



BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİYOPLASTİK KULLANIMI

Pınar KÖYMEN ÇAĞAR¹, Taner VURAL²

¹ Ege Üniversitesi, Moda ve Tasarım Yüksekokulu, Endüstriyel Tasarım Bölümü, İzmir

² Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Kültürü ve Uygulamaları Bölümü, İzmir

Makale Bilgisi

Geliş tarihi:25.08.2023

Kabul Tarihi:26.12.2023

Yayın tarihi:29.12.2023

ÖZET

Ekolojik bilincin her geçen gün arttığı dünyamızda, biyoplastikler, geleneksel petrol bazlı plastiklerin ortaya çıkardığı çevresel problemleri azaltmak için umut verici bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Bitkiler veya tarımsal atıklar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bu yenilikçi malzemeler, fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı, karbon emisyonlarımızı ve plastik atık birikimini azaltma potansiyeli sunmaktadır. Eşsiz özellikleri ve endüstriler genelinde artan uygulamaları ile biyoplastikler, daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir geleceğin yolunu açmaktadır. Bu makalede, doğal kaynaklarımızı gelecek nesillere bırakmak adına daha sürdürülebilir bir Dünya hedefiyle yola çıkılarak geliştirilen biyoplastikler incelenmiştir. Makale kapsamında, biyoplastiklerin kullanım alanlarına örnek olarak "Beyaz Eşya Endüstrisi" ele alınmış ve spesifik olarak ortak çalışmalar yürüten firmalar incelenmiştir. Yenilenebilir anlayışla üretilen biyoplastik ve biyoçözünür malzemeler değerlendirilerek bu malzemelerle üretebilecek ürünler ve geleceğe katkısı irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler;

Biyoplastik, Sürdürülebilirlik, Beyaz Eşya, Zeytin Çekirdeği.

USE OF BIOPLASTIC IN THE WHITE GOODS INDUSTRY

Article Info

Received: 25.08.2023

Accepted: 26.12.2023

Published: 29.12.2023

ABSTRACT

In the world where ecological awareness is increasing day by day, bioplastics have emerged as a promising solution to reduce the environmental problems caused by traditional petroleum-based plastics. Derived from renewable sources such as plants or agricultural waste, these innovative materials offer the potential to reduce our dependence on fossil fuels, reduce carbon emissions and reduce the accumulation of plastic waste. With their unique properties and increasing applications across industries, bioplastics pave the way for a more sustainable and environmentally friendly future. In this article, bioplastics produced with the goal of a more sustainable world in order to leave them to future generations are examined. The White Goods Industry has been taken as an example of the usage areas of these bioplastics and the companies that have taken joint studies specifically have been examined. By evaluating the bioplastic and biodegradable materials produced with an edible understanding, it is emphasized what can be produced with these materials and how they contribute to the future.

Keywords;

Bioplastic, Sustainability, White Goods, Olive Pits.

1. Giriş

Dünya üzerindeki sınırlı kaynaklarımızın ölçsüz kullanımı ve insanoğlunun tüketim anlayışı sebebiyle doğanın dengesi büyük ölçüde değişmiştir

ve değişmeye devam etmektedir. Ulusal İklim Değerlendirmesi'nin 2018 tarihli bir raporu, "insan kaynaklı iklim değişikliğine dair kanıtların çok

büyük olduğunu ve güçlenmeye devam ettiğini" ve "gözlenen ısınma ve diğer iklim değişikliklerinin, iklim sisteminin nasıl oluştuğuna dair fiziksel ve bilimsel anlayışla tutarlı olduğunu" belirtmektedir (NCA, 2018). Artan sera gazı konsantrasyonlarına sebep olan üretim ve tüketim anlayışımız sebebiyle Dünya üzerindeki sıcaklık artışı her geçen gün artmaktadır. Atmosferdeki sıcaklığın bu artış düzeyi dünyadaki canlı yaşamını tehlikeye sokmaktadır.

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'ne göre, "Dünya her zamankinden daha fazla kaynak tüketiyor ve bunu giderek artan bir hızla yapıyor" ve küresel malzeme tüketiminin 2060 yılına kadar iki katına çıkması bekleniyor (OECD, 2018). Bilim adamlarına göre bu durum Dünya'nın doğal kaynakları üzerinde artan bir baskı oluşturan gelişmiş ülkelerdeki sürdürülemez üretim ve tüketim kalıplarından kaynaklanmaktadır. Sezer, insanoğlunun tüketim alışkanlıkları kadar üretim biçimini de değiştirmedeği sürece dünyadaki canlı yaşamı geri dönülemez tehlikelere sebep olma eğiliminde olduğunu belirtmiştir (Sezer, 2022). Bu görüş bilim adamları ve çevreciler arasında da yaygın olarak kabul edilmektedir. Çünkü petrol ürünü olan sentetik polimerler yani plastikler, doğaya bırakıldıklarında, toprakta çok uzun bir süre parçalanamamakta bu da çevre kirliliği ile birlikte toksik madde birikimine neden olmaktadır. Bu çerçevede düşünüldüğünde tüm sentetik plastik türleri çevre için önemli risk faktörüdür (Aslan, 2018). Yaşadığımız çevreyi tümüyle etkileyen plastikler denizlerimizin ve okyanuslarımızın da kirlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Johnston yapmış olduğu araştırmada, her yıl binlerce ton plastiğin denizlere atıldığını ve bu biriken atıkların geri dönüşüme katılmadığı sürece 2050'li yıllarda bazı denizlerde plastik atıkların balıklardan fazla olacağını iddia etmiştir (Johnston, 2017). Geniş açıdan ele aldığımızda sürdürülebilir olmayan tüketim ve üretim kalıpları, doğal kaynakların sömürüye varan aşırı kullanımı, çevresel bozulmanın ve iklim değişikliğinin başlıca itici güçleri olarak kabul edilmektedir.

Çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik konusundaki endişeler nedeniyle geleneksel plastikler yerine alternatif malzemeler kullanmaya yönelik artan bir eğilim var. Bu tür malzemelere bir örnek, mısır nişastası veya şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan yapılan ve belirli koşullar altında biyolojik olarak parçalanabilen biyoplastiklerdir (Jayakumar vd., 2023). Son yıllarda şirketler karbon ayak izlerini azaltmaya ve plastik atık sorununu

çözmeye çalıştıkça, alternatif malzemelerin kullanımı ivme kazanmıştır. Grand View Research tarafından hazırlanan bir rapora göre, küresel biyoplastik pazarının, ambalaj, tüketim malları gibi son kullanım endüstrilerinden gelen artan talebin etkisiyle, 2020'den 2027'ye kadar yıllık %16,2 oranında büyümesi beklenmektedir (GWR, 2022). Otomotiv, inşaat, gıda sektörleriyle birlikte teknoloji ve elektronik şirketleri bunların başında gelmektedir. Teknoloji ve elektronik sektörlerinden biri olan beyaz eşya sanayisi özelinde de sürdürülebilirlik konusunda çalışmalar yapılmakta ve alternatif malzemeler arasında biyoplastikler değerlendirilmektedir. Beyaz eşya üreticileri, ürünlerinde kullanılan malzemelerin sürdürülebilirliğini artırmak için önemli çalışmalar yürütmekte ve yenilenebilir kaynak tüketimini önceliklemektedir. Neredeyse her sektörün işleyişi ve yapısı yaşanan toplumsal ve teknolojik dönüşümlerden etkilenmektedir. Günümüzde üreticiler ekolojik sürdürülebilirlik kuramlarına ayak uydurarak rekabetçi kalabilir. Bu sebeplerle beyaz eşya sanayi de geleneksel plastik malzemelerin yerini alabilecek çevre dostu alternatiflere yönelmektedir. Bu yönelim doğrultusunda makalede sürdürülebilir bir geleceğe nasıl erişilebileceği, bu yolda alternatif malzeme olarak biyoplastiklerin kullanımı ve sektörel bazda bu malzemenin kullanım örnekleri incelenmiştir.

2. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, Brundland Komisyonu'nun 1987 yılında Ortak Geleceğimiz Raporunda da belirttiği gibi, bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılama kavramıdır (Bozdoğan, 2005). Ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan geniş ve karmaşık bir fikirdir. Özünde sürdürülebilirlik, insanların, gezegenin ve kâr odaklarının ihtiyaçlarının dengelenmesi ile ilgilidir. Kaynakları verimli kullanmanın, atık ve kirliliği en aza indirmenin, sosyal eşitliği ve ekonomik refahı teşvik etmenin yollarını bulmayı içermektedir. Sürdürülebilirlik, enerji kullanımını ve israfi azaltmak gibi bireysel eylemlerden yenilenebilir enerjiye ve sürdürülebilir üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi gibi daha büyük ölçekli çabalarla kadar birçok yolla sağlanabilir. Bir diğer deyişle, gelecek nesillere bugünden daha iyi bir dünya bırakma hedefiyle kısa vadeli çıkarların ötesinde kolektif eylem anlayışı gerektiren bir vizyondur. Birleşmiş Milletler'in 2015 yılında ilan etmiş olduğu "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları" Dünya

genelinde faaliyet gösteren hükümetler, iş dünyası, sivil toplum ve bireylerin ortak çalışmasını böylece ekonomik büyüme, sosyal kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengeyi sağlamayı hedeflemektedir (UNSDG, 2015). Birleşmiş Milletler (BM) tarafından belirlenen kalkınma hedefleri ve döngüsel ekonomi ilkeleri, sürdürülebilir kalkınma amacını ilerletmek için el ele çalışan simbiyotik bir ilişkiyi paylaşmaktadır. BM kalkınma hedefleri, küresel refahın ekonomik, sosyal ve çevresel yönlerini ele alan kapsamlı bir çerçeveyi kapsamaktadır. Buna paralel olarak döngüsel ekonomi, israfı en aza indirmeye, kaynak verimliliğini optimize etmeye, sürdürülebilir kaynak kullanımını, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmeye odaklanan yenilikçi bir yaklaşımı savunarak sorumlu tüketim, temiz enerji ve ekonomik büyüme gibi belirli hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu ekonomi modelinde, kaynaklar mümkün olduğu kadar uzun süre kullanımda tutulmakta, ardından yaşam döngülerinin sonunda geri kazanılmakta ve yeniden üretilmektedir. Bu yaklaşım, sürekli mal edinimi ve elden çıkarılmasına yönelik hızlı tüketim yerine, onarım, yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi uygulamaları benimseyerek tüketim alışkanlıklarımızda köklü bir değişikliği gerektirmektedir. Bireylerin ve şirketlerin tüketim alışkanlıklarının çevresel etkileri konusunda farkındalık arttıkça, daha sürdürülebilir seçenekler araştırılmaktadır. Bu bağlamda biyoplastikler, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaya ve atığın en aza indirildiği ve kaynakların daha verimli kullanıldığı daha döngüsel bir ekonomiye doğru ilerlemeye yardımcı olmaktadır. Spierling ve arkadaşlarına göre döngüsel ekonomi kuramı; artan kaynak talebini karşılamak ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlarla mücadele edebilmek için, kaynak verimliliği sağlayabilecek kaçınılmaz bir temel ilke haline gelmiştir (Spierling vd., 2018).

2.1 Alternatif Malzemelerin Sürdürülebilirliğe Katkısı

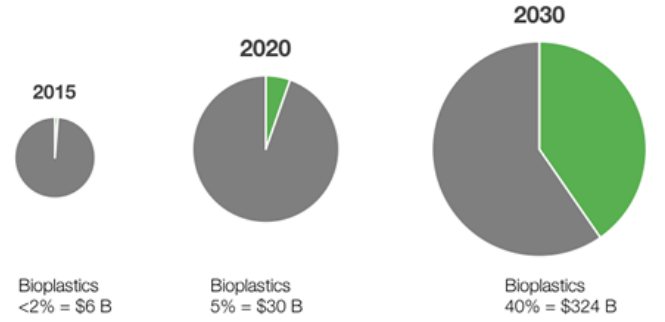
Dünya nüfusu ve tüketimi artmaya devam ettikçe, günlük faaliyetlerimiz tarafından üretilen atık miktarı da artmaktadır. Tek kullanımlık plastiklerden elektronik cihazlara kadar, bu atığın çoğu çöplüklere gitmekte veya okyanuslarımızı ve doğal alanlarımızı kirletmektedir. Ellen MacArthur Vakfı (2016), tarafından hazırlanan "Yeni Plastik Ekonomisi: Plastiklerin geleceğini yeniden düşünmek" adlı rapora göre, okyanuslara dakika başına bir çöp kamyonu eşdeğerinde plastik

dökülmekte ve bunun yakın zamanda iki katına çıkması öngörülmektedir. Bu şaşırtıcı düzeydeki plastik kirliliği, geri dönüştürülebilir alternatif malzemelere olan acil ihtiyacın açık bir göstergesidir. Bu sorunla mücadele etmek için geri dönüştürülebilir alternatif malzemeler geliştirmek, daha sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek için giderek daha önemli hale gelmiştir. Geri dönüştürülebilir alternatif malzemeler, yaşam döngülerinin sonunda yeniden hammadde haline dönüştürülüp yeni ürünlerin üretiminde kullanılabilen malzemelerdir. Bu malzemeler atık ve kirliliğin azaltılmasına, doğal kaynakların korunmasına ve atmosferimiz için zararlı gaz emisyonlarının düşürülmesine yardımcı olabilmektedir. Geleneksel malzemelerin pek çoğu, doğal kaynakların yoğun kullanımını gerektirmektedir ve bu malzemelerin çoğu zorlu geri dönüşüm süreçlerine tabidir. Plastiklerin yaşam döngüleriyle ilgili dünya üstündeki çeşitli devletlerin yetersiz politikaları sebebiyle istenen düzeyde gerçekleştirilemeyen geri dönüşüm ve yeniden kullanım senaryolarındaki yetersizlik bu kirliliğin yaşamımızı tehdit etmesine yol açmaktadır (Baydemir, 2020). Bu duruma çözüm olarak alternatif malzemelerin daha kolay ve verimli bir şekilde geri dönüştürülebilir ve sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesi sağlanabilir. Bu durum, atık miktarını azaltacak, enerji tasarrufu sağlayacak ve doğal kaynakların daha verimli kullanımına yardımcı olacaktır. Alternatif malzemelerin kullanımı aynı zamanda yenilikçilik ve yeşil teknoloji gelişimini teşvik etmektedir. Sürdürülebilir malzemeler üzerinde yapılan araştırma ve geliştirme (ARGE) çalışmaları, yeni malzeme seçeneklerinin ortaya çıkmasına ve daha çevre dostu ürünlerin üretimine olanak tanımaktadır. Örneğin, günümüzde şirketler fosil yakıtlardan yapılan geleneksel plastikler yerine mısır nişastası veya şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan yapılan biyoplastiklerin kullanımını araştırmaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen biyoplastiklerin geliştirilmesi ekonomik büyümeyi artırmayı ve çevresel etkileri azaltmayı destekleyen, gelecek vaat eden bir araştırma alanıdır. Sonuç olarak, alternatif malzemeler, sürdürülebilir bir geleceğe katkı sağlayarak doğal kaynakları koruma, atık miktarını azaltma, enerji tasarrufu yapma ve yeşil teknoloji gelişimini teşvik etme gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bu malzemelerin yaygın kullanımı, daha sürdürülebilir bir dünya için önemli bir adımdır.

