

SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YÖNETİMİ

Ezgi ÖZGÜNERGE FALAY
Erva Nur POYRAZ
Öz Erman ARUSAN

ÖZET

Sızdırmazlık teknolojileri, enerji, otomotiv, havacılık ve imalat gibi stratejik sektörlerde sistem güvenliği, operasyonel verimlilik ve çevresel performans açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bildiride, sızdırmazlık elemanlarının sürdürülebilirlik kapsamındaki yeri; malzeme seçimi, üretim süreçleri, atık yönetimi, karbon ayak izi ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri (LCA) üzerinden çok yönlü olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, entegre atık yönetimi bağlamında, Türkiye'de ve dünyada uygulanan iyi örnekler üzerinden sektörel analizler yapılmıştır. Bildiride ulaşılan sonuçlara göre, sızdırmazlık elemanlarının yalnızca sistem performansı açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda tasarlanması ve üretilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Doğru malzeme seçimi, yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerin izlenmesi, karbon salınımının ölçülmesi ve geri dönüşüme uygun üretim anlayışı, sektörün sürdürülebilir dönüşümünü mümkün kılacak temel yapı taşlarıdır. Bu bağlamda, sızdırmazlık sektöründe sürdürülebilirlik; teknik inovasyon, çevre dostu üretim ve etkili kaynak yönetiminin bir arada yürütülmesini zorunlu kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sızdırmazlık Teknolojileri, Sürdürülebilirlik, Karbon Ayak İzi, Malzeme İnovasyonu, Yaşam Döngüsü Analizi, Atık Yönetimi

ABSTRACT

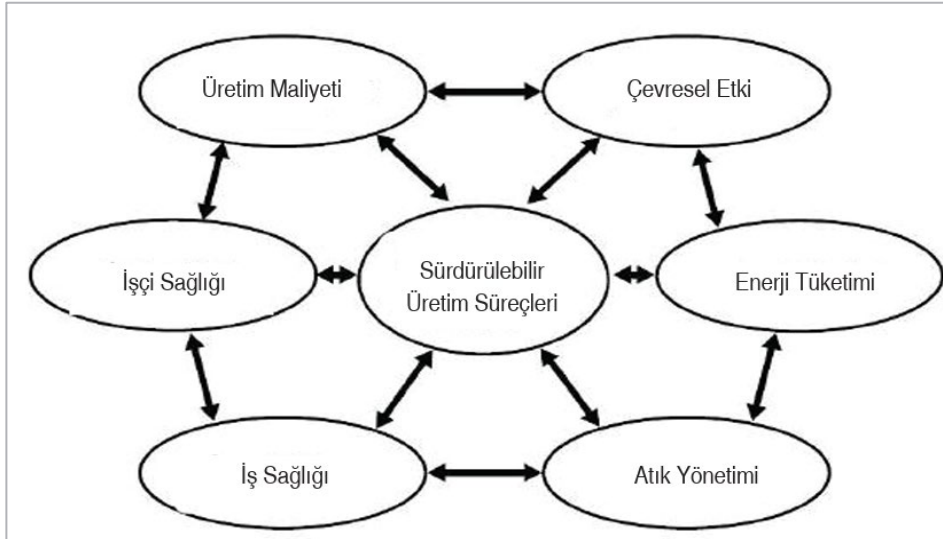
Sealing technologies play a critical role in strategic sectors such as energy, automotive, aviation, and manufacturing, in terms of system safety, operational efficiency, and environmental performance. This paper examines the role of sealing elements in sustainability from a multifaceted perspective, encompassing material selection, production processes, waste management, carbon footprint, and life cycle assessments (LCA). Within the scope of the study, sectoral analyses were conducted using best practices implemented in Turkey and globally within the context of integrated waste management. The conclusions reached in the report emphasize that sealing elements should be designed and manufactured not only in terms of system performance but also in line with environmental sustainability goals. Proper material selection, monitoring environmental impacts throughout the life cycle, measuring carbon emissions, and a recyclable production approach are the fundamental building blocks that will enable the sustainable transformation of the sector. In this context, sustainability in the sealing sector necessitates the integration of technical innovation, environmentally friendly production, and effective resource management.

Key Words: Sealing Technologies, Sustainability, Carbon Footprint, Material Innovation, Life Cycle Assessment, Waste Management

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya genelinde çeşitli kirlilik türlerinin oluşması sonucu doğal kaynakların tükenmesi nedeniyle gezegeni tehdit eden çevresel sorunlarla mücadele etme ihtiyacı giderek artmıştır. Bu ihtiyaç, doğal kaynak verimliliğini artırmaya yönelik çevreye ilişkin düzenlemeler ve politikalarla desteklenen sürdürülebilir kalkınma hareketinin oluşmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların tükenmesini önleyerek, çevresel, sosyal ve ekonomik sistemlerin uzun vadeli dengesini sağlamayı amaçlayan bir kalkınma yaklaşımıdır. Bu kavram, mevcut kuşakların ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan, kaynakların sorumlu ve verimli bir şekilde kullanılmasını esas alır. İmalat endüstrisi için ham maddenin son ürün haline gelinceye kadar geçirdiği süreçte çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilmesi çok önemlidir. Başarılı bir sürdürülebilir imalat yönteminin kullanılmasıyla çevresel anlamda oluşan bir iyileşme diğer alanları da olumlu etkilemektedir.

Talaşlı üretim işlemlerinde sürdürülebilirliğe etki eden faktörler; üretim maliyeti, çevresel etkiler, işçi sağlığı, enerji tüketimi ve atık yönetimidir (Şekil 1.1). Talaşlı imalat işlemlerinde sürdürülebilir faktörlerin istenen seviyeleri; asgari ölçüde enerji tüketimi ve işleme maliyetinin yanında, azami ölçüde çevre dostu olma, insan sağlığı, operasyonel güvenlik şartlarında olması olarak tanımlanabilir. Enerji tüketiminin azaltılması, atıksız/minimum atıklı imalat işlemleri ve kullanım ömrü biten ürünün hammaddenin tekrar kullanma alanlarının mümkün olmasıyla ilgilidir [1; 2].



Şekil 1.1 Talaşlı İmalat İşlemlerinde Sürdürülebilirliğe Etki Eden Önemli Faktörler [2]

Küresel ölçekte artan çevresel sorunlar, doğal kaynakların hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve sanayi faaliyetlerinin neden olduğu çevresel etkiler, sürdürülebilir üretim anlayışını her zamankinden daha önemli hale getirmiştir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinin her aşamasında çevresel etkilerin azaltılması, kaynakların verimli kullanılması ve döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması kritik bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanayi altyapısında yer alan her sistem bileşeni gibi, sızdırmazlık teknolojileri de bu dönüşümün merkezinde yer almakta; enerji verimliliğini artırma, emisyonları azaltma ve sistem güvenliğini sağlama işlevleriyle sürdürülebilirlik hedeflerine doğrudan katkı sunmaktadır.

Çevreye duyarlı üretim anlayışı, günümüz koşullarında kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir. Genel kaniya göre, işletmelerin çevresel sorumluluklarını artırmaya yönelik devlet müdahaleleri ve yasal düzenlemeler, çoğu zaman işletmeler açısından ekolojik fayda ile ekonomik kârlılık arasında bir ikilem yaratmaktadır. Günümüzde, işletmelerin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltma yönünde

attıkları adımların, maliyet açısından bir yük değil; aksine rekabet avantajı ve kârlılık sağlayan stratejik yatırımlar olduğu düşüncesi giderek daha fazla kabul görmektedir [3]. Günümüzde, işletmelerin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltma yönünde attıkları adımların, maliyet açısından bir yük değil; aksine rekabet avantajı ve kârlılık sağlayan stratejik yatırımlar olduğu düşüncesi giderek daha fazla kabul görmektedir.

Sızdırmazlık elemanları, özellikle otomotiv, havacılık, enerji ve imalat sektörlerinde, sistemler arası akışkan geçişini engelleyerek hem operasyonel güvenliği artırmakta hem de kaynak kayıplarını önlemektedir. Bu elemanların doğru tasarımı, uygun malzeme seçimi ve çevresel etkileri minimize eden üretim teknikleriyle üretilmesi, sadece ürün performansını değil, aynı zamanda sistemin genel çevresel ayak izini de belirleyici hale getirmektedir. Nitekim, bir contanın ya da keçenin arızası; enerji kayıplarına, kimyasal sızıntılara ve dolaylı olarak karbon salımının artmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışma, sızdırmazlık teknolojilerinde sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik çok boyutlu bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmada öncelikle sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları ele alınmış; ardından atık yönetimi, karbon ayak izi ve yaşam döngüsü analizleri gibi çevresel göstergeler bağlamında sızdırmazlık sektöründeki durum ve gelişim alanları irdelenmiştir. Bu bağlamda çalışma, sızdırmazlık teknolojilerinde sürdürülebilirliği sağlayan temel etkenleri ortaya koyarken, sektördeki çevresel dönüşümün potansiyelini ve bu dönüşümün önündeki teknik, ekonomik ve yapısal engelleri de tartışmaya açmaktadır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ve ATIK YÖNETİMİ

2.1. Sürdürülebilirlik

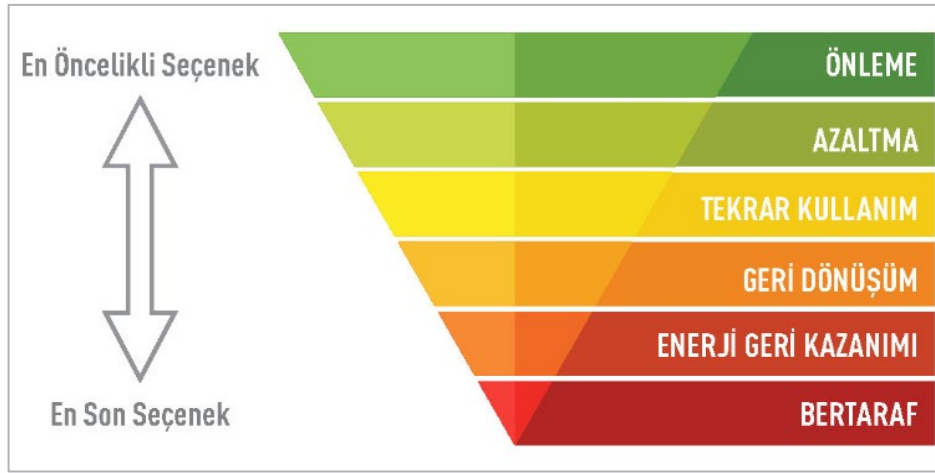
Sürdürülebilirlik, genel anlamda bir durumun ya da sürecin uzun vadede devam ettirilebilme kapasitesini ifade eder. Bu kavram, farklı bağlamlarda çeşitli şekillerde yorumlanmakta ve tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirlik ifade edilirken çoğunlukla ekonomik kavramlarla beraber ele alındığı için sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma çoğu zaman eş anlamlı kullanılmaktadır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yaptığı tanımda sürdürülebilir kalkınma kavramı bugünün insan ihtiyaçlarını gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini feda etmeden karşılanabilmesi olarak ifade edilmektedir [4]. Temelinde ise sürdürülebilirlik, ekolojik sistemlerin işleyişini ve verimliliğini gelecekte de koruyabilme durumu olarak anlaşılmaktadır. Günümüzde, insan faaliyetlerinin dünyadaki kaynakları ve çevreyi tüketme noktasına getirdiği yönünde yaygın bir görüş birliği oluşmuştur. Sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi doğal kaynakların, kendilerini yenileyebilecekleri bir hızda kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Sosyal açıdan sürdürülebilirlik, mevcut kuşakların ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama imkanlarını tehlikeye atmaması olarak tanımlanabilir. Ekonomik açıdan sürdürülebilirlik ise, sürdürülebilir kalkınma kavramıyla birlikte ele alınmakta; yenilenebilir kaynaklara dayalı üretime yönelmek ve üretim süreçlerinin çevresel etkilerinin sorumluluğunu üstlenmek anlamına gelmektedir.

Birleşmiş Milletler, sürdürülebilir kalkınmaya büyük önem atfetmekte ve bu konuda küresel düzeyde farkındalık yaratmayı hedeflemektedir. Birleşmiş Milletlerin 2005 Dünya Zirvesinde sürdürülebilir kalkınma üç alt başlıkta tanımlanmıştır; ekonomik kalkınma, sosyal kalkınma ve çevrenin korunması [5]. Ülkelerin sürdürülebilir kalkınmaya yönelik yeterli ilgiyi göstermesi ve ulusal düzeyde bu süreci destekleyecek politikalar geliştirmesi amacıyla çeşitli göstergeler oluşturulmuştur. Bu göstergeler, yoksulluk, yönetim, sağlık, eğitim, demografik yapı, doğal hava değişiklikleri, atmosfer, karalar, okyanuslar ve denizler, tatlı su, biyolojik çeşitlilik, ekonomik kalkınma, küresel ekonomik ortaklık, tüketim ve üretim kalıpları olarak sıralanmaktadır [6]. Görüldüğü üzere sürdürülebilir kalkınma pek çok alanı kapsayan kapsamlı bir yaklaşım hâline gelmiştir.

2.2. Atık Yönetimi

2.2.1. Entegre Atık Yönetimi

Entegre atık yönetimi, atıkların oluşumundan nihai bertarafına kadar olan bütün aşamalarda çevresel etkileri en aza indirmeyi ve kaynak kullanımını optimize etmeyi amaçlayan kapsamlı ve bütüncül bir atık yönetimi yaklaşımıdır. Temel amaç, sistemde oluşan atıkların bertaraf faaliyeti sırasında gerek ekolojik gerekse de ekonomik alanda meydana gelebilecek olumsuz etkileri minimize etmektir [3]. Entegre atık yönetimi sistemini uygulayabilmek için hedeflerin önceden belirlenmiş olması ve planlamanın da etkin bir biçimde yapılmış olması gerekmektedir. Bu açıdan, yerel, bölgesel, ulusal ya da uluslararası, ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler mevcut durumla birlikte incelenir ve uygun bir planlama yapılır. Bütünleşik atık yönetimi önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve bertaraf olmak üzere 6 ana stratejiden oluşmaktadır. Belirtilen bu stratejilerin sürdürülebilir atık yönetimi açısından tercih edilmesi gereken sıralaması Şekil 2.1'deki atık yönetimi hiyerarşisinde gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Atık Yönetimi Hiyerarşisi

Entegre atık yönetimi hiyerarşisine göre, bertaraf işlemi, ilk beş adımın uygulanmasının ardından en son başvurulması gereken yöntem olarak konumlandırılmaktadır. Hiyerarşinin ilk basamağında atığın oluşumunun önlenmesi hedeflenmektedir. Bu hedefin sağlanamaması durumunda ise, ikinci adım olarak atık miktarının en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu iki adımın uygulanmasına rağmen atık oluşumu gerçekleşmeye devam ediyorsa, söz konusu atığın yeniden kullanılabilirliği değerlendirilmelidir. Yeniden kullanımı mümkün olan atıkların, herhangi bir işleme tabi tutulmadan tekrar kullanımı teşvik edilmelidir. Tekrar kullanılmayan atıklar için, atığın içerdiği materyallerin çeşitli işlemlerden geçirilerek benzer veya farklı ürünlere dönüştürülmesini ifade eden geri dönüşüm aşaması uygulanmalıdır. Geri dönüştürülemeyen ve özellikle organik nitelikli atıklar söz konusu olduğunda ise, bertaraf işlemine geçilmeden önce enerji geri kazanımına yönelik işlemler gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda, bu tür atıklardan enerji elde edilmesi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik fayda açısından önem arz etmektedir. Bununla birlikte, önleme, azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi aşamalardan geçmesi mümkün olmayan atık türleri de mevcuttur. Piller ve elektronik atıklar gibi tehlikeli atıklar bu gruba dâhildir. Bu tür atıklar, yalnızca çevre ve insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde tasarlanmış özel bertaraf tesislerinde bertaraf edilmelidir.

2.2.2. Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Atık Yönetimine göre atık, ortadan kaldırılması gereken bir madde değil, geri kazanılması gerekli olan bir kaynak şeklinde değerlendirilmektedir. Atık yönetimindeki ilk öncelik, atık oluşumunun önüne geçilerek kaynakların korunmasıdır. Sürdürülebilir atık yönetiminin amacı, kaynakların kullanımını bir

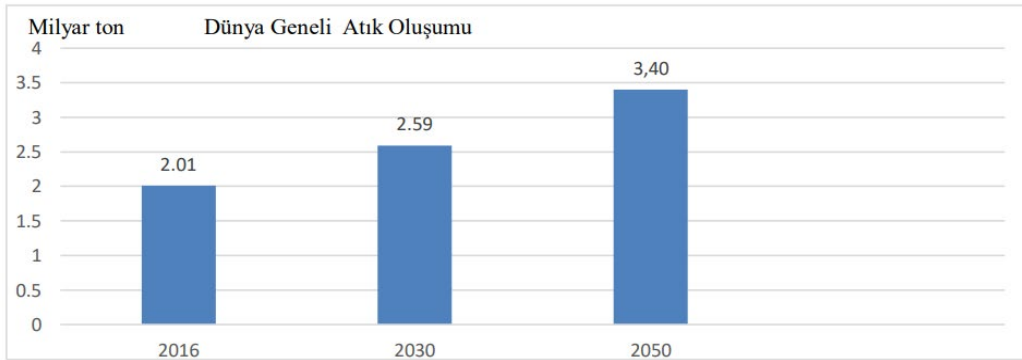
döngü haline getirerek, son tüketim aşamasında meydana gelen atıkların fayda sağlayacak şekilde tekrar kullanıma kazandırılmasıdır.

Sürdürülebilir atık yönetiminde; atık oluşumundan kaçınma, atık oluşumu kaçınılmazsa atıkların geri dönüşümünün sağlanması, geri dönüşüm söz konusu olmadığında atıkların enerji üretimi için kullanılması ve bütün bu aşamalardan sonra atıkların bertarafı için en uygun çevresel seçeneğin uygulanması aşamalarından oluşan bir karar süreci mevcuttur. Karar sürecinin tüm aşamalarında eğitim, yeterli teknik donanım, net ve açık düzenlemeler, halkın aktif olarak katılımı ve maddi destekler gibi ciddi önem arz eden etmenler vardır. Sürecin her aşamasında yerel yönetimlerin, merkezi yönetimlerin, özel sektörün, sivil toplum kuruluşlarının ve toplumun her bireyinin yükümlülükleri bulunmaktadır [7].

2.2.3. Dünya’da Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Dünya Bankası verilerine göre; 2020 yılında dünya genelinde yaklaşık 2.24 milyar ton katı atık üretilmiştir. Bu miktarın 2050 yılına kadar %73 artarak 3.88 milyar tona ulaşması beklenmektedir. 2020 yılında küresel atık yönetiminin doğrudan maliyeti yaklaşık 252 milyar USD olarak tahmin edilmiştir. Eğer mevcut uygulamalar devam ederse, bu maliyetin 2050 yılına kadar 640.3 milyar USD’ye ulaşması öngörülmektedir.

Yüksek gelirli ülkelerde entegre atık yönetimi sistemlerinin işletme maliyetleri ton başına 100 USD’yi aşarken, düşük gelirli ülkelerde bu maliyetler ton başına 35 USD civarındadır. Dünya genelinde 2016 yılında oluşan atık miktarı ile 2030 ve 2050 yıllarında oluşması beklenen tahmini atık miktarı Şekil 2.2’de gösterilmiştir [8].



Şekil 2.2 Dünya Geneli Atık Oluşumu [8]

Şekil 2.2’ye göre, dünya genelindeki yıllık katı atık oluşumu 2016 yılında 2,01 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Yapılan araştırma ile 2030 yılında bu rakamın 2,59 milyar tona çıkacağı ön görülmektedir. Bu da 14 yıllık sürede 580 milyon tonluk bir artış anlamına gelmektedir. 2050 yılına gelindiğinde ise aynı rakamın 3.40 milyar ton olacağı ön görülmektedir. Başka bir deyişle, 2030 ile 2050 yılları arasındaki 20 yıllık süreçte 810 milyon tonluk bir artıştan söz edilmektedir. Bu artış, dünya genelinde sürdürülebilir uygulamaların ortaya konması gerektiğinin önemli bir göstergesidir. Bu sebeplerle sürdürülebilirlik ve atık yönetimi kavramları, dünyanın her yerinde, her geçen gün daha fazla önem kazanmakta, birçok ülkede sürdürülebilirlik üzerine çalışmalar yapılmakta ve atık yönetimi projeleri uygulanmaktadır.

2.2.4. Türkiye’de Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Türkiye’de atık yönetimi konusundaki ilk yasal ve kurumsal düzenlemeler 1930’lu yıllarda gerçekleştirilmiş olup, bu dönemde hazırlanan mevzuatlar doğrultusunda atık yönetiminin ana uygulayıcısı olarak belediyeler görevlendirilmiştir. 2019 yılı itibarıyla ise atık yönetimi sorumluluğu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda çeşitli kamu kurumları arasında yetki paylaşımı esasına dayalı olarak yeniden yapılandırılmıştır. Türkiye genelinde faaliyet gösteren atık bertaraf ve geri kazanım tesislerine ait 2020-2022 yılları arası atık miktarları Tablo 2.1’de gösterilmiştir [9].

Tablo 2.1 Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri İstatistikleri (2020-2022) [9]

Tesis Türü	Tesis Sayısı (2020)	2020 İşlenen Atık Miktarı (Ton)	Tesis Sayısı (2022)	2022 İşlenen Atık Miktarı (Ton)
Toplam Atık Bertaraf Tesisleri	2.752	127.401.232	3.136	133.183.175
Atık Bertaraf Tesisleri	184	78.333.403	200	81.446.031
- Düzenli Depolama Tesisleri	174	77.762.423	191	80.996.500
- Yakma Tesisleri	10	570.980	9	449.532
Atık Geri Kazanım Tesisleri	2.568	49.067.829	2.936	51.737.143
- Kompost Tesisleri	9	127.046	11	120.950
- Beraber Yakma Tesisleri	50	1.298.219	59	3.154.270
- Diğer Geri Kazanım Tesisleri	2.509	47.642.204	2.866	48.462.778

Tablo 2.1 incelendiğinde; Türkiye'deki tesis sayısının ve işlem gören atık miktarının yıllar içerisinde artış gösterdiği görülmektedir. Atık bertaraf ve geri kazanım tesisi sayısı, 2020 yılında 2752 iken, bu sayı 2022'de %14 artışla 3136'ya yükselmiştir. Bu artış, ülke genelinde atık yönetimine yönelik kapasite artırımı ve kurumsal altyapının güçlendirildiğini göstermektedir. Atık bertaraf tesisleri, 2020'de 184 iken 2022'de %9 artışla 200'e çıkmıştır. Aynı dönemde geri kazanım tesisleri ise, 2568'den %14,3 artışla 2.936'ya ulaşmıştır, bu da döngüsel ekonomi ilkelerine yönelik politikaların ön plana çıktığını göstermektedir. 2020'de toplam işlenen atık miktarı 127 milyon ton iken bu miktar 2022'de 133 milyon tona yükselmiştir. Bu artış, hem nüfus artışı hem de sanayi üretimi ile doğrudan ilişkilidir. Bertaraf edilen atık miktarı, 2020'de yaklaşık 78 milyon ton iken, 2022'de 81,5 milyon tona yükselmiştir. Geri kazanılan atık miktarı ise 2020'de 49 milyon tonken, 2022'de yaklaşık 52 milyon tona çıkmıştır. Geri kazanım oranının artışı, sürdürülebilir atık yönetimi hedeflerinin ülkemiz genelinde benimsendiğini göstermektedir.

3. KARBON AYAK İZİ

3.1. Karbon Ayak İzi Kavramı

Karbon ayak izi, bir ürünün veya bir eylemin yaşam döngüsü boyunca doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu sera gazı emisyonlarının karbondioksit gazı eşdeğer ölçüsü olarak tanımlanmaktadır [10]. Karbon ayak izi; enerji kullanımı, ulaşım, gıda tüketimi, üretim süreçleri gibi insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkar. Bu faaliyetler sırasında salınan karbondioksit (CO₂) başta olmak üzere metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi sera gazları, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin temel nedenlerindedir. Endüstri ve ekosistem arasındaki ortak dilin karbon olduğu göz önüne alındığında karbon emisyonlarının ölçülmesi karmaşık sistemler arasında denge kurulmasında önemli bir belirleyicidir [11].

3.2. Karbon Ayak İzi Hesabı

Karbon ayak izi için dünyada tek bir standart bulunmamasıyla birlikte birey, ürün, kurum/tesis ve ülke boyutunda olmak üzere farklı ölçeklerde karbon ayak izi hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Karbon ayak izinin analizi sera gazı yayma süreçleri, kökenleri, oluşumu ve miktarının ölçülmesiyle yapılmaktadır. Genellikle karbon ayak izi bir kişinin veya bir kuruluşun faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının belirlenmesi için kullanılsa da kökeni ürün ve eylemlere dayanır [12].

Bireysel karbon ayak izi hesaplaması, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından, bireyin ulaşım, ısınma-soğutma gibi faaliyetlerinde tükettiği enerji türleri (doğalgaz, yakıt, elektrik, kömür) ile buna bağlı olarak ürettiği atık miktarı temel alınarak yıllık düzeyde yapılmaktadır. Ürün ölçeğinde karbon ayak izi hesaplaması ise yaşam döngüsü analizi (Life Cycle Assessment) ile yapılmaktadır. Yaşam döngüsü analizi, ürün ve hizmet yönetiminde hammadde

temininden itibaren üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası bertaraf edilmesi de dahil olmak üzere çevresel etkilerin belirlenmesi, raporlanması ve yönetilmesidir. Orta ve büyük ölçekli endüstriyel işletmeleri kapsayan karbon ayak izi belirleme çalışmaları için özel şirketler farklı yöntemler geliştirmektedir. Bu hesaplamaların kökeni IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri Kılavuzu ve Sera Gazı Protokollerine dayansa da detaylı çalışmalar için farklı şirketler farklı yöntemler uygulamaktadır. Kurum ölçeğinde ise genellikle ISO 14067 “Ürün Karbon Ayak İzi Standardı” esas alınmaktadır.

3.3. Ekolojik Ayak İzi

Ekolojik ayak izi, insan nüfusunun yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan doğal kaynak miktarını ve bu kaynakların sağlanması ile ortaya çıkan atıkların doğa tarafından ne ölçüde absorbe edilebileceğini ortaya koyan bir göstergedir. Bu gösterge aracılığıyla, insanlığın sürdürülebilir bir şekilde varlığını devam ettirebilmesi için gezegenin ne kadarına ihtiyaç duyduğu hesaplanabilmektedir. Bu tür hesaplamalar, kaynakların etkin ve bilinçli kullanımını açısından kritik bir rol oynamaktadır. Global Footprint Network’ün Tablo 3.1’de paylaşılan güncel verilerine göre, günümüzde insanlık, dünyanın bir yıl içerisinde yenileyebileceği kaynak miktarının üzerinde bir tüketim gerçekleştirilmektedir.

Tablo 3.1 Ekolojik Ayak İzi verileri (Global Footprint Network) [16]

	Ekolojik Ayak İzi (milyon global hektar)	Biyolojik Kapasite (milyon global hektar)	Ekolojik açık veya rezerv (milyon global hektar)
Dünya	17443,59	13360,95	-4082,67
Brezilya	439,21	1353,78	914,57
Çin	2786,81	1132,68	-1654,13
ABD	2809,75	1496,43	-1313,32
Türkiye	198,55	120,88	-77,67

4. SIZDIRMAZLIK SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

4.1. Sızdırmazlık Elemanlarına Genel Bakış

Sızdırmazlık elemanları, iki yüzey ya da parça arasındaki akışkan geçişini önlemek amacıyla geliştirilen teknik parçalardır. Genellikle sıvı (örneğin hidrolik yağ, su, yakıt) ve gazların sistem dışına sızmasını ya da dış ortamdan sisteme girmesini engellemek için kullanılırlar. Sanayide sıkça karşılaşılan sızdırmazlık elemanları arasında keçeler (o-ring, V-ring, döner mil keçeleri), contalar, salmastralar ve özel olarak tasarlanmış sızdırmazlık çözümleri bulunur. Bu ürünler, sistemin güvenli çalışması, enerji tasarrufu sağlanması ve ekipmanların kullanım ömrünün uzatılması açısından büyük önem taşır. Özellikle yüksek sıcaklık ve basınç gibi zorlu koşullarda kullanılacak uygulamalarda, malzeme özellikleri ve tasarımın mühendislik hesaplarına uygunluğu, sızdırmazlığın başarısını doğrudan etkiler. Sızdırmazlık elemanlarında yaygın olarak kullanılan malzemeler arasında elastomerler (NBR, FKM, EPDM, silikon), PTFE türevleri ve kompozit malzemeler yer alır. Her bir malzeme grubunun, çalışma sıcaklığı, kimyasal direnç, aşınma dayanımı ve mekanik özellikler bakımından avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Sızdırmazlık elemanlarının doğru seçimi ve kullanımı, enerji kayıplarını ve çevresel kirliliği azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Sızdırmazlık performansı yetersiz olan sistemlerde sıvı veya gaz kaçakları, çevreye zarar vermekte ve enerji verimliliğini düşürmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir üretim süreçleri ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı sızdırmazlık sektöründe de önem kazanmıştır [13].

4.2. Sızdırmazlık Elemanlarında Sürdürülebilirlik Yaklaşımları

Sızdırmazlık elemanları, makine ve sistemlerde kaçakların önlenmesini sağlayarak hem sistemin verimliliğini artırmakta hem de enerji kayıplarını minimize etmektedir. Hidrolik ve pnömatik sistemlerde

kullanılan oring, conta ve keçeler sayesinde sistem basıncı korunmakta olup, daha az enerji tüketimi ile daha yüksek performans elde edilmesi sağlanmaktadır [13]. Kimya, petrokimya ve enerji sektörlerinde sızıntıların önlenmesi; tehlikeli maddelerin çevreye yayılmasından kaynaklı olarak oluşabilecek toprak ve su kaynaklarının kirlenmesini engellemektedir. Özellikle bor yağı ve hidrolik yağı gibi tehlikeli maddelerin sistem dışına sızması, ciddi çevresel riskler yaratmaktadır. Sistem içerisinde kullanılan sızdırmazlık elemanları, bu riskleri minimize ederek çevre güvenliğini sağlamaktadır.

Sızdırmazlık elemanlarının doğru tasarımı sonucu yüksek performans ile çalışması, ekipmanların ömrünü uzatarak bakım sıklığını ve yedek parça ihtiyacını azaltmaktadır. Bu da dolaylı olarak doğal kaynak tüketimini ve üretim sürecindeki karbon ayak izini düşürmektedir. Ayrıca son zamanlarda bazı firmalar geri dönüştürülmüş veya biyobazlı elastomer malzemelerden sızdırmazlık ürünleri üretmeye başlamıştır [14]. Malzeme inovasyonu ve yaşam döngüsü analizi, sızdırmazlık elemanlarının sürdürülebilirlik performansının artırılmasında kritik rol oynamakta; çevresel etkilerin azaltılması ve kaynak verimliliğinin sağlanmasına katkı sunmaktadır.

4.2.1. Malzeme İnovasyonu

Sızdırmazlık elemanları geleneksel olarak elastomer (NBR, FKM, EPDM, silikon) ve teflon (PTFE) gibi malzemelerden üretilmektedir. Ancak çevresel etki, dayanıklılık, kimyasal direnç ve üretim maliyeti gibi faktörler, bu malzemelerin sürekli geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda üç temel malzeme inovasyonu yönü öne çıkmaktadır.

a) Yeni Nesil Elastomerler ve Kompozitler

Yeni nesil sızdırmazlık elemanlarında hibrit elastomerler, nanokompozit dolgular ve düşük sürtünmeli yüzey kaplamaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemeler, yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve kimyasal çözücülere çok dayanıklı olduğu için daha az değişim ihtiyacı gerektirerek daha uzun ömürlü olarak kullanılmaktadır. Nanokarbon katkılı elastomerler ise, sızdırmazlık performansını artırıp sürtünmeyi azaltarak enerji tüketimini düşürmektedir [15].

b) Geri Dönüştürülebilir veya Biyobazlı Malzemeler

Son yıllarda, biyolojik kaynaklardan elde edilen polimerler ve geri dönüştürülmüş kauçuk esaslı ürünler de sürdürülebilirlik amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemeler, sızdırmazlık fonksiyonunu sağlarken karbon ayak izini de önemli ölçüde azaltmaktadır. Özellikle düşük sıcaklık ve orta basınç uygulamalarında, çevre dostu malzeme alternatiflerinden biri olarak doğal kauçuk bazlı oringler öne çıkmaktadır.

4.2.2. Yaşam Döngüsü Yaklaşımı (Life Cycle Assessment – LCA)

Yaşam döngüsü yaklaşımı, bir ürünün ham madde çıkarımından üretim, kullanım ve bertaraf aşamalarına kadar tüm çevresel etkilerini bütüncül olarak değerlendirmektedir. Sızdırmazlık elemanlarında yaşam döngüsü yaklaşımı, boyutları itibarıyla küçük olmalarına rağmen, işlevsel bir arızaları sistem düzeyinde ciddi performans kayıplarına ve duruşlara neden olabileceği için yüksek teknik öneme sahiptir. Ayrıca, seçilen malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri, sızdırmazlık elemanının servis ömrü ve çevresel dayanımı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Zhao ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, geleneksel kauçuk (NBR) esaslı bir conta ile hibrit kompozit malzemeden üretilen bir contanın LCA karşılaştırmasında, hibrit malzemenin %35 daha uzun ömürlü ve %20 daha düşük karbon salımlı olduğu görülmüştür [15].

5. SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Günümüzde ekonomiler büyük ölçüde tüketime odaklanmış durumdadır ve bu durum, beraberinde tüketim alışkanlıklarının yoğunlaştığı toplumların oluşmasına neden olmuştur. Bu sistem sürdükçe ve yaşam standartları yükseldikçe, toplumların ürünlere olan talebi de artmaya devam edecektir. Ancak

artan üretim ihtiyacı, çevresel sorunların da kaçınılmaz şekilde büyümesine yol açacaktır. Kapalı devre üretim sistemlerinin benimsenmesi, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve üretim verimliliğinin artırılması açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu sistemler sayesinde işletmeler, üretim süreçlerinde oluşan malzeme kayıplarını ve atıkları en aza indirebilirken, aynı zamanda kaynak kullanımını optimize ederek maliyetlerini düşürebilmektedir. Söz konusu yaklaşımda, üretim çıktılarının doğaya zarar vermeden ekosisteme geri kazandırılması ya da geri dönüştürülerek yeniden üretim döngüsüne kazandırılması esas alınmaktadır. Dolayısıyla kapalı devre üretim sistemleri, bertaraf maliyeti doğurabilecek atıklardan arındırılmış ve çevreye minimum etki yaratacak şekilde tasarlanmalıdır. Böylelikle, çevre mühendisliği ilkeleriyle uyumlu çevre dostu uygulamalar ile endüstri mühendisliğinin verimlilik ve sistem optimizasyonuna yönelik hedefleri eş zamanlı olarak hayata geçirilebilir [17].

Sürdürülebilirlik kavramı, üretim süreçleri bağlamında ele alındığında genellikle bu süreçlerin çevre üzerindeki olumsuz etkileriyle ön plana çıkmaktadır. Bu etkilerin değerlendirilmesinde, Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilirlik göstergeleri yol gösterici niteliktedir. Söz konusu göstergeler; sera gazı emisyonları, ozon tabakasının incelmeye, hava kalitesi, ormansızlaşma, çölleşme, kuraklık, tarımsal faaliyetler, biyolojik çeşitlilik kaybı, zehirli kimyasal kullanımı, yenilenemeyen kaynaklar, tehlikeli atıklar, atık miktarı ve su kaynaklarının kullanımı gibi başlıkları içermektedir [18].

Bu göstergeler dikkate alındığında, sürdürülebilir üretim; sera gazı salınımına neden olmayan, yenilenemeyen ve toksik maddelerin kullanımını içermeyen üretim süreçlerini ya da atık oluşumunu ortadan kaldıran dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesini ifade etmektedir. Bu tür bir üretim yaklaşımı, söz konusu tüm sürdürülebilirlik göstergeleri üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır. Diğer yandan, sürdürülebilirliğe yönelik ikinci temel strateji, üretim süreçlerinde kullanılan girdilerin seçiminde zehirli olanlar yerine zararsız, yenilenemeyenler yerine ise yenilenebilir malzemelerin tercih edilmesini esas almalıdır [18]. Temiz üretim alanındaki gelişmeler ve çevreye ilişkin ulusal yasal düzenlemeler, işletmeleri çevresel kaynakların yönetiminde belirli standartlara uyma gerekliliğiyle karşı karşıya bırakmıştır. Bu doğrultuda, ISO 14001 standardı, ürünlerin üretim süreçlerinde çevre yönetimine yönelik kapsamlı kurallar ve uygulamalar içermektedir.

Yeşil üretim yaklaşımları ürün tasarımında değişiklik, üretim süreçlerinin yeniden yapılandırılması, kullanılan girdilerin dönüştürülmesi, atıkların işletme içinde yeniden kullanılması ve yönetsel uygulamaların iyileştirilmesi olmak üzere beş temel kategoride sınıflandırılmaktadır. Yeniden kullanım, üretim süreçleri kapsamında değerlendirilebilecek önemli bir sürdürülebilirlik stratejisidir. Kimyasal maddeler, metaller, su ve enerji gibi kaynakların tekrar kullanımı için çeşitli olanaklar mevcuttur. Özellikle kapalı devre üretim sistemlerinde, su ve kimyasalların yeniden değerlendirilmesi yalnızca çevresel açıdan değil, aynı zamanda ekonomik yönden de fayda sağlamaktadır [19]. Örneğin, üretim aşamasında ortaya çıkan atık ısı enerjisi, bir sonraki aşamada proses girdisi olarak yeniden kullanılabilir. Bu tür uygulamalar, kaynak verimliliğini artırırken atık oluşumunu da önemli ölçüde azaltmaktadır.

Buna ek olarak, üretim süreçlerinin daha etkili bir biçimde yönetilmesi; basit, standartlaşmış ve düşük kaynak tüketimi gerektiren uygulamalarla tesislerin düzenli, güvenli ve çevresel açıdan uyumlu şekilde işletilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda, hızlı, uygulanabilir ve düşük maliyetli çözümler arasında; atıkların ayrıştırılması, kimyasal ve atık stoklarının azaltılması, su taşkınlarına karşı alarm sistemleri ile otomatik kapama vanalarının kullanılması, sızıntı ve kaçakların önlenmesi, makinelerin düzenli bakım ve ayarlarının yapılması, çevresel risklerin belirlenmesine yönelik denetimlerin gerçekleştirilmesi ve çalışma koşullarını iyileştirmeye yönelik kontrol mekanizmalarının hayata geçirilmesi sayılabilir. Bu tür yönetsel iyileştirmeler, çevresel performansın artırılmasına doğrudan katkı sunmaktadır.

5.1. Yalın ve Yeşil Yaklaşımı

Günümüzde değişim, işletmeler için kaçınılmaz bir gerçek haline gelmiştir. Bu hızlı dönüşüm sürecinde ayakta kalabilmenin yolu, değişime uyum sağlayabilme yeteneğinden geçmektedir. Özellikle çevresel sorunların derinleştiği, iklim krizi gibi küresel tehditlerin gündemde olduğu bir

dönemde, işletmelerin çevreye duyarlı bir şekilde faaliyetlerini sürdürmeleri artık mümkün değildir. Uzun vadeli başarı, rekabet gücü ve kurumsal sürdürülebilirlik, çevresel etkileri gözetilen bir üretim anlayışını benimsemeyi zorunlu kılmaktadır.

Bu bağlamda üretim süreci, işletmelerin dönüşümünde kilit bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir üretim olarak tanımlanan bu yaklaşım; yalnızca kaynak kullanımının azaltılması ya da atıkların yönetilmesi değil, aynı zamanda üretimin doğayla uyumlu bir biçimde yeniden tasarlanmasını da kapsamaktadır.

Diğer yandan yalın üretim, değersiz faaliyetleri ve israfı ortadan kaldırarak işletmelerin verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Ancak günümüzde yalın düşüncenin, yalnızca maliyet azaltımı değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği destekleyecek şekilde uygulanması giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu anlayış, "yalın ve yeşil" üretim modeliyle somutlaşmakta; işletmelere hem rekabet avantajı sağlamak hem de çevreye duyarlı üretim sistemleri kurmalarına imkân tanımaktadır. Böylece çevresel etkileri azaltan, izlenebilir ve uygulanabilir adımlar içeren bütüncül bir yaklaşım geliştirilebilmektedir. Yalın üretim, atıkların, kayıpların ve değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması yoluyla maliyetleri düşürmeyi ve müşteri taleplerini zamanında karşılamayı amaçlayan sistematik bir yaklaşımlar bütünüdür. Pamela Gordon (2001), işletmeler üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda firmaların dört adımda yalın ve yeşil olabileceklerini ifade etmektedir [19].

1. Yalın ve yeşil uygulamaların geliştirilmesi, savurganlıkları sorgulamak ve çalışanların yaratıcı düşüncelerini teşvik eden ortamlar oluşturmakla mümkündür. En yüksek fayda, kayıpları sonradan telafi etmek yerine, baştan önleyici adımlar atılarak sağlanabilir.
2. Yalın ve yeşil fikirlerin işletme içinde benimsenmesi, çevresel konulara kârlılık perspektifiyle yaklaşmayı gerektirir. Çözümler hem çevre hem de işletme açısından en fazla fayda sağlayacak olandan başlanarak uygulanmalıdır. Üst yönetime sunulan çevresel öneriler, gelecek nesiller için değil, işletmeye sağlayacağı somut yararlar üzerinden temellendirilmelidir.
3. Yalın ve yeşil hedeflere ulaşmak için örgüt genelinde iş birliği şarttır. Bu sürecin üst yönetimden başlayarak diğer bölümlere yayılması gerekir.
4. Yalın ve yeşil uygulamalarda ilerlemenin sürdürülebilmesi için performansın düzenli olarak ölçülmesi ve iyileştirilmesi gereklidir. Bu, belirlenen hedeflerle mevcut durumun karşılaştırılmasını içerir.

SONUÇ

Sızdırmazlık teknolojileri, enerji, otomotiv, havacılık, savunma sanayi ve imalat gibi kritik sektörlerde sistem güvenliği, verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından hayati bir rol oynamaktadır. Özellikle iklim değişikliği, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu çevresel kirlilik gibi küresel sorunlar dikkate alındığında, sızdırmazlık teknolojilerinin sürdürülebilir üretim sistemleriyle entegre edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bildiri kapsamında ele alınan karbon ayak izi analizleri, entegre atık yönetimi uygulamaları ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri (LCA), sızdırmazlık sektöründe çevresel etkilerin sistematik biçimde ölçülmesi ve yönetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ürünlerin ham maddeden nihai bertarafa kadar izlediği tüm aşamalarda çevresel performansın izlenebilir hale getirilmesi, sadece düzenleyici gerekliliklerin değil, aynı zamanda kurumsal sürdürülebilirlik hedeflerinin de bir parçası olmalıdır.

Son zamanlarda geleneksel elastomer ve teflon (PTFE) esaslı malzemelerin yerini almaya başlayan yeni nesil hibrit elastomerler, nanokompozitler ve biyobazlı polimerler gibi malzeme inovasyonları hem sızdırmazlık performansını artırmakta hem de daha az kaynak tüketimi ve daha düşük karbon salımı ile çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır. Malzeme mühendisliği alanındaki bu ilerlemeler, ürünlerin servis ömrünü uzatmakta, bakım ve yedek parça ihtiyaçlarını azaltmakta ve böylece hem ekonomik hem de çevresel fayda sağlamaktadır. Özellikle nanokarbon katkılı elastomerlerin sunduğu düşük sürtünme ve yüksek dayanım özellikleri, enerji verimliliğini doğrudan desteklemektedir. Atık yönetimi açısından; önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve bertaraf sırasıyla devam eden hiyerarşik yaklaşımın benimsenmesi sektör için stratejik bir yol haritası sunmaktadır.

Sonuç olarak, sızdırmazlık teknolojilerinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi; yalnızca üretim tekniklerinin çevre dostu hale getirilmesiyle değil, aynı zamanda ürün tasarımından başlayarak tüm yaşam döngüsünün bütünsel bir yaklaşımla ele alınmasıyla mümkündür. Bu süreçte tüm sektör paydaşlarının (üretici firmalar, tedarikçiler, araştırma kurumları, düzenleyici otoriteler ve kullanıcılar) aktif rol alması gerekmektedir. Ayrıca sürdürülebilirlik hedeflerinin başarılması, yalnızca teknik iyileştirmelerle değil; aynı zamanda stratejik vizyon, politika desteği ve kurumsal sorumluluk anlayışı ile bütünlüştürmüş bir sürdürülebilirlik kültürünün benimsenmesiyle mümkündür.

Bu bildiriye ortaya konan veriler ve değerlendirmeler, sızdırmazlık sektöründe sürdürülebilir dönüşümün hem mümkün hem de gerekli olduğunu göstermektedir. Bu dönüşüm, yalnızca çevreye karşı bir sorumluluk değil; aynı zamanda rekabet avantajı, maliyet etkinliği ve toplumsal itibar açısından da kritik bir stratejik yatırımdır.

KAYNAKLAR

- [1] Helmi, A., Youssef, H. El-H. (2008). *Machining Technology: Machine Tool and Operation*, ISBN 9781420043396, CRC Press, London-New York, p. 495-524.
- [2] Yıldırım, Y. (2011). "Sürdürülebilir Üretim," *Mühendis ve Makina*, cilt 52, sayı 613, s. 27-29
- [3] Bozkurt, S. (2012), *Evsel Nitelikli Katı Atıkların Geri Dönüşüm Olasılıkları ve Bertaraf Yöntemlerinin Araştırılması*, (Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği A.B.D. Doktora Tezi), s. 14-17.
- [4] United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development. General Assembly Resolution <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm> (Erişim Tarihi: 20.10.2008).
- [5] United Nations. (2005). 2005 World Summit 42/187. Outcome. <http://www.un.org/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf> (Erişim Tarihi: 29.10.2008).
- [6] United Nations. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*, New York: United Nations. <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf> (Erişim Tarihi: 19.10.2008).
- [7] Palabıyık, H. (2001), "Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği", (DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi), İzmir, 1-127.
- [8] Tezel, Ö. (2020). "Sürdürülebilir Atık Yönetimi Uygulamalarında Dünya ve Türkiye Karşılaştırması: Edikab Örneği" *Social Science Research Journal (SSRJ)*, 2020, Volume 9, Issue 2, Page 35-48.
- [9] T.C. Sayıştay Başkanlığı, (2007), *Türkiye'de Atık Yönetimi: Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi*, Performans Değerlendirme Raporu, Ankara, s. 9-12.
- [10] Wiedmann T., Minx, J., (2008), A definition of 'carbon footprint', *Ecological Economics Research Trends'in İçinde* (Pertsova C.C., Ed.), Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA, ss.1-11
- [11] Hawken P., Lovins A.B., Lovins L.H., (2010), *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*, Routledge Taylor & Francis Group.
- [12] Franchetti M.J, Apul D., (2013), *Carbon Footprint Analysis: Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies*, CRC Press, Boca Raton, 270ss.
- [13] Wang, Q., Song, J., & Zhang, Y. (2016). "Analysis of Sealing Performance of Rubber O-rings Under Static Compression." *Tribology International*, 102, 281–289.
- [14] Sampson, M. (2014). "Material Selection in Sealing Applications." *Elastomer Technology and Engineering Journal*, 48(3), 112–119.
- [15] Zhao, L., Liu, H., & Tang, X. (2020). "A Review of Advanced Materials for Sealing Applications." *Advanced Materials Research*, 1134, 87–95.
- [16] Global Footprint Network. (2008). *Footprint Basics*. http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/ (Erisim Tarihi: 15.12.2008)
- [17] Ewing, B., Goldinger, S., Wackernagel, M., Stechbart, M., Rizk, S., Reed, A. ve Kitzes, J. (2008). *The Ecological Footprint Atlas 2008*, Oakland: Global Footprint Network.
- [18] Atlas, M. ve Florida, R. (1999). "Green Manufacturing". (Ed: Richard C. Dorf). *The Technology*

Management Handbook, CRC Press, s. 13/85-88.

- [19] Gordon, P. J. (2001). *Lean and Green: Profit for Your Workplace and the Environment*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishing

ÖZGEÇMİŞ

Öz Erman ARUSAN

1983 yılı İstanbul doğumlu olan Öz Erman ARUSAN lise öğrenimini İzmir Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2005 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. İNAN Makine A.Ş firmasında çalıştıktan sonra ARNES Mekanik Makine San. ve Tic. Ltd. Şti firmasında çeşitli alanlarda görev almaya başlamıştır. 2012 yılından itibaren ARNES firmasının Hidrolik & Pnömatik Sızdırmazlık Teknolojileri bölümünde görev almaya başlamıştır. 2017 yılından beri "Polimer Matrisli Kompozit Ürünler" konusunda araştırmalar yapmakta olup bu alanda AR-GE ve Tasarım projeleri yürütmektedir. 2006 yılından beri ARNES firmasında çalışmakta ve 2019 yılından 2023 yılına kadar firmada Tasarım Merkezi Koordinatörü olarak görev yapmıştır.

Ezgi Özgünerge FALAY

1983 yılı İzmir doğumlu olan Ezgi ÖZGÜNERGE FALAY lise öğrenimini Atakent Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2005 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Lisansüstü eğitimlerini Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü'nde tamamlayarak 2008 yılında Yüksek Mühendis, 2016 yılında Doktor Mühendis unvanlarını almıştır. 2009-2013 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kirliliği Departmanı'nda Proje Mühendisi olarak görev yapmıştır. Ezgi ÖZGÜNERGE FALAY, 2020 yılından beri ARNES Mekanik Makine San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında Kalite Müdürü olarak görev yapmaktadır ve aynı zamanda 2024 yılından beri firmada Tasarım Merkezi Koordinatörü görevini yürütmektedir.

Erva Nur POYRAZ

1999 yılı İzmir doğumlu olan Erva Nur POYRAZ lise öğrenimini İzmir Seferihisar Necat Hepkon Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2023 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Erva Nur POYRAZ, 2023 yılından beri ARNES Mekanik Makine San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında Kalite Güvence Uzmanı olarak görev yapmaktadır.