was given briefly with the dimensions of meaning dealt with by the Quran, attention was drawn to the meaning change that occurred in the process, and the scope of the economic waste understanding that came to the fore over time was examined in relation to environmental problems. It has been determined that there is a conscientious void left to the individual's arbitrariness in the Quran's concept of waste. It was emphasized that this gap is one of the most important points to be controlled in the relationship between environment and waste. It was mentioned that the Qur'an

*Bu çalışma, 5. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu'nda sunulan "Çevre Sorunları Bağlamında Kur'an Temelli İsrâf Anlayışının Analizi" başlıklı bildirinin genişletilerek makaleye dönüştürülmüş şeklidir.

fills the relevant gap with an understanding of morality based on belief. Sub-titles within the scope of morality were not discussed separately, the importance given by the Quran to morality was emphasized in its general framework. Because; Each topic can be a separate study subject. At this point, it was pointed out that especially the moral understanding should be updated in the context of environmental problems. It was emphasized that it would not be enough to simply express the principles of waste and morality due to their importance. It has been pointed out that today, when the environmental issue has begun to be addressed with awareness / consciousness dimensions, the morality that takes its soul from the Quran should be internalized with a professional education approach in connection with environmental problems.

Keywords: Exegesis, Quran, environment, waste, morality, consciousness

1. Giriş

Genel anlamda çevre-insan ilişkisi insanın varlık alemine teşrifıyla başlamış olsa da 1950’li yıllara gelindiğinde bu ilişkide bir kırılma yaşanmış; evren, varlık âlemine insan eliyle yapılan aşırı müdahalenin geleceği tehdit ettiği sinyallerini vermeye başlamıştır. Bunun üzerine insanlık gerek bilim mahfillerinde gerekse devletler nezdinde konuya önem atfetme eğilimine girmiştir. Bir tarafta sorunun nereden kaynaklandığı çeşitli yönleriyle araştırılıp tartışılırken diğer taraftan gerek bireysel ve gerekse organize çözümlerin neler olabileceği araştırılmaya başlanmıştır; gönüllü kuruluş ve devletler tarafından önerilen çözümler bazen eğitim bazen de yasal tedbirlerle desteklenerek uygulamaya geçirilmeye çalışılmıştır. Konunun ciddiyeti, inançların da sorun karşısında pozisyon belirlenmesini gerektirmiş, hatta inançlardan birey ve toplum nezdindeki işlevselliğinden dolayı çözüme yönelik katkı sunmaları beklenmiştir.

İnsanlığın en önemli gündem maddelerinden birisi haline gelen çevre sorunlarına Müslüman dünyanın da makul öneriler sunması ve insanlığın ilgili derdine deva niteliğinde somut örnekler geliştirmesi beklenmektedir. Müslüman dünya konuya dair yetkinliğini çalışma alanlarının her birinde sahip olduğu inancın motive edici gücünü de arkasına alarak geç de olsa ispatlamaya çalışmıştır. Özellikle bin dokuz yüz doksanlı yıllardan itibaren konuya din çerçevesinde de değinilmeye başlanmıştır. Bu gayretin bir devamı olarak

bu makalede, Kur’an’da israf konusu çevre sorunlarıyla bağlantılı şekilde ele alınmaya çalışılmıştır. Çalışmada önce çevre sorunlarını güncel yapısıyla kavrama mecburiyetine dikkat çekilmiş, sonra konu Kur’an temelli israf algısıyla ilişkilendirilmeye çalışılmış; ortaya çıkan vicdani boşluğun ruhunu Kur’ân’dan alan inanç temelli ahlak anlayışıyla doldurulabileceğine dikkat çekilmiştir. Burada kullanılan “Kur’an temelli” ifadesinin onun tamamlayıcı unsurları olan sünnet ve geleneğin dışlanması anlamına gelmediği özellikle bilinmelidir.

2. Çevre Sorunları

Aslında “ve semayı biz elimizle bina ettik. Doğrusu biz kudret, imkân sahibiyiz. Yeri de biz döşedik. Ne de güzel döşeyenleriz biz.” (Zâriyât 51/47, 48; bk. Hicr 15/19-21; Yâsîn 36/37, 38; Rahmân 55/5-8; vb.) ayetinde de belirtildiği gibi Allah’ın varlığa koyduğu hassas düzen gereği ekosistemler kendi içlerindeki girdi ve çıktılarıyla otantik yapılarını koruyacak niteliktedirler (Galip, 2017, 135). Ancak insanın yaptığı aşırı müdahaleler bir aşamadan sonra çevre problemlerine neden olmaya başlamıştır. Giriş kısmında da değinildiği gibi özellikle de 1950’li yıllardan itibaren çevre konusu sorun odaklı yapısıyla ele alınmaya çalışılmıştır. İlim dünyası sorunu gündeme taşımaya başlamış, devletler de ister istemez ilgilenmek zorunda kalmışlardır. Çevreye yönelik çalışmalar, zamanla “Ekoloji/Çevrebilim” çatısı altında hızlı sanayileşme, düzensiz ve sağlıksız kentleşme, kimyasal ve

radioaktif kirlilik, erozyon ve çölleşme, su, hava, toprak ve gürültü kirliliği, küresel ısınma, tarım alanlarının verimli kullanılmayışı gibi başlıklar altında (Kayadibi, 2008, 1/280; Altıntaş-Şatır-İhsan, 2011, 661-662) çeşitli bilim dallarıyla ilişkili şekilde ve kendi kavramlarıyla incelenen ayrı bir bilim dalı haline gelmiştir (Çepel, 1995, s. 65; Parlak, 2004, 22).

Dolayısıyla ilgili içeriği ile çevre meselesi kadim dönem çevre-insan ilişkisi dışında yeni bir nitelik ve yönetsel biçim kazanmıştır. Tarihî akış içerisinde konu, gündeme taşınan problematik boyutuyla modern döneme aittir (Türkmen, 2008, 153-156; Ünal, 2010, 50-56.). Din-çevre ilişkisi işlenirken bu husus dikkate alınmalıdır. Zira modern dönem, genel anlamda varlık anlayışından insan anlayışına; siyasetten yönetime, ekonomiden ticarete birçok alanda köklü değişikliklere sebep olmuştur. Modern dönemin yeni bir anlayışla şekillendirdiği varlık, insan, devlet yönetimi şekli bilgi analizine de yansımış; değişim, post modern anlayışla süregelmiştir. Bu süreçte çevre problemleri ortaya çıkmış; konuyu ilgi alanına alan ekoloji/çevrebilim alanındaki yaklaşımlarda da hızlı paradigma değişikliği olmuştur. Sürdürülebilir kalkınma sürdürülebilir yaşam anlayışına; kirlenene ödetme kirlenmeyi önlemeye; iktisadi-mali bütçe biyo-fiziksel bütçeye; yeraltı kaynaklarının zenginliği ve etkin kullanımı yerüstü ve yeraltı kaynaklarının korunması ve geliştirilmesine; insan merkezli çevre yaklaşımı doğa merkezli çevre yaklaşımına; çevre bilimlerdeki ayrışık analizler bütünlük ve sistematik analizlere; tüketim toplumu anlayışı ekolojik toplum anlayışına; insan hakları tüm canlıların yaşam hakkına; çevreyi yasal koruma bütünlük korumaya vb. dönüşmüş durumdadır (Parlak, 2004, 27). Bütün gayretlere rağmen önlemlerin hızı ve yaygınlığı yeterli düzeye ulaşmazsa iklim, su, toprak ve genel anlamda çevre kirliliği yanında biyoçeşitli-

liğin de risk altında kalacağı ifade edilmektedir (Türkiye İsrâf Raporu 2018, s. 18.).

Kur'ân açısından bakıldığında da konunun bugün ele alınan özgün yapısıyla tanınmaya ve modern dönemin bilgi analiz ve uygulama yöntemiyle harmanlanıp dini yönü ilgili veriler ışığında yeniden kurgulanmaya ihtiyacı vardır. Bu sebeple Kur'an temelli israf anlayışı, ilgili dönüşüm ve değişime sirayet edecek şekilde güncellenip bu algının insanlığa nasıl sunulacağı, birey ve toplumda nasıl içselleştirileceğinin yeniden çalışılması gerekmektedir. Konunun uluslararası bir boyut kazanması, yapılan çalışmalarda dünyayla eşgüdüm halinde olunması gereği ise ayrıca üzerinde durulması gereken bir konudur.

3. Kur'an'da İsrâf Anlayışı

Çevre sorunlarının en temel sebeplerinden birisi aşırı ve gereksiz tüketimdir. İlgili tutum, İslam kültürü terminolojisinde israf çatı kavramı altında işlenmektedir. Kur'ân açısından bakıldığında ise israf kavramı, bugün kullanılan içeriğinden daha kapsamlı bir anlam alanına sahiptir. Dolayısıyla Kur'ân'daki anlam alanlarıyla gündeme oturan anlam arasında ilişki kurabilmek veya aradaki fark ya da ilişkiyi anlayabilmek için önce kavramın Kur'ân'daki anlam alanını tespit etmek sonra da bugün daha çok gündeme taşınan ekonomik anlamını ele almak gerekmektedir.

3.1. Kur'an'da israf kavramının anlam alanı

“Seref” kökünden türeyen israf sözlükte, “sınırı/ölçüyü aşma, hata, cehalet, gaflet” gibi anlamlara gelmektedir (İbn Fâris 1979, 3/153; İbn Manzûr, ts. 3/1996). Terim olarak ise “inanç, söz ve davranışta dinin, aklın, örfün uygun gördüğü ölçülerin dışına çıkmayı, özellikle mal veya imkânları meşrû olmayan amaçlar için saçıp savurmaya” ifade etmektedir (Cengiz, 2001, 178).

Kur'an'ın anlam haritasında israf, ekonomik anlamdaki aşırılık, savurganlık (Nisâ 4/6; En'am 6/141) gibi sonradan daha baskın hale gelen anlamları yanında şirk (Mü'min 40/42, 43), küfür (Tâhâ 20/127; Mü'min 40/28, 43), haram (Nisâ 4/6; A'râf 7/81), günah veya gûnahta aşırı gitme (Zümer 39/53; Zuhuruf 43/5), helali haram kılma (A'râf 7/35), adaletsizlik (İsrâ 17/33), bozgunculuk (Mâide 5/32; Mü'min 40/28) anlamlarını da içerecek şekilde kullanılmıştır (Râğib, 1997. 407, 408; Dâmeğânî, 1983, 236, 237).

“Siz, beni, Allah'ı inkâra ve tanrı olduklarına dair haklarında hiçbir bilgi olmayan şeyleri O'na ortak koşmaya çağırıyorsunuz. Ben ise sizleri çok güçlü ve bağışlayıcı olan Allah'a inanmaya davet ediyorum. Doğrusu şu ki sizin davet ettiğiniz şeylerin ne dünya ne de ahirete yönelik davete değer yönü yoktur. Dönüşünüz Allah'adır. Aşırı gidenler (müsrifin) cehennem ehlinin ta kendileridir” (Mü'min 40/42, 43) ayetinde anlam siyak ve sibak açısından dikkate alındığında “müsrifin” kelimesinin şirk dahil her tür aşırılığı ifade edecek şekilde kullanıldığı rahatça anlaşılmaktadır (el-Âlûsî, 1997, 13/110). “Doğru yoldan sapanı (esrefe) ve Rabbinin ayetlerini inkâr edeni işte böyle cezalandırırız. Şüphesiz ki ahiret azabı daha şiddetli ve daha süreklidir” (Tâ hâ 20/127) ayetinde de serf kökünden türeyen “esref”, arzularını kontrol edemeyerek Allah'ın ayetlerini inkâra varan bir aşırılığı dile getirmektedir (el-Âlûsî, 9/408). Yine, “Haklı bir sebep olmadıkça Allah'ın muhterem kıldığı cana kıymayın. Bir kimse haksız yere öldürülüp onun hakkını alma konusunda velisine yetki verilirse veli de kısas konusunda aşırı gitmesin (felâ yüsrif). Zaten ona verilen velilik yetkisi kendisine yeterli katkıyı sağlamıştır” (İsrâ 17/33) ayetinde, öldürülen kişinin haklarını savunmada yetki verilen kimseden, kanunun kendisine tanıdığı adalet ilkesini gözetmesi istenmiş; öfkeyle hareket ederek öldürme işini başka-

larına sirayet ettirmemesi veya cezalandırma da aşırıya gitmemesi ifade edilmiştir (Taberî, 2000, 9/104). Bu süreçte adalet ilkeleri dışına taşan her davranış şekli çatı kavram olarak nitelenebilecek “israf” ile anlatılmıştır.

İsraf kavramının doğrudan ekonomik alanla ilgili kullanımında, yetimlerin malları üzerinde velisinin yaptığı savurganlık (israf) ile toplandıktan sonra mahsul üzerinden zekât veya sadaka olarak yapılan yardımda aşırıya kaçılmaması gerektiğinin altı çizilmiştir (Nisâ 4/6; En'am 6/141). Kur'an, gözetimleri altında bulundurdukları yetimlerin mallarında velilerine tasarruf/kullanım hakkı vermektedir. Ancak velilere “büyüyünce nasıl olsa geri alacaklar diye o malları savurganlık (israf) ederek yiyip bitirmeme” (Nisâ 4/6) uyarısı yapılmıştır. “(Meyveler) derlenip toparlandığında onlardan verilmesi gerekeni verin ama aşırı kaçmayın (lâ tüsrifû). Çünkü Allah aşırı gidenleri (müsrifin) sevmez.” (En'am 6/141) ayeti de sahip olunan bir malın kullanımında gözetilmesi gereken ölçüyü ifade etmektedir.

Kısaca Kur'an dilinde, olması gerekenin dışındaki her tasarruf israf olarak nitelendirilmiştir. Bu kullanımların, inanç boyutuyla ve cehaletle ilişkilendirilmesi, israf kavramının taşıdığı olumsuz anlama daha bir derinlik katmaktadır. Hayatın pratik alanına fıkıh üzerinden yansımaları sadece birey ağırlıklı ekonomik alanla ilgili kullanım şekli olan savurganlık, harcamada sınırı aşma, bir şeyi helâl olan mahalde münasip olan miktardan fazla harcama anlamlarının (Cürçânî, 2004, 23; Erdoğan, 2015, 260) öne çıkmasına sebebiyet vermiştir. Yani kavram, anlam daralmasına uğramıştır. Ama kavramın Kur'an'da, inanç, adalet, helal-haram gibi kavramlar çerçevesinde kullanımı önemlidir. Burada hemen şunu söylemek mümkündür: Kur'an'ın şirk, küfür, haram, günah, helali haram kılma, adaletsizlik, bozgunculuk gibi kullanımlarının

tümünde israf, tüm boyutlarıyla eleştirilmekte, yani kabul edilmeyen veya uygun olmayan bir davranış biçimi olarak nitelenmektedir. Dolayısıyla Kur'ân'ın bu yaklaşımını ekonomik anlamdaki israfa yaklaşımını gölgeleyici değil aksine destekleyici bir unsur olarak değerlendirmek gerekmektedir.

3.2. Kur'ân'da ekonomik anlamda israf

Kur'an'da diğer anlamları yanında ekonomik anlamdaki israf, nafaka dahil farz olan ve gönüllü olarak yapılan hayra yönelik harcamalarla (infak) da ilişkili şekilde tasvir edilmiştir (Nisâ 4/6; En'am 6/141). Belki de israfta dikkate alınması gereken en önemli hususlardan birisi budur. Zira insan, harcama alanının meşru olmasını kendisi adına sınırsız tasarruf hakkı olarak algılayabilir. Oysa mesele hiç de böyle değildir. Nitekim Allah'ın has kullarının israf etmeden yaptıkları mu'tedil harcama "O mü'min kullar harcadıklarında ne israf ne de cimrilik ederler; ikisi arasında orta bir yol tutarlar." (Furkân 25/67) şeklinde ifade edilmektedir. Ayette geçen "lem yüsri'fû" kısmının "cömertlikte sınırı aşmama", "lem yekturû" ifadesinin de "cimrinin pintiliğine düşmeme"; "kavâmâ" kavramının "ihtiyaç kadar, ne fazla ne eksik, iki aşırı uca da kaçmadan dengeli" şeklinde açıklanması mutedil bir tutumu (iktisat) ifade etmektedir (Zemahşerî, 3/104; Âlûsî, 1997, 11/67). Ayetin öncesinde ve sonrasında mü'minlerin diğer önemli özelliklerinden bahsedilmektedir. Öyle ise burada söz konusu olan nafaka yanında farz olsun nafile olsun her türden harcamayı kapsayacak nitelikteki tutumlarda mü'mine yakışan mutedil/dengeli harcama şeklidir.

Evlenip zifafa girmeden boşanan bir kadına verilecek mihr miktarını anlatan ayette "alel mûsi' kaderuh ve alel muktiri kaderuh" ifadesinden, fakir ve zenginin içinde buldukları durum ölçüsünde belirlenecek bir miktarı

vermeleri gerektiğinin ifade edilmesi (Sâyıs, 2010, I/203) de ilgili pozisyonu destekler niteliktedir. Zaten "Ne cimrilik yaparak elini sımsıkı tut ne de har vurup harman savur (mutedil ol). Aksi halde perişan olursun" (İsrâ 17/29) ayeti tam da bu ilkeli tutumu anlatmaktadır. Nitekim ayette geçen "mahsûrâ" kelimesi bağlamında Râzî, Ferrâ'dan nakille ilgili kelimenin Araplarca dermanı kesildiği için yürümekten aciz kalan deve için kullanıldığını belirterek, yerli yersiz harcama yapan kişinin zamanla bakmakla yükümlü olduğu kişilerin de ihtiyacını karşılayamaz duruma düşeceğinden aciz kalmış deve konumuna geleceğini ve ailesi nezdinde itibar kaybedeceğini ifade etmiştir (Râzî, 1981, 20/196). Aslında ilgili durum bizde de "Eve lazım olan camiye haramdır" özdeyişiyle özetlenmiştir. İlginç olan şey değindiğimiz İsrâ 29. ayetin Kur'an'da israfı anlatan ve Allah'ın uygun görmediği yere harcamayı ifade eden diğer bir kavram olan "tebzîr"le bağlantılı olarak geçmiş olmasıdır (Şevkânî, 1997, 3/278). Nitekim "Bir de akrabaya, yoksula, yolcuya hakkını ver. Gereksiz yere de saçıp savurma. Zira böylesine saçıp savuranlar şeytanların dostlarıdır. Şeytan ise Rabbine karşı çok nankördür" (İsrâ 17/26, 27) ayetinde aşırı ve yersiz harcama türü de "tebzîr" kelimesiyle israf olarak değerlendirilmiştir (Zemahşerî, 2/358). "Bir şeyi layık olmayan yere harcama" (Erdoğan, 2015, 554) anlamına gelen tebzîrin israf oluşunun cahiliye döneminde uygulanan bir adete işaret sadedinde vurgulanmış olması ayrıca önemlidir.

Cahiliye döneminde bazı kendini bilmez kişilerin malını veya kestiği bir deveyi ihtiyaç için değil de sırf övünç ve gurur vesilesi olarak gereksiz yere saçıp savurduğundan bahsedilir. Ayetin başında geçen "Akrabaya, düşkünlere ve yolda kalmışlara gerekli yardımı yap. Bununla birlikte malını saçıp savurma. Çünkü mallarını har vurup harman savuranlar şeytanların kardeşidir. Şeytanlar ise

Rabbine karşı çok nankördür” (İsrâ 17/26, 27) ifadelerinden ilgili cahiliye uygulamasının kınandığı, hatta farz veya nafîle niteliğinde dahi olsa harcamalarda yerli yerindeliliğin gözetilmesi kuralının getirildiği anlaşılmaktadır (Zemahşerî, 2/358). Hayırlı işlerde dahi olsa yersiz harcamanın uygun olmadığı “Çardaklı ve çardaksız bağları üzüm bahçeleri, ürünleri çeşit çeşit hurmaları, ekinleri, birbirine benzer ve benzemez biçimde zeytin ve narları yaratan O’dur. Her biri meyve verdiği zaman meyvesinden yiyin. Devşirilip toplandığı gün de hakkını (zekât ve sadakasını) verin, fakat israf etmeyin. Çünkü Allah israf edenleri sevmez” (En’am 6/141; Şevkânî, 1997, 3/278.) ayetinde daha da somutlaşmış bulunmaktadır.

Herkesçe bilinen “Ey Âdemogulları! Her secde ettiğinizde güzel elbiselerinizi giyin; yiyin için ama israf etmeyiniz. Çünkü Allah helali haram kılanları/israfı sevmez.” (A’râf 7/31) ayeti ise günah işlediğini düşündüğü elbiseleri çıkararak çıplak veya yeni bir elbiseyle değiştirerek tavaf etme gibi helal olanı haram kılma keyfiyeti olan daha ağır bir israfın yanında, yeme-içmeyi terk ederek kendini zayıf düşürecek kadar züht veya takvaya bürünmeyi de israf olarak nitelediği görülmektedir (Şevkânî, 1997, 2/251). Dolayısıyla cömertlik ve îsâr kavramları da işlenirken dikkat edilmeli, israfı önleyelim derken insanları mağdur edecek pozisyonlara düşürecek teşviklerden de sakınılmalıdır. Özellikle de olağanüstü şartların gerektirdiği durumlar ile hayatın normal akışı içerisinde gösterilmesi gereken davranışlar arasındaki farka dikkat edilmelidir. Örneğin, îsâr konusunda “Önceden beri Medîne’de yerleşik olup gerçek anlamda inanmış olan kimseler, oraya hicret edenleri hoşnutlukla karşılar ve onlara yaptıkları yardımlardan dolayı sıkıntı hissetmezler. Hatta kendileri yoksulluk içerisinde bulunsalar bile onlara yardımı kendilerine tercih ederler. Kendini cimrilikten koruyan kişi

kurtuluşa ermiş demektir” (Haşr 59/9) âyetinin hicret şartlarındaki kriz dönemine işaret ettiği unutulmamalıdır. Hicret sürecinde olağanüstü bir durum söz konusudur. Dolayısıyla ayette bahse konu teşvik de bu şartlara uygundur. Zira Sa’d b. Ebî Vakkas hastalanıp öleceğini anlayınca Peygamberimize önce malının üçte ikisini, kabul etmeyince yarısını, onun da doğru olmadığını ifade edince üçte birini hibe etmek istediğini ifade etmiş; Peygamberimiz, “Vârisleri zengin bırakman, onları muhtaç ve insanlara el açar bırakmandan iyidir” (Buhârî, 1400, Cenâiz 36) buyurarak normal şartlarda gözetilmesi gereken dengeye vurgu yapmıştır.

Her türlü ibadette dahi itidalli olmayı öngören Kur’anî ilkeleri yaşayarak gösteren Hz. Peygamber’in abdest alırken suyu fazla kullandığını gören bir sahabelisini uyarması üzerine “Abdestte de israf olur mu?” sorusuna karşılık “Evet! Akmakta olan bir nehrin kenarında bile olsan” şeklindeki cevabı (Zemahşerî, 2/358) aslında hayatın her alanında Müslümanın takınması gereken itidalli durumu göstermesi açısından yeterlidir. İlgili tutumun dilimize “kaynakları dengeli kullanma” anlamına gelen “iktisat” şeklinde geçmesi ve ekonomi bilimine isim olması manidardır.

Kur’an’ın bu genel anlamdaki tanımlamasından israfın haram olduğu, helal olmayan yerlere harcama yapılamayacağı genel ilkesi çıkmış, ancak helal alanda yapılacak harcamaların israf ve cimrilik sınırları birey ve topluma göre değişeceğinden doğal olarak kesin çizgilerle belirlenmemiştir. Fıkıhın öngördüğü zarûriyyât, hâciyyât, tahsîniyyât çerçevesinde düşünüldüğünde tahsîniyyât aşamasının sınırlarını belirlemek kolay olmayacaktır (İbn Âşûr, 2016, s. 267, 278). Bu makalede ilgili alan imtihan süreci yaşayan insana bir tercih alanı olarak bırakılan vicdani boşluk olarak tanımlanmıştır.

Kur'an açısından bakıldığında tasarrufa dair tek somut sınırlama Bakara 282. ayetle ilişkili olarak ortaya konan, "ergenlik çağına ulaşmış temyiz gücüne sahip kişinin kısıtlı sayılmasını gerektirecek derecede aklın ve şer'in gereğine aykırı şekilde malın tebzîr ve itlâfı" olarak tanımlanan sefehe malının teslim edilmemesi (Nisâ 4/5.) ve İslâm Hukuku terimi olarak "hakları kullanma ehliyetinin yokluğu, kaldırılması veya kısıtlanması" anlamında kullanılan hacr (kısıtlılık) (Apaydın, 14/513, 515.) olduğu söylenebilir. Bu sebeple Müslüman bireyin aklî ve bedenî gelişimi ne olursa olsun ırk, renk ve cinsiyet ayırmaksızın vücûb ehliyetine, genel anlamda çocukluk, kölelik ve delilik hariç aklî ve bedenî gelişimine uygun olarak eda ehliyetine sahip olduğu kabul edilmiştir. Kaldı ki çocukluk ve delilik (cunûn) halinin mahiyeti ve sınırları hakkında da ihtilaflar söz konusudur. Özellikle de çocukluk dönemi sınırları; bu sınırlar bir şekilde sona erdikten sonra sefehe harcama yetkisinin tamamen verilip verilemeyeceği; bunun tabii olarak mı yoksa hâkim kararıyla mı olacağı konularında ihtilaf edilmiştir (Apaydın, Yunus, 1996, 14/513). Zamanla sistemleşen fakihlerin farklı görüşleri arasında genel anlamda çocuklar ve akıl hastaları dışındakilerin engellenmesine çok sıcak bakılmadığı anlaşılmaktadır.

Tasarruf hürriyeti Allah'ın insana verdiği en temel hak olduğu düşünüldüğünden burada getirilen sınırın "başkasına zarar verme" genel ilkesi olduğu söylenebilir. Aslında bu da gayet doğaldır. Çünkü israf kavramı ölçü ve kalıpları belli olan somut tek düze bir kavram olup her durumda tüm toplumlara ve bireylere tek tip uygulanabilecek bir yapıya sahip değildir. Dinî olduğu gibi yönetsel ve örfî bir yönü de olduğundan birey ve toplumun durumuna göre göreceli bir anlam içeriği kazanacaktır. Nitekim kavramın anlamı bugün "Gereksiz yere para, zaman, emek vb.ni harcama; savurganlık, tüm kaynakların bilgisizce

ve rasyonel olmayan bir şekilde kullanılması" içeriği ile kullanılır hale gelmiştir. Bu tanım da israf, Kur'an ve fıkın tanımında yer alan "helal olan yere harcama" şeklindeki dinî içeriğini de kaybederek büyük ölçüde modern dönemin din devlet işlerini birbirinden ayıran laik devlet anlayışı ile örtüşür bir nitelik kazanmış görünmektedir. Buradan, israf anlayışının bugün mer'i ekonomik sistemler bazında kendi düşünce yapılarına uygun şekilde dile getirildiği anlaşılmaktadır. Bu anlamda etrafımızdaki formel düzeneklerin kurucu ve kurgulayıcısı İslam düşüncesi olmadığından yapacağımız açılımların ilgili sisteme entegrasyonu de o zemin üzerinden olmak zorunda kalmaktadır.

Kur'an'ın israf tanımlamasının genelde birey üzerinden şekillendiği görülmektedir. Bu çatı kavram üzerinden ülke adına kurumsal bazda yapılan harcamaların hangi durumda israf kapsamına girip girmeyeceği de ayrıca düşünülmesi gereken bir husustur. Zira günümüzde kamu harcamaları daha kapsamlı ve yüklü miktarlara ulaşmış durumdadır. Burada yapılan israfın bedeli daha ağırdır. Dolayısıyla kamuda yapılan israf günümüzde ayrıca değerlendirilmelidir.

Yukarıda yapılan açıklamalar, harcama hususunda Kur'an'ın, bireyin inisiyatifine bıraktığı vicdani bir boşluğun olduğunu göstermektedir. Oysa Kur'an, biraz sonra açıklanacağı üzere bu boşluğu ahlakî prensiplerle donatarak telafi etmektedir.

4. Vicdani Boşluğun Telafisi

Birey bazlı düşünüldüğünde bir insanın her anına yönelik kurallar üretmek ve o kurallar çerçevesinde bireyi denetlemek mümkün değildir. Yani vicdani boşluk sadece Kur'an açısından değil tüm sistemler için söz konusudur. Zaten çevre sorunlarıyla bağlantılı olarak çevre etiği ve eğitimi gündeme getirilmiştir (Singer, 2011, 378-380). Çevre ahlakının

tanımında da bilinç ve vicdani sorumluluk yaşanabilir bir çevre oluşturmanın ve bunun sürdürülebilirliğinin şartı olarak görülmüştür (Çepel, 2016, s. 99). Zira çevre sorunlarının sadece hukuki yaptırımlarla veya polisiye tedbirlerle çözülemeyeceği anlaşılmıştır. Bu sebeple vicdani boşluk olarak tanımlanan alana en etkin şekilde ahlâkî değer yargıları üzerinden sirayet edilmeye çalışılmaktadır. Bu noktada varlığa değer atfında bütüncül bir bakışı besleyeceği için ahlakın hangi epistemolojik ve ontolojik anlayışa dayanacağı gündeme gelmektedir (Türer, 2015, 100-07).

4.1. Ruhunu Kur'ân'dan alan ahlak anlayışı

Çevre sorunlarına katkı konusunda ruhunu Kur'an'dan alan; "Allah'ın emirlerine saygı ve mahlukatına şefkat-merhamet" ilkeleri üzerinden şekillenen ahlak anlayışının daha etkin olacağı rahatlıkla söylenebilir (Kandemir, 1982, 15). Zira; varlığın kutsalla yoğrulması anlamı taşıyan bu anlayışın derin ekolojik anlayışından daha etkin bir nüfuz alanına sahip olacağı muhakkaktır. Zaten modernitenin kendi anlayışı üzerinden oluşturduğu ahlak anlayışının ilgili boşluğu dolduramaması inanç bağından yoksunluğu sebebiyledir (Tepe, 2016, 107-113). Çünkü; hiçbir sistem, inancın birey ve toplumun kılcal damarlarına kadar sağladığı etkin gücü sağlayamamaktadır. Devletin yasalarını enseinde hissetmekle inandığı Allah'ın kendisine şahdamarından daha yakın olduğunu (Kâf 50/16) veya her yaptığı için melekler tarafından kayda alındığını (İnfitâr 82/10-12) ve bunun hesabının sorulacağını (Kıyâme 75/36) hissetmek arasında ciddi anlamda mahiyet farkı vardır. Yani yemek için yaşamakla yaşamak için yemek farklı değer yargılarının ürünüdür. Tüketime yön veren değerlerin, tüketimin asıl amacı olan ihtiyaca uygunluk, yeterlilik ve israfa kaçmama gibi unsurlara katkı sağlaması gerekmektedir.

Vicdani boşluğun ihtiyaç duyduğu ilkelere açısından bakıldığında Kur'ân'ın bu alanı rahatça doldurduğunu söylemek mümkündür. Zira Kur'ân'ın ana gövdesini ahlakî ilkelere oluşturduğunu söylemek hiç de abartı olmayacaktır. Sınırlı sayıda muâmelata tekabül eden ayet varken, Kur'ân'ın neredeyse bütün ayetlerini ahlâkî yapıyla ilişkilendirmek mümkündür (Reşid Rızâ, 1947, 1/19). Ancak tarihî süreç içerisinde zamanın ruhuna uygun olarak bu ahlakî ilkeler, genelde, insandan insana ilişkiler ağı kapsamında ele alınmıştır. Bunların, günün öne çıkan ihtiyaçları bağlamında çevre problemleriyle de daha özel bir ilişki ağı oluşturularak yeniden yorumlanması gerekmektedir. Bu bağlamda israfın sirayet ettiği tüm alanların özel bir önemi vardır. Çünkü bugün, insanın varlıkla girdiği ilişki, çeşitliliği, yöntemleri, karşılıklı etkileşimi; insanın ihtiyaçları, tüketim imkanları ve alışkanlığı açısından dünkü ile aynı değildir (Türkiye İsrar Raporu, 2018, 88-161). Bu yüzden israf, insanın ilişkili olduğu varlığın her boyutla ilişkili şekilde ele alınmakta ve değerlendirilmektedir. Dolayısıyla da Kur'ânî ahlak varlıkla ilişkinin bütün boyutlarına sirayet etmelidir.

Sağlıktan zaman yönetimine, üretimden tüketime birçok alanda hızlı değişim söz konusu olduğu günümüzde bireysel israf yanında kamusal alanda yapılan israf da son derece önemli hale gelmiştir. Bireye yönelik çabalar yanında kamu kurum ve kuruluşlarında personel sisteminin sürekli güncellenmeye çalışılması; işe girişten emeklilik aşamalarına kadar insan kaynakları yönetimi için geliştirilmeye çalışılan yeni modeller ve bu kapsamda ele alınan etkinlik ve verimlilik analizleri, performans değerlendirme çabaları ve başarıyı ödüllendirme girişimleri (Resmi Gazete, 2019, 151) tümüyle bu yeni şartların gereğidir. Bütün bunlar süregelen siyasal ve kültürel değişimin tabii sonucudur.

Gelinen noktada, ortaya çıkan çevre problemleri, yalın haliyle “İsraftan sakının!” genellemesiyle halledilebilecek nitelikte değildir. Bu yüzden Kur’ân’ın meseleye yaklaşımı iyi analiz edilip onun varmak istediği maksat anlaşıldıktan sonra insanlara sunulmalıdır. Çünkü; bir yandan bireyin yaşam hakkını, diğer yandan da devletin sürekliliğini korumak; ihtiyaç alanlarındaki tüketimi sürdürmek gerekmektedir. Bütün bunlar yapılırken aynı titizlikle gelecek nesillerin yaşam hakkının da gözetilmesi gerekmektedir. Ayrıca her bireyin kaliteli bir yaşam sürme hakkı da söz konusudur. Bu yüzden, tedavi için zorunlu bir ilaç yan etkileri dolayısıyla yasaklanamayacağı gibi insanlığın yaşam hakkı da çevresel sıkıntılar dolayısıyla tümüyle sınırlandırılmayacaktır. İşte tam bu noktada ilkeler devreye girmek zorundadır. Dikkat edilirse Kur’an, tam da bu meseleyi dengelemek; bireyin yaşam hakkını elinden almamakta (Mâide 5/87, 88; A’râf 7/32), ümmetin ittifakla kabul ettiği gibi aksine, canı, malı, akli, dini, nesli korumayı ana ilkeleri arasında saymaktadır (Şâtubî, 1997, 1/31). İslam fihhinde hacir konusu gündeme geldiğinde insanın eda ehliyetine çok fazla müdahale edilmemeye çalışılması bu hassasiyetten kaynaklanmış olmalıdır. O, varlığın bütün boyutlarıyla insanın hizmetine sunulduğunu ifade etmekte ama verilen bu hakkı kullanımda mutedil (iktisat) olmayı önermektedir.

Kur’an, bu hakkı insana verirken bir keyfiliğe de müsaade etmemektedir. Tümel olarak bakıldığında, insana iyi ve kötü duyguların yüklediğini belirttikten sonra kötü duygulardan arınma gerekliliğinin hatırlatılması ve bu yönde rehberlik yapılması bu noktadaki en önemli sınırlamadır (Şems 91/8-10; İnsan 76/2, 3). Varlık üzerindeki tasarruf yetkisi açısından baktığımızda ise helal olmayan yere harcamayı da israf addederek zaten ciddi anlamda bir sınırlama daha getirmiş olmaktadır. Kaldı ki iktisatlı davranan ve israf eden

arasındaki farka “Eğer onlar Tevrat’a, İncil’e ve rableri tarafından kendilerine indirilen Kur’an’ın hükümlerine uysalardı şüphesiz yerüstü ve yeraltı nimetleri içinde yüzerlerdi. Gerçi onların arasında itidalli/ölçülü (iktisatlı), sözden anlayan kimseler de vardır. Fakat pek çoğu son derece kötü işler yapmakla meşguldür.” (Mâide 5/66.) ayetiyle ayrıca vurgu yapılmaktadır.

Çevre sorunlarının çözümünde öne sürülen sürdürülebilir maddî verimliliğin ve sosyal mutluluğun dinî temelli iktisatlı tutum ve onun oluşturduğu ahlaki tavırla doğrudan ilişkisi vardır (Zemahşerî, 1/352; Esed, 1999, 1/206). Bu açıdan bakıldığında konuya Kur’an’ın önerdiği ahlaki normlarla insanın aracısız ve kısıtsız katkısının sağlanması mümkündür. Çünkü ruhunu Kur’ân’dan alan kolektif ruh, insanları bütünlük düşünen gönüllü aktivist haline getirecektir. Bugün, çevre bilinci ve duyarlılığının hem bireysel ve hem de toplumsal bazda kolektif bir ruhla ele alınması gerektiğine vurgu yapılması bundandır (Parlak, 2004, 20).

4.2. İsrâf algısının eğitimle bilince dönüştürülme zorunluluğu

Günümüzde eğitim, sadece örgün eğitim olarak düşünülmemekte, toplumun tüm kesimlerini kapsayan ve hayat boyu devam eden sistemli bir faaliyeti ifade etmektedir (https://www.ab.gov.tr/files/rehber/09_rehber.pdf, 5; Yüksek Öğretimde Kalite, 2014, 21). Burada üzerinde durulması gereken önemli bir husus da bu eğitimin şekli, içeriği ve ilgili ahlaki yapının eğitim üzerinden pratiğe nasıl dönüştürülebileceğidir. Örneğin, geleneksel eğitimin yerini maddî ve zaman tasarrufunu da dikkate alarak online eğitime bırakmaya başladığı günümüzde (Gallacher, 2020, 15/78) ruhunu Kur’ân’dan alan çevre konusundaki eğitimin entegrasyonun nasıl sağlanacağı analiz edilmelidir. Kur’an’ın dile getirdiği iman-amel birlikteliği ve ihlas

konularıyla da doğrudan ilişkili olan meselelerin bu boyutunun, eğitimde dünyanın geldiği noktaya nasıl taşınabileceği üzerinde mutlaka durulmalı, açıklar giderilmelidir. İsraf algısına işin sağlık ve zaman boyutu gibi tali unsurlar da eklenmelidir. Çünkü israfın önemli bir nedeninin bilgi yetersizliği ve boşa zaman harcama olduğu bilinmektedir (Türkiye İsraf Raporu 2018, 20). Ayrıca israf bugün, üretimden tüketime geniş bir yelpazede ele alınmaktadır.

Sadece gıdada kayıp ve israfı değerlendirmek veya önlemek, hasat öncesi faktörler ve hasat edilmeyen ürünler; hasat ve ilk muamele, depolama; nakliye ve lojistik; işleme ve paketleme; perakende; tüketim olmak üzere bir çok başlığı gündeme getirmektedir. Kaldı ki her başlık kendi içerisinde birçok alt birimi de içerisinde barındırmaktadır (Türkiye'nin Gıda Kayıpları ve İsrafının Önlenmesi, Azaltılması ve Yönetimine İlişkin Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2020, 13). Bu süreçlerde yer alan her bir adımın bilince dönüşmeden çözülmesi mümkün değildir.

Netice olarak kullanılan kaynakların rasyonel ve verimli kullanımı bilinç düzeyinin artırılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Türkiye İsraf Raporu 2018, 12). Üretim zincirinin ilk halkasından tüketicinin son noktasına kadar israf ancak her aşamada hissedilen bilinçle önlenmektedir. Çevre açısından değerlendirildiğinde bilinç düzeyi ile tüketicinin eğitim seviyeleri arasında %95 oranında ilişkinin olduğu; eğitim düzeyi arttıkça bilinç düzeyinin arttığı görülmüştür (Babaoğlu, 2016, 34). Bu yüzden çevre eğitiminin kendine özgü içeriği ve yöntemleriyle gündeme geldiği unutulmamalıdır (İbrahim, 1997, 23-27; Zengin, 2008, 229-243). İsrafı önlemek ve bunun gereği olan ahlaki formu kazanmak için de eğitim alt yapısındaki sorunların giderilmesi gerekmektedir.

5. Sonuç

Çevre sorunları insan-çevre ilişkisi açısından değerlendirildiğinde kendine özgü içeriği ile yirminci yüzyılın ortalarından itibaren gündeme gelmeye başlamıştır. Geldiği nokta itibarıyla insanlığın ve hatta topyekûn varlığın geleceğini tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu sebeple sorun odaklı yapısıyla insanlığın en önemli gündem maddelerinden birisidir. Kur'an temelli bir düşünce konuyla ilişkilendirilirken sorunun bugünkü muhtevasıyla tanınması gerekmektedir.

Ulaştığı boyutlar itibarıyla çevre problemleriyle mücadele dünya ile eşgüdüm halinde yürütülmek zorundadır. Bu bağlamda Müslüman dünyanın da inancının temel kaynağı olan Kur'an ve onun ürettiği kültürel birikim üzerinden hafızasını yenilemeli ve dünyanın ilgili sorununa çözüm önerileri sunulmalıdır.

Kur'an'ın genel anlamdaki tanımlamasından israfa hiçbir şekline olumlu bakılmadığı, ekonomik boyutta israfın haram olduğu, helal olmayan yerlere harcama yapılamayacağı genel ilkesi çıkarılmış, ancak israf ve cimrilik sınırları birey ve topluma göre değişeceğinden harcamanın sınırları kesin çizgilerle belirlenmemiştir. Çünkü; meselenin boyutları birey ve topluma göre değişmektedir. Tasarruf hürriyeti Allah'ın insana verdiği en temel hak olduğu düşünüldüğünden burada getirilen sınırın "başkasına zarar vermeme noktası" olduğu anlaşılmıştır.

Çevre-israf ilişkisinin en temel noktasının kişinin inisiyatifine bırakılan vicdani boşluk alanı olduğu tespit edilmiştir. Ancak vicdanî boşluk olarak nitelenen alanı Kur'an'ın keyfilğe bırakmadığı, önerdiği ahlaki ilkelerle kapattığı tespiti yapılmıştır. Çevre sorunlarına Kur'an temelli israf anlayışıyla çözümün en önemli ayırıcı noktasının burası olduğu sonucuna varılmıştır.

Kur'an'ın israf kavramını kendi dünya tasavvuru içerisinde daha geniş kapsamlı kullandığı anlaşılmaktadır. Zamanla anlam daralmasına uğrayarak kavramın içinde barındırdığı ekonomik harcama anlamının öne çıktığı, geleneksel noktada modern dönemin devlet yönetiminin şekillendirdiği laik yönetim anlayışıyla uyumlu bir kullanım niteliği kazandığı anlaşılmaktadır.

Çevre sorunlarıyla ekonomi teorileri arasında ilişki bulunmakta, israf anlayışının bugün mer'î ekonomik sistemler bazında kendi düşünce yapılarına uygun şekilde dile getirildiği anlaşılmaktadır. Yürürlükteki formal düzeneklerin kurucu ve kurgulayıcısı İslam düşüncesi olmadığından yapılan açılımların ilgili sisteme entegrasyonu de o zemin üzerinden olmak zorunda kalmaktadır. Bu, Kur'an'ın öngördüğü israf anlayışının etkisini sınırlamakta, bireysel hassasiyete bağlı bir davranış biçimi olarak kalmasına sebep olmaktadır. Bu yapıyla adeta aparat işlevi görmektedir. Bu sebeple Müslüman kendi

ekonomik gelişim modelini tamamlamalı, mer'î ekonomik görüşler çerçevesinde nasıl bir model önerdiğini bütüncül bir anlayışla değerlendirmelidir.

Kur'an temelli israf anlayışının ayırıcı bir unsuru da nafaka veya hayır nitelikli dahi olsa harcamalarla israfı ilişkilendirmesidir. Dolayısıyla her durumda mu'tedil davranış (iktisat) Kur'an'ın temel ilkesidir.

Çevre sorunlarının üstesinden geleme noktasında eğitimin özel bir yeri vardır. Çevre duyarlılığı eğitimin katkısıyla bilinç/şuur haline dönüştürülmelidir. Söz konusu yönleriyle Kur'an temelli israf algısının çevre sorunlarına katkısı Müslüman toplumların eğitim seviyelerinin dünyanın geldiği noktaya taşınmasıyla mümkün olabilecektir. Kur'an'ın israf algısının ahlaki prensipleriyle yoğrulmuş olarak ilgili eğitim düzeyi üzerinden güncellenmesi, birey ve toplum nezdinde içselleştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Akın G., (2017). İnsan Çevre Etkileşimi, *Bilgin Yayınları*, Ankara.
- el-Âlûsî, ŞSM., (1997). Rûhu'l-me'ânî fi tefsîri'l-Kur'ânî'l-'a'zîm ve's-seb'î'l-mes'ânî, *Dâru'l-Fikr*, Beyrut.
- Altuntaş H., Şatır Aİ., (2013). Modern ve Postmodern Dünyada Çevre Bilincinin Dünü, Bugünü ve Yarını, *Çevre ve Ahlak Sempozyumu*, 4-5 Ekim, Gaziantep.
- Apaydın HY., (1996). "Hacir", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, İstanbul, 14/513-517.
- Babaoğlu M., Şener A., Buğday EB., (2016). Tüketici Profili Eğilim ve Davranışlarının Analizi, *T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı yayınları*, Ankara.
- Buhârî, Ebû Abdillâh Muhammed b. İsmâîl b. İbrâhîm el-Cu'fî, *el-Camiu's-sahîh*, thk. Muhammed Fuad Abdülbâkî vd. Matbaatu's-Selefiyye, Kahire: 1400.
- Cengiz K., (2001) "İsraf", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*, İstanbul, 23/178-180.
- Cürçânî SŞ, (2004). Mu'cemu't-ta'rîfât, thk. *Muhammed Sıddık Minşâvî*, *Dâru'l-Fadîle*, Kahire.
- Çepel N., (1995). Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü, *Tema Yayınları*, İstanbul.
- Gallacher S., (2020). Eğitim Belgelerindeki Değişim, *YÖK Yüsek Öğretim Dergisi*, Ankara, 15/78.
- Dâmeğânî HM., (1983). Kâmûsu'l-Kur'an, thk. *Abdülaziz Seyyidü'l-Ehl*, *Dâru'l-İlm*, Beyrut.
- Erdoğan M., (2015). Fıkıh ve Hukuk Terimleri, *Ensar Yayınları*, İstanbul.
- İbn Fâris, Ebu'l-Hasan Ahmed (1979). Mu'cemu Mekâyîsu'l-luğa, thk. *Abdüselâm Muhammed Hârûn*, *Dâru'l-Fikr*.
- İbn Manzûr, Lisânü'l-Arab, *Dâru'l-Meârif*, Kahire: ts.
- İbn Âşûr, Muhammed Tahir, (2016). Makâsîdu's-şer'îti'l-islâmîyye, thk. *Muhammed Zuhaylî*, *Dâru'l-Felah*, Şam.
- Kandemir MY., (1982). Örneklerle İslâm Ahlâkı, *Nesil Yayınları*, İstanbul.
- Kayadibi F., (2008) Çevre Sorunları ve Dinlerin Çevreye Bakışı, *İstanbul Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Uluslararası Çevre ve Din Sempozyumu*, İstanbul Büyükşehir Şehir Belediyesi, İstanbul.
- Parlak B., (2004). Çevre-Ekoloji-Çevrebilim: Kavramsal Bir Tartışma, *Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar Kitabı içerisinde*, ed: Mehmet C. *Marın-Uğur Yıldırım*, Beta Yayınları, İstanbul.
- Râğîb el-İsfahânî, (1997). Müfredâtü el-fâzî'l-Kur'an, *Safvan Adnan Dâvûdî*, *Dâru'l-Kalem*, Beyrut.
- Râzî F., (1981). Tefsîru'l-fahri'r-Râzî, *Dâru'l-Fikr*, Beyrut.
- Reşid R., (1947). Tefsîru'l-Kur'ânî'l-Hakîm, *Dâru'l-Menâr*, Kahire.
- Sâys MA., (2010). Tefsîru âyâtü'l-ahkâm, *Dâru'l-Kütübi'l-İlmiyye*, Lübnan.
- Singer P., (2011). Pratik Etik, *çev. Nedim Çatlı, ithaki*, İstanbul.

- eş-Şâtîbî, Ebû İshâk İbrâhîm b. Mûsâ b. Muhammed el-Lahmî el-Gırnâfî, (1997). el-Muvâfakât, *Dâru'bnü Affân*, Arabistan.
- Şevkânî, Ali b. Muhammed, (1997). Fethu'l-kadîr, *Dâru'l-Ma'rife*, Beyrut.
- et-Taberî, Muhammed b. Cerîr, (2000). Câmî'u'l-beyân fî te'vîli âyî'l-Kur'ân, *thk. Ahmed Muhammed Şâkir Müessesetü'r-Risâle*.
- Tepe H., (2016). Pratik Etik, *BigeSu*, Ankara.
- Türer C., (2015). Ahlâk ve Eğitim: Şahsiyetin Oluşturulması, *Eğitim ve Ahlâk Şurası Kitabı* içerisinde, Ankara.
- Türkmen L., (2008). Ekolojik Konu ve Sorunlar, *Çevre Eğitimi kitabı içerisinde*, ed: Orçun Bozkurt, Pegem Akademi, Ankara.
- Ünal V., (2010). Çevre Sorunları ve Dindarlık İlişkisi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Doktora Tezi, Konya.
- Zemahşerî, Mahmûd b. Ömer, *el-Keşşâf an hakâiki't-tenzîl ve uyûni'l-'ekâvîl fî vücûhu't-te'vil*, *Dâru'l-Ma'rife*, Beyrut: ts.
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2019). 2019 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı, <http://www.sbb.gov.tr/2019-yili-cumhurbaskanligi-yil-lik-programi-resmi-gazetede-yayimlanmistir/> (Erişim tarihi: Eylül 2020).
- T.C. Ticaret Bakanlığı, (2018). Türkiye İsrâf Raporu 2018, Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2020). Türkiye'nin Gıda Kayıpları ve İsrâfının Önlenmesi, Azaltılması ve Yönetimine İlişkin Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı, *Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü*, Ankara.
- URL-1, https://www.ab.gov.tr/files/rehber/09_rehber.pdf
- YÖK, (2014). Yüksek Öğretimde Kalite, *Ankara Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü*, Ankara.