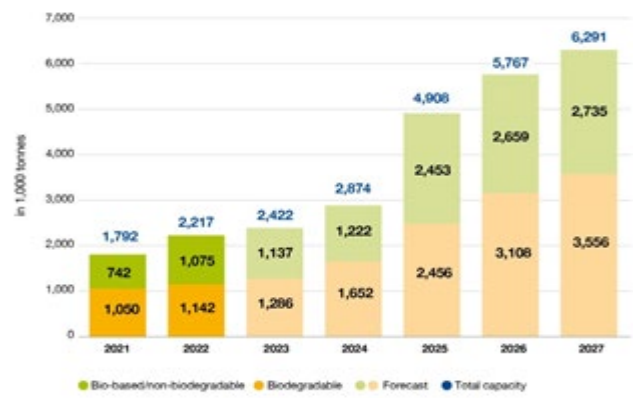
3. Biyoplastikler

Biyomalzemeler, ürünün kullanım ömrü tamamlandığında, çevresel olumsuz etki oluşturmadan imha edilebilir veya çeşitli geri dönüşüm yöntemleriyle tekrar kullanılmak üzere işlevlendirilerek hammaddeye dönüştürülen ve böylelikle sıfır atık döngüsüne katkıda bulunan malzemelerdir (Yılmaz, 2023). Biyoplastikler, fosil yakıtlardan ziyade mısır, şeker kamışı ve patates gibi yenilenebilir kaynaklardan, bitkilerden veya algler, bakteriler gibi canlı kaynaklı biyolojik malzemelerden geliştirilip üretilen biyobozunur hammadde türüdür (URL 1). Biyoplastikler organik geri dönüşümü arttırmak için bir araçtır ve geleneksel plastiklere sürdürülebilir bir alternatif sunmakta, yenilenebilir kaynaklardan üretilmekte, daha az sera gazı salınmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, üretim maliyeti ve geri dönüşüm sorunu gibi dikkate alınması gereken zorlukları da vardır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için gerekli araştırma ve çalışmaların yapılması plastik atıklarının azaltılması adına önem arz etmektedir. Plastikler, gıda ambalajlarından elektronik cihazlara kadar çeşitli kullanım alanlarına yayılarak hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bununla birlikte, sürdürülebilirliğe, sıfır atık kavramına ve plastik atıkların azaltılmasına yönelik artan ilgi, biyoplastikler üzerine yapılan araştırmaların ve Şekil 1’de de görüldüğü gibi pazar payının artmasını sağlamıştır. Petrokimya endüstrisi tarafından üretilen tüm kimyasalların ağırlıkça yaklaşık %80’i polimer malzemelerde kullanılmaktadır. Bu kaynakları fosil kaynaklar yerine biyokütleden üreterek biyo-temelli ekonominin genişlemesine önemli ölçüde sübvansiyon sağlanması öngörülmektedir (Pathak vd., 2014). Şekil 1’deki grafiklere göre yıllara göre plastik pazarın dağılımını incelediğimizde biyoplastiklerin pazar zemini oluşturması için daha uygun maliyetli olmaları ve üreticilerin ihtiyaç duyduğu fonksiyonel özellikleri sağlamaları gerektiği görülmektedir (GVR, 2014). Bununla birlikte, Şekil 2’de, European Bioplastics tarafından Nova-Institute ile iş birliği içinde derlenen en son pazar verilerine göre, küresel biyoplastik üretim kapasiteleri 2022 yılında yaklaşık 2,2 milyon tondan 2027 yılında yaklaşık 6,3 milyon tona

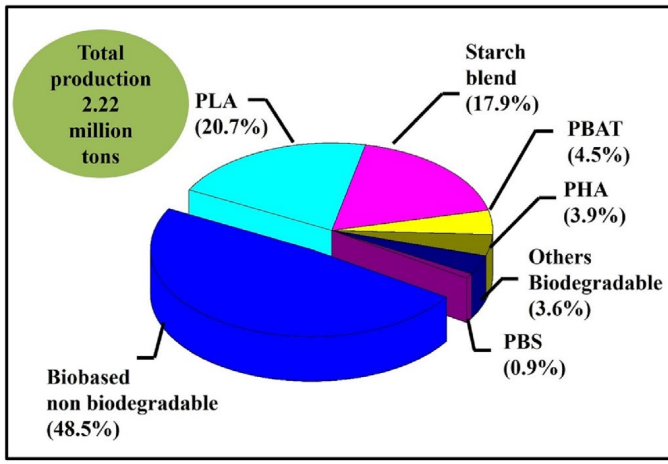
yükselecektir (URL 1). Biyobozunur plastikler şu anda küresel biyoplastik üretim kapasitesinin %64’ünden (1,5 milyon ton) fazlasını oluşturmaktadır. Biyo bazlı, biyolojik olarak parçalanamayan plastikler yaklaşık %36’lık payı (0,8 milyon ton) oluşturmaktadır. 2026 yılına kadar nişasta karışımları üretiminin %72,3 oranında azalması beklenmektedir. Ancak polibütillen adipat tereftalat (PBAT), polibütillen süksinat (PBS) ve polihidroksialkanoat (PHA) polimerlerinin sırasıyla %500, %226,5 ve %166,7 oranında artması beklenmektedir. Biyo bazlı biyolojik olarak parçalanamayan plastik üretiminde ise 2017 yılında 1,18 milyon ton olan üretimin 2026 yılında %94,9 artışla 2,3 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Yukarıda belirtilen verilere göre, dünyanın, yenilir kaynakları korumaya ve biyolojik olarak parçalanabilir ürünlerin verimliliğini arttırmaya doğru ilerlediği açıktır (Ali vd., 2023). Gelişen ekolojik duyarlılıkla birlikte üretim sektöründe biyoplastiklerin önem kazanması beklenmektedir.



Şekil 1. Biyoplastiklerin Pazar payının yıllara göre öngörülen değişimi (Grand View Research, 2014)



Şekil 2. Biyoplastiklerin küresel üretim kapasitesi (URL 1)



Şekil 3. Biyoplastiklerin 2022 yılında küresel üretilme kapasitesi (Kumar vd. 2023, European Bioplastics nova-Institute, 2022)

Biyo-türevli plastiklerin kullanımının temel amacı, plastik üretim kaynağını değiştirmektir. Bir diğer deyişle klasik petrol kaynaklarından daha bol, erişilebilir, yenilenebilir, ekonomik ve parçalanabilir kaynakların kullanımını teşvik etmektir. Öte yandan biyoplastikleri geri dönüşüm evresinde ayrıştırmak çok önemlidir ve toplumsal bilinç gerektirmektedir. Bhatia ve arkadaşlarının dikkat çektiği üzere biyoatık yönetimi için düzenli depolama, biyo-kompostlama ve yakma gibi geleneksel teknolojiler kullanılmalı ve biyoplastiklerin uygun katı atık bertaraf sistemlerine dahil edilerek dönüşüm evresinin temel yapıtaşı olması sağlanmalıdır (Bhatia vd., 2021). Gündelik hayatta en çok kullanılan, biyomalzemedan üretilmiş ürünler; organik atık torbaları, alışveriş torbaları, streç film, meyve ve sebze poşetleri, gıda ambalajları, kahve kapsülleri, bardaklar, kapaklar, tepsiler, kağıt veya kartondan yapılmış bardak ve ambalajların kaplamalarıdır. Biyo bazlı kaynaklardan türetilip biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, günümüzde, toplam plastik üretiminin küçük bir kısmını oluşturmaktadır (Moshood vd., 2022). Biyoplastikler geleneksel plastiklere umut verici bir alternatif sunmaktadır. Tüketim alışkanlıklarının çevresel etkileri konusunda farkındalık arttıkça, daha sürdürülebilir seçenekler araştırılmakta ve değerlendirilmektedir. Biyoplastikler, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltılmaya ve atığın en aza indirildiği, kaynakların daha verimli kullanıldığı döngüsel ekonomiye doğru ilerlemeye yardımcı olacaktır.

3.1. Biyoplastik Türleri

Biyoplastikler biyo-bazlı/esaslı plastikler ve biyolojik olarak parçalanabilen (biyobozunur) plastikler olmak üzere temelde iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Karbon içeriği açısından incelendiğinde biyobazlı biyoplastiklerin bir kısmı veya tamamı yenilenebilir bir kaynaktan üretilirken biyobozunur plastikler için durum biraz daha farklıdır. Biyobozunur biyoplastiklerin ara ve/veya son ürüne dönüşmesi için tanımlı bir çevrede yeterli sürecin geçmesi gerekmektedir. (Çokgör vd., 2018). Bu iki plastik türü, geleneksel petrol bazlı plastiklere potansiyel alternatifler olarak önemli ölçüde dikkat çeken iki farklı malzeme alt kategorisidir. Jayakumar'ın 2023'te yaptığı çalışmada ele aldığı gibi, biyomalzemelere ilişkin terimlerin tanımlaması, Tablo 1'de görülmektedir.

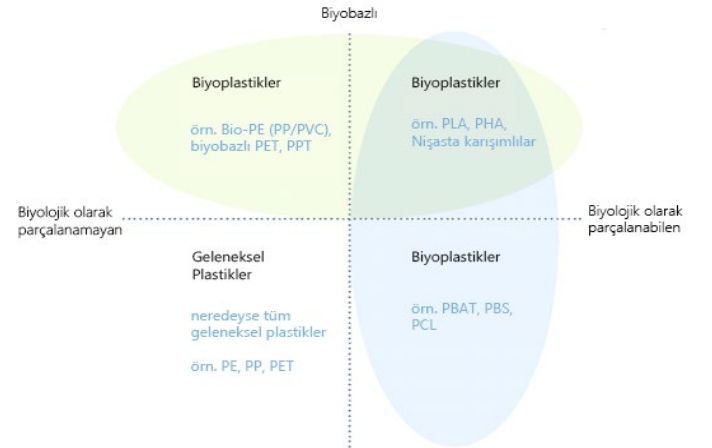
Tablo 1. Biyoplastikler ile ilgili terimler

Terimler	Tanımı
Biyoplastik	Biyolojik veya yenilenebilir kaynaklardan üretilen, biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerdir.
Biyo-bazlı plastik	Tamamen veya kısmen yenilenebilir kaynaklardan üretilen plastiklerdir. Geleneksel petrol ürünleri bazlı karbonlardan türetilen plastikleri içerebilir.
Biyobozunur plastik	Mikroorganizmalar tarafından parçalanarak biyokütle, su, karbondioksit ve metana dönüştürülebilir.
Oxo-bozunur plastik	Yalnızca bozunmayı tetikleyen bazı katkı maddelerinin (metal tuzları veya bazı geçiş metalleri) eklenmesiyle bozunabilen plastiklerdir.
Hidro-bozunur plastik	Hidrolize duyarlı polar gruplar tarafından bozunmaya neden olabilen plastiklerdir.
Marin-bozunur plastik	Isı, ışık veya mikroorganizma yoluyla CO ₂ ve H ₂ O'ya ayrışabilen fosil yakıt veya biyo bazlı plastiklerdir.
Kompostlanabilir plastik	Mikroorganizmaların varlığıyla endüstriyel olarak kontrol edilen biyolojik süreç yoluyla ayrışabilen plastiklerdir.

Biyobazlı plastikler, bitki biyokütlesi, tarımsal ürünler veya ormancılık yan ürünleri gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Kaynaklarına göre üç grup doğal biyolojik olarak parçalanabilen polimer vardır. Bunlar tipik olarak; nişastalar ve lignoselülozik ürünler gibi biyokütle ürünleri, PHA (polihidroksialkanoat) gibi mikroorganizmaların ekstraksiyonu ile elde edilen polimerler, PLA (polilaktik asit) gibi yenilenebilir malzemelerden sentezlenen polimerlerdir (Moshood vd., 2022, Jayakumar vd, 2023). Nişasta, sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen, bol miktarda bulunan biyo bazlı bir polimerik malzemedir. TPS (termoplastik nişasta), nişastanın su ve plastikleştiricilerle polimerize edilmesi ve ardından daha sert polimerler veya biyopolimerlerle harmanlanması işlemiyle elde edilir. Bu işlem, malzemelerinin esnekliğini ve işlenebilirliğini artırabilir. Nişastadan türetilen biyo kompozitler, tek kullanımlık plastik ambalaj uygulamalarında petrol bazlı ürünlerin yerine etkili bir alternatiftir. Biyobozunur ürünlerin geliştirilmesinde doğal nişastanın kullanılmasındaki zorluk, diğer bozunabilir polimerlerle harmanlanarak ve/veya doğal lifler/dolgu maddeleri veya organik dolgu maddeleri ile takviye edilerek giderilmektedir (Surendren vd., 2022).

Biyoplastikler, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltma avantajı sunmakla, daha düşük sera gazı emisyonları sağlamakla ve çevresel kirliliğin azaltılmasına katkıda bulunmakla birlikte geleneksel plastiklere benzer işlevsellik sağlayabilmektedir. Biyo-bazlı plastikler, ambalajlama, tek kullanımlık çatal bıçak takımı, tarımsal filmler ve tüketim malları dahil olmak üzere bir dizi uygulamaya sahiptir. Biyo-bazlı plastik örnekleri arasında mısır veya şeker kamışından elde edilen ve hidrofobik özelliğe sahip olan PLA, bitki bazlı hammaddelerin fermantasyonu yoluyla mikroorganizmalar tarafından üretilen PHA ve çeşitli uygulamalarda kullanılabilen nişasta bazlı plastikler yer almaktadır. Söz edilen biyo-bazlı plastikler fosil yakıtlardan üretilen geleneksel plastiklerle aynı özellikleri göstermekte ve bunun yanında daha az çevresel kirlilik doğurmaları nedeniyle öne çıkmaktadırlar. Biyobozunurluk; bir maddenin, bakteriler ve mantarlar gibi mikroorganizmaların biyolojik hareketi sonucu doğada ayrışma özelliğidir (Alıcı ve Dalkılıç, 2022, Pooja vd, 2023). Biyobozunur plastikler ise nişasta veya selüloz gibi zamanla doğal olarak parçalanabilen malzemelerden yapılmaktadır. Genellikle gıda ambalajı veya tek

kullanımlık ürünler gibi, imhanın önemli olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Öte yandan, biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, belirli koşullar altında biyolojik süreçlerle doğal olarak parçalanma yeteneğine sahiptir. Hem yenilenebilir hem de fosil yakıt bazlı kaynaklardan elde edilebilirler. PBAT ve PLA'nın belirli formülasyonları bu türün dikkate değer örneklerdir. Biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, kompostlamaya veya mikrobiyal etki, ısı ve nem gibi doğal süreçlerle biyolojik bozunmaya maruz kalacak şekilde tasarlanmıştır. Belirli koşullar altında su, karbondioksit ve biyokütle gibi daha basit bileşiklere ayrılma yeteneğine sahiptirler. Ayrıca, biyobozunur plastikler hem yenilenebilir hem de fosil yakıt bazlı kaynaklardan elde edilebilir. Biyolojik olarak parçalanabilirlik belirli çevresel koşullara bağlıdır ve biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin tümü çevre dostu değildir. Bunlarla birlikte, Şekil 4'te de görüldüğü gibi biyo-esaslı plastiklerin tümü biyolojik olarak parçalanamamakta biyobozunur plastiklerin tümü biyo-esaslı olmamaktadır. Biyobozunurluk, malzemenin kaynağından bağımsız bir özelliktir. Örneğin, biyo-esaslı bir plastik malzeme olan PLA, formülasyonuna ve kullanım amacına göre biyolojik olarak parçalanabilir ya da parçalanamaz olacak şekilde tasarlanabilmekte ve üretilmektedir. Plastiklerin biyobozunması, mikroorganizmaların varlığı, yeterli nem ve uygun sıcaklık gibi belirli çevresel koşulları gerektirmektedir. Uygun imha tesislerinin veya kompostlama sistemlerinin mevcudiyeti de bu malzemelerin biyolojik olarak parçalanabilirliğinin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin çevresel faydalarını en üst düzeye çıkarmak için uygun şekilde bertaraf edilmesini sağlamak kritik öneme sahiptir.



Şekil 4. Geniş biyoplastik türleri (Elias, 1993)

Biyoplastiklerin çeşitli alanlarda kullanımına birkaç örnek verilebilir. Algler, ve bunun bir alt kategorisinde sınıflandırılan yosunlar suda yaşayan fotosentez yapan bir organizma türüdür. Alglerle ve yosunlara, bazı dönüşüm işlemlerinin uygulamasının ardından alg bazlı biyoplastik polimerler elde edilir ve böylece fosil plastiklerin yerine kullanılabilir bir malzeme haline gelir. Yosun, moda endüstrisinde, çeşitli ürünlerde biyoplastik olarak kullanılmaktadır. Charlotte McCurdy, 2019 yılında yaptığı tasarımda, alg bazlı biyopolimer malzemeyi kullanarak yağmurluk üretmiştir. Ardından, Philip Lim ile ortak bir çalışma yaparak yosun pullarla kaplanan biyoplastik bir elbise tasarlamışlardır (Şekil 5) (URL 2).



Şekil 5. Biyoplastik malzemelerden üretilen alg bazlı yağmurluk ve yosun pullu elbise (URL 2)

Bir diğer örnek olarak PLA (Polilaktik asit) esaslı biyoplastiğin ev dekorasyon ürünleri olarak kullanımı gösterilebilir. PLA tüm sektörlerde karşılaşılan ve en yaygın kullanıma sahip biyoplastiktir. Mısır nişastası veya şeker kamışı kullanılarak elde edilen PLA, istenen formu verebilmek için yüksek sıcaklıklarda işlem görmekte ve 3D yazıcılarda hammadde olarak da kullanılabilir. Gantri, Şekil .’de görülen duvar aplikleri, lambalar ve 3D yazıcıdan basılan ürünleri oluşturmak için PLA bazlı biyopolimerleri kullanmıştır. Yine Şekil 6’da, PLA esaslı biyopolimer ile doğal bir biyomalzeme olan keten liflerinin karıştırılmasıyla Studio RYTE’de üretilmiş, biyolojik olarak parçalanabilen Tripleks görülmektedir.



Şekil 6. PLA esaslı biyoplastik malzemeden üretilen ev dekorasyon ürünleri (URL 2)

Alakaby’ın çalışmasında da görüldüğü gibi, 2013 yılında Stuttgart Üniversitesi’ndeki öğrenciler ve profesörler, inşaat sektöründe biyoplastiklerin potansiyelini ortaya koyan ArboSkin adlı bir projeyi tamamlamışlardır (Şekil 7). ArboSkin projesinde kullanılan biyoplastik Arboblend olarak adlandırılmaktadır. Arboblend, Alman Tecnaro firması tarafından odun hamuru prosesinin bir yan ürünü olan lignin gibi biyopolimerlerin doğal takviye edici liflerle birleştirilmesiyle üretilmekte ve üretilen levhalar ısı yoluyla şekillendirilerek form verilmektedir. Projede kullanılan biyoplastik filmler, petrol bazlı plastiklere, cam veya metallerle ve kısmen yenilenebilir hammaddelerden yapılan biyoplastiklere kaynak açısından verimli alternatiflerdir. Yüksek kalıplanabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik avantajları ile birlikte, sürdürülebilir ve dayanıklı yapı malzemelerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. (Alakaby, 2023, URL 3).



Şekil 7. ITKE Stuttgart Üniversitesi tarafından tasarlanıp inşa edilen, 388 biyoplastik piramitten oluşan ArboSkin (URL 3)

Özetle, biyo-bazlı plastikler, yenilenebilir kaynaklardan elde edilme, fosil yakıtlara bağımlılığı

azaltmasında önemli etkiye sahiptir. Biyobozunur plastikler ise belirli koşullar altında biyolojik süreçlerle doğal olarak parçalanma yeteneğine sahiptir. Bu kategoriler arasındaki farkları anlamak, uygulamaları, imhaları ve çevresel etkileri hakkında bilinçli karar vermek ve ürün tasarımında doğru malzeme seçimi yapmak açısından çok önemlidir.

3.2 Biyoplastiklerin Avantajları ve Dezavantajları

Biyoplastiklerin en önemli avantajlarından biri, olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasıdır. Biyobazlı plastikler, üretim sırasında geleneksel plastiklere göre daha az sera gazı üretmekte ve yenilenebilir kaynaklardan üretilmektedir. Bitki bazlı hammaddelerden, tarımsal kalıntılardan ve hatta alglerden türetilen biyoplastikler, yenilenebilir kaynakları kullanarak sınırlı kaynaklara olan bağımlılığı azaltmada yardımcı olabilmektedir. Bu yenilenebilir özelliği sayesinde biyoplastikler fosil yakıt bazlı muadillerine kıyasla azaltılmış bir karbon ayak izi oluşumu sağlayarak plastik tüketiminin yarattığı çevresel etkilerin de azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Biyoplastik kullanımının geleneksel plastik kullanımına avantajı, Chia ve arkadaşlarının 2020'deki çalışmasında görselleştirilmiştir ve Şekil 8'de yer almaktadır.

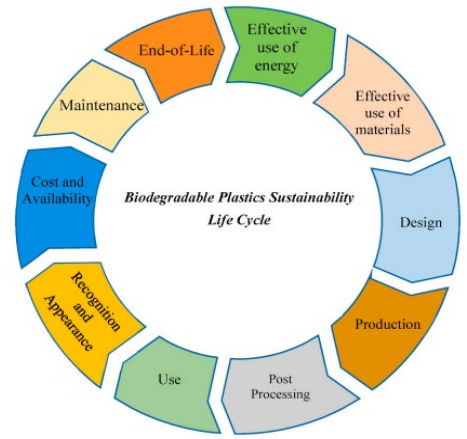


Şekil 8. Biyoplastik kullanımının geleneksel plastik kullanımı ile kıyaslanması (Chia vd., 2020)

Biyobozunur plastikler, zamanla doğal olarak parçalandıklarından mevcut atık depolama sahalarındaki atık yükünün azalmasında doğrudan etkiye sahiptir (Sarasa vd., 2009). Yapılan geniş

çaplı araştırmalar sonucunda plastiklerin bir kısmının okyanuslarda hızla parçalanarak zararlı kimyasalları su kütlelerine saldı, böylece hayvanları, bitkileri ve ayrıca besin zincirine girmesiyle, insanları etkilediği görülmüştür (Witt vd., 2001). Biyobozunur plastikler bu konuda güvenlidir ve herhangi bir kimyasal veya kirletici madde içermemektedir. Biyoplastikler zararsız bir şekilde parçalanabilmekte ve toprak tarafından emilebilmektedir.

Şekil 9'da biyobozunur plastiklerin sürdürülebilir yaşam döngüsü görülmektedir (Moshood vd., 2022).



Şekil 9. Biyobozunur plastiklerin sürdürülebilir yaşam döngüsü (Moshood vd., 2022)

Ayu ve arkadaşları yaptığı çalışmada, mısır nişastası bazlı biyoplastiğe %3 nanofiber selüloz ve %30 gliserol eklemiştir. Biyoplastikleri oda sıcaklığında, 5°C, 10°C soğuklukta ve donma sıcaklığında (-5-10°C) olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta, çekme dayanımı, kopma dayanımı, buhar geçirgenliği testlerine maruz bırakmışlardır. Biyoplastik depolama, kullanma sıcaklığının malzeme dayanımı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, biyoplastiğin su buharı geçirgenliği değerinin zamanla arttığını gözlemlemişlerdir (Ayu vd., 2023). Benzer şekilde, Kapoor ve arkadaşları, biyolojik bozunma oranının belirlenmesinde bozulmayı teşvik eden sıcaklık ve nem gibi çevresel koşulların önemini vurgulamışlardır. Soğuk ve kuru çalışma koşullarında, biyoplastiklerin daha dayanımlı ve

uzun ömürlü olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca biyoplastiğin üretiminde nişasta ve benzeri besin maddelerinin kullanılması sonucunda, protein sentezi ve enzim üretimi uyarıldığı için biyolojik parçalanma hızının arttığını ifade etmişlerdir (Kapoor vd., 2023)

Jayakumar ve arkadaşları (2023), biyoplastiklerle ilgili terminolojiyi, küresel pazardaki yerini, biyoplastiklerin ana kaynaklarını, türlerini ve özelliklerini, biyoplastik atıkların geri kazanım yöntemlerini, biyoplastiklerle ilgili standartları ve çeşitli ülkelere özgü düzenlemeleri, araştırmışlardır. Jayakumar vd.'nin çalışmasında da ortaya koyulduğu gibi, biyoplastiklerin çoğu şeker kamışı, patates, buğday, mısır gibi hammaddelerden üretilmektedir. Ancak bu malzemelerin kullanımı gıda ve ekilebilir arazilerin bulunabilirliğini azaltabilir. Bu nedenle gıda tanımına girmeyen, mahsul artıklarının veya selülozik kaynaklı kütlelerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Biyoplastik kalıntıların toprakta ve su ortamında kalıcılığı ve mikro– nano formda plastik partiküllerine ayrışarak besin zincirine dahil olması riski, eko-toksisite testleri ile takip edilmelidir (Jayakumar vd., 2023). Jayakumar ve arkadaşlarının çalışmasında olduğu gibi, Pooja ve arkadaşları da (2023) biyoplastikleri, tarımsal araziler ve gıda kaynakları açısından irdelenmiştir. Biyokütleler, özellikle nişasta ve selüloz gibi polisakkaritler, biyoplastiklerin sentezi için yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak bu tür biyoplastiklere yönelik artan talep, gıda kaynakları için yoğun bir rekabet yaratabilir. Ayrıca nişasta selülozdan daha higroskopiktir, bu da nişasta bazlı biyoplastikleri bozunmaya karşı daha duyarlı hale getirir. Mikrobiyal kökenli biyoplastikler ise, toplu üretim ve yüksek geri kazanım maliyetleri nedeniyle önemli bir kısıtlamaya sahiptir (Pooja vd., 2023).

Biyoplastikler işlevselliği, üretim kolaylığı, çok yönlülüğü sayesinde esneklik, şeffaflık ve ısı direnci gibi çeşitli özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanabilmekte ve böylece ambalajlama, tarım, otomotiv, elektronik dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde kullanılmaktadırlar (Nanda vd., 2021). Ek olarak, biyoplastikler çevre dostu ürünlere

yönelik tüketici algısı ve pazar talebi ile uyumludur. Artan çevre bilinci ve endişesi ile tüketicilerin sürdürülebilir alternatifler, ürünler seçme eğilimlerinde artış gözlenmektedir. Yenilenebilir ve daha düşük olumsuz çevresel etkileriyle biyoplastikler, çevreye duyarlı tüketicilerin tercihlerini karşılayarak pazar talebini yönlendirmekte ve daha sürdürülebilir bir geleceğe geçişi teşvik etmektedir. Sonuç olarak biyoplastikler, çok sayıda uygulamada geleneksel plastiklerin yerini alma potansiyeline sahiptir ve işlevsellikten ödün vermeden ekolojik sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

Biyoplastikler, potansiyel çevresel faydaları nedeniyle geleneksel plastiklere umut verici bir alternatif olarak birçok endüstri dalının, sektörün dikkatini çekmeyi başarmıştır. Ancak, dikkate alınması gereken bazı dezavantajları da vardır. Başlıca kaygılardan biri, biyoplastiklerin mevcut plastik geri dönüşüm altyapısıyla uyumunun sınırlı oluşudur. Biyoplastikler için ayrı toplama ve işleme gereksinimleri, geri dönüşüm uygulamasını güçleştirmekte ve maliyeti arttırmaktadır. Biyoplastiklerin çoğu, kontaminasyon sorunlarına yol açmaması için konvansiyonel plastiklerle birlikte işlenemez (Fredri vd., 2021). Makro kaygılara ek olarak, biyoplastik üretimi, geniş tarım arazilerinde su, enerji ve gübre gibi kaynaklar gerektirir. Bu durum potansiyel olarak gıda üretimi ve diğer temel kaynak tüketimlerine yol açacağı için arazi kullanımı çatışmaları ve kaynak mevcudiyeti korunumu gibi rekabet konuları doğurmaktadır. Ayrıca, mahsullerden elde edilen bazı biyoplastikler, gıda kaynaklarıyla rekabet ettikleri için gıda güvenliği sorunları olan bölgelerde, kaynakların gıda üretiminden uzağa yönlendirilmesi, gıda krizine etken olması konusunda etik kaygılara yol açmaktadır (Matthews vd., 2021). Ormansızlaşma ve su kirliliği dahil olmak üzere, tarımın biyoplastiklerle ilişkili çevresel etkisinin de dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bazı biyoplastikler biyolojik olarak parçalanabilir adıyla pazarlanırken, gerçek biyolojik bozunmaları belirli ortamlarda sınırlı olabilmektedir. Bu da ürünün beklenen bozunma oranını göstermemesi ile sonuçlanır. Yoğun enerji

sarfıyatı gerektiren üretim süreçleri ve geleneksel plastiklere kıyasla daha yüksek üretim maliyetleri, dikkate alınması gereken diğer zorluklardır. Bu dezavantajların birçoğu devam eden araştırmalar ve teknolojik ilerlemeler yoluyla aktif olarak ele alınmaktadır. Gıda dışı hammaddelerden elde edilen biyo-bazlı plastiklerin geliştirilmesi, daha sürdürülebilir tarım uygulamalarının araştırılması ve geri dönüşüm altyapısının iyileştirilmesi, bu zorlukları azaltmayı ve biyoplastiklerin potansiyel faydalarını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan girişimler arasındadır.

4. Beyaz Eşya Sektöründe Biyoplastik Kullanımı

Beyaz eşyalar, geleneksel olarak beyaz renkte üretilen buzdolapları, çamaşır makineleri ve tamburlu kurutucular gibi büyük ev aletleridir. Beyaz eşya sektörü, küresel e-atıkların en geniş ve en hızlı büyüyen kaynaklarından birini temsil etmektedir: 2019 yılında dünya, yıllık neredeyse 2 ton büyümeyle 53,6 milyon ton atık üretmiştir ve 2030 yılına kadar, bu miktarın 74,4 milyon tona çıkacağı tahmin edilmektedir (Franze vd., 2023). Plastik malzemeler, üreticiler için bir dizi avantaj sunmaktadır. İlk olarak; plastiklerin üretimi kolaydır ve maliyeti uygundur. Plastik malzemeler, genellikle hammadde olarak petrokimyasallar kullanılarak üretilmektedir ve bu malzemelerin temin edilmesi genellikle daha erişilebilir ve ekonomiktir. Plastik üretimi için kullanılan işlemler genellikle otomasyona ve seri üretime uygundur ve bu durum daha yüksek üretim hızı ve verimlilik sağlamaktadır. Plastikler, enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon veya üfleme gibi yöntemlerle farklı şekillerde ve boyutlarda üretilebilmektedir. Plastiklerin kolay şekillendirilebilir olması, üreticilere tasarım ve üretim süreçlerinde büyük bir esneklik sunar. Plastiklerin renklendirilmesi veya katkılar yardımıyla istenen özelliklere sahip yeni plastikler geliştirilmesi mümkündür. Bu da üreticilerin ürünlerini çeşitlendirmelerine ve pazar taleplerine uygun hale getirmelerine olanak sağlamaktadır. Plastikler, türüne göre değişmekle birlikte genellikle darbeye, çizilmeye ve kimyasallara karşı dirençlidir. Bu özellikler, ürünlerin güvenli bir şekilde taşınmasını, depolanmasını sağlamakta ve kırılma veya hasar riskini en aza indirmektedir. Kozłowski'nin yapmış olduğu araştırmaya göre plastikler düşük yoğunluklu olmaları nedeniyle hafif yapıya sahiptir ve taşınmaları sırasında önemli ölçüde yakıt

tasarrufu sağlanarak ürün yaşam döngüsünde daha düşük karbon ayak izi oluşturma eğilimindedirler (Kozłowski, 2014). Plastiklerin düşük ağırlığı, taşıma maliyetlerini azaltmakta ve nakliye süreçlerinde daha verimli lojistik operasyonlar sunmaktadır. Seri üretim şartları düşünüldüğünde de plastiklerin kolay erişilebilir olması tercih edilme sebebini açıklar niteliktedir. Geri dönüştürülebilir ve biyo-bozunur malzemelerden elde edilebilen biyoplastikler ise plastiklerle bu özelliklerin çoğunu ortak olarak karşılamaktadır. Bu noktada plastik kullanımının yaygınlığı, çevresel etkileri göz önünde bulduğumuzda azaltılması gerekliliğini ortaya çıkarmakta ve daha sürdürülebilir alternatiflerden biri olan biyoplastiklerle çevre dostu bir yaklaşımı teşvik etmektedir. Neredeyse her sektörde hakim malzeme olan plastikler beyaz eşya sektöründe de ciddi hacme sahiptir. Beyaz eşya sektörü, küresel ekonomide önemli bir konuma sahiptir. Fortune Business Insight'ın raporuna göre 2022 yılı itibarıyla, dünya çapında beyaz eşya pazarının, tahmin döneminde %5,57'lik bir YBBO ile 675,59 milyar dolardan 2029'da 987,35 milyar dolara çıkması tahmin edilen sektörün bu büyüme potansiyeli ile hammadde arzını da arttırması beklenmektedir (Fortune Business Report, 2022). Bu arz talebi düşünüldüğünde alternatif malzemelerden biri olan biyoplastiklerin sektörde önemli bir rol üstlenmesi gerekliliği kaçınılmazdır. Biyoplastik kullanımı, olumsuz çevresel etkiyi azaltmak ve sürdürülebilir ürünlere yönelik artan talebi karşılamak potansiyeline sahip olduğu için beyaz eşya endüstrisinde kendine yer bulmaktadır. Beyaz eşya sektöründe biyoplastik kullanımının zorlukları olsa da devam eden araştırma ve geliştirme çalışmaları biyoplastikleri, üreticiler için daha uygun bir seçenek haline getirmeye yardımcı olacaktır. Bununla birlikte biyoplastiklerin estetik görünümü, görsel çekicilikleri ile ilgili çeşitli eleştiriler gündeme gelmekte, tartışma konusu olmaktadır. Yaygın bir endişe, biyoplastiklerde, özellikle de doğal kaynaklardan elde edilenlerde gözlenebilen renk ve şeffaflıktaki farklılıklardır. Bu tutarsızlık, tekdüze ve öngörülebilir bir estetiğin istendiği beyaz eşya endüstrisinde bir dezavantaj olarak algılanabilmektedir. Ek olarak; biyoplastikler, geleneksel plastiklere kıyasla daha az parlak görünen veya farklı dokulu yüzey kaplamaları sergileyebildiği için estetiğin önemli olduğu uygulamalarda çekici görünmemektedir. Ayrıca, kolayca parçalanmak üzere tasarlanmış bazı biyolojik olarak parçalanabilen veya kompostlanabilir plastikler, performansları ve

dayanıklılıkları hakkında endişelere yol açmaktadır. Dahası, biyoplastiklerin sürdürülebilirlik ve çevre bilinci ile ilişkilendirilmesi bazen tüketiciler arasında daha düşük değer veya kalite algısına yol açabilmektedir. Biyoplastiklere ilişkin bu olumsuz algılar, teknoloji ve üretim süreçlerindeki sürekli ilerlemelerle her geçen gün giderilmektedir. Çeşitli endüstrilerin beklentilerini ve tüketici tercihlerini karşılamak için biyoplastiklerin renk seçeneklerini, şeffaflığını, yüzey kalitesini ve genel estetiğini geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların artmasıyla arz-talep dengesinde kendine daha fazla yer bulabilecek olan biyoplastikler potansiyelleriyle birlikte sürdürülebilir geleceğin anahtarı olabileceklerdir.

4.1. Sektörde Kullanılan Biyoplastik Türleri ve Örnekleri

Biyoplastikler, beyaz eşya sektöründe çeşitli şekillerde kullanılabilir. Örneğin, buzdolapları ve derin dondurucular gibi soğutma cihazlarında, biyobozunur plastikler sızdırmazlık contası ve izolasyon malzemeleri olarak önümüze çıkmaktadır. Bu, enerji verimliliğini artırarak soğutma performansını iyileştirirken, aynı zamanda çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı olmaktadır. Biyoplastiklerin dayanıklılığı ve ısı direnci de beyaz eşya sektöründe kullanımlarını destekleyen önemli özelliklerdir. Özellikle çamaşır makineleri ve bulaşık makineleri gibi yüksek ısı ve sürtünmeye maruz kalan beyaz eşya ürünlerinde, biyoplastikler gövde parçalarının yapımında tercih edilebilirler. Bu sayede, plastik parçaların kullanımında daha sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenirken, ürünlerin dayanıklılığı ve performansı da korunmuş olacaktır. Ancak, biyoplastiklerin beyaz eşya sektöründeki kullanımı henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamıştır ve maliyet faktörü gibi bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Biyoplastiklerin üretimi ve işlenmesi genellikle geleneksel plastiklere göre daha maliyetlidir. Bu da üreticilerin tercihini etkileyebilmektedir. Ayrıca, biyoplastiklerin fiziksel özellikleri, estetik görünümü, mukavemeti ve işlenebilirliği gibi alanlarda geliştirilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Biyoplastiklerin özelliklerinin iyileştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi, bu malzemelerin daha yaygın olarak kullanılmasını sağlayacak en önemli unsurlardan biridir. Aynı zamanda, tüketicilerin çevresel

bilinçlenmelerinin artmasıyla birlikte, sürdürülebilir ve çevre dostu beyaz eşya ürünlere olan talebin de artması beklenmektedir. Bu da biyoplastiklerin beyaz eşya sektöründe daha geniş bir kullanım alanı bulmasını teşvik edecektir.

Biyoplastiklerin beyaz eşya sektöründe kullanımı hala gelişme ve Ar-Ge çalışmaları aşamasında olmasına rağmen, birçok cihazda biyoplastik parçaların kullanıldığı örnekler bulunmaktadır. Örneğin, Whirlpool, PLA iç astarlı bir buzdolabı geliştirirken Bosch, bazı çamaşır makinelerinin kasalarının görünmeyen kısımlarında biyoplastik kullanmaktadır. Bu tarz kullanımlar, çevresel etkiyi azaltmanın yanı sıra, üreticilerin tehlikeli kimyasalların kullanımıyla ilgili düzenleyici gereksinimleri karşılamasına da yardımcı olabilmektedir.

Sektördeki ilk örneği inceleyecek olursak 2011 yılında İsveç kökenli Electrolux markası buzdolaplarında “tüm görünür plastik parçaları geri dönüştürülebilir” yapma çalışmalarına başlamıştır (Şekil 10.). 2010 yılında henüz yeni ticari polimer statüsüne sahip olan PLA (poliaktik asit) dünyadaki biyoplastikler arasında ikinci en yüksek tüketim hacmine sahipti. Mısır, manyok, şeker kamışı ve şeker pancarı posası gibi fermente edilmiş organik bitki nişastasından elde edilen biyomalzeme, sürdürülebilir adımlar noktasında her zaman öncü olan Electrolux markasının dikkatini çekmeyi başarmıştır. Bu bağlamda Electrolux Küresel Bağlantı ve Teknoloji Merkezi (GC&T), dünya lideri biyopolimer tedarikçisi NatureWorks LLC şirketi ile ortaklık kurarak bu konuda geliştirmeler yapmaya başlamıştır. İlk etapta GC&T, ambalajlarda biyoplastik uygulamalarını test etmiştir. Ardından tüm görünür parçalarının biyoplastikten yapıldığı bir buzdolabı prototipi geliştirilmiştir (Şekil 11). Nihai ürünün, döngüsel ekonomi konseptine uyması için, geleneksel bir buzdolabının tüm gereksinimlerini, özelliklerini karşılaması ve kullanım ömrü sonunda geri dönüştürülebilmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur. Electrolux markasının çalışmasıyla, buzdolabında ABS (Akrilonitril Bütadiyen Stiren) kullanılan tüm parçalarda PLA kullanımı mümkün kılınmıştır.

Buna ek olarak iç astar malzemesi olarak kullanılan, doğaya olumsuz etkisi olan PS (polistiren) malzeme yerine %20 akrilik, %80 PLA karışımı malzeme kullanımı başarıyla sağlanmıştır. Prototip buzdolabının karbon ayak izi, kullanılan plastikler oranında %83, buzdolabı başına ise %22 daha küçük olmayı başarmıştır. Prototip buzdolabının ticari ürün olarak pazara sunulması beklenmekle birlikte Electrolux, plastiğin ömrünü uzatan, geri dönüştürülmüş polipropilen bazlı bir plastik bileşik olan Carborec® gibi plastiklerin kullanımı yoluyla malzeme verimliliğini taahhüt etmektedir (URL 4)



Şekil 10. Electrolux buzdolabında PLA kullanımı (Laird, 2019)



Şekil 11. Electrolux PLA biyopolimer buzdolabı (URL 5)

Çevre bilinci ile hareket eden bir diğer marka olan Arçelik, sadece 2021 yılında yaklaşık 9 ton geri dönüştürülmüş balık ağı atığını ve yaklaşık 234 ton endüstriyel iplik atığını, fırın, çamaşır ve bulaşık makinelerinin plastik parçalarının üretiminde

kullanmıştır. Atık yumurta kabuklarını, biyobozunur plastikler ile bir araya getirip %100 biyomalzeme içerikli buzdolabı yumurtalıkları üretmektedir. 2017 yılından günümüze kadar çamaşır makinesi, yıkayıcı-kurutucular ve klima gibi birçok ürünün çeşitli parçalarının üretiminde yaklaşık 114 milyon geri dönüştürülmüş pet şişe kullanmışlardır (URL 6). Arçelik grubunda bulunan Grundig, poliamid (PA) bazlı plastik atıkları geri dönüştürerek elde ettiği yüksek performanslı biyoplastik malzemelerden beyaz eşya üretmiştir. Grundig, sürdürülebilirlik alanında Ar-Ge çalışmaları yapmakta, teknoloji geliştirmeye devam etmektedir. Enerji ve su tasarrufu sağlayan ürünleriyle dikkat çeken marka, geri dönüştürülmüş malzemelerle üretim yapıp çevrenin ve doğal kaynakların korunmasına katkı yapmayı hedeflemektedir. Berlin'de gerçekleşen IFA 2019 fuarında, Grundig, "Bio Buzdolabı"nı sergilemiştir (Şekil 12). Biobuzdolabında; petrol türevi konvansiyonel plastiklerden %80 daha az CO₂ salınımı yapan sürdürülebilir biyoplastikler, % 15 daha az CO₂ salınımı yapan biyopoliüretan ve yumurta kabuğu içeren biyokompozitler bir arada kullanılmıştır (URL 7).



Şekil 12. Grundig markasının biyopolimer kullanarak ürettiği buzdolabı (URL 7)

2021 yılında tamburu geri dönüştürülmüş plastik şişelerden üretilen yeni Pet Tub Çamaşır Makinesi serisi (Şekil 13); parçaları petrol bazlı plastikler yerine bio-kompozit malzemeyle üretilmiş parçalar içeren BioFridge Buzdolabı; parçaları çay posalarından ve kahve atıklarından üretilen Bio Ailesi Çay ve Kahve Makinesi Grundig markası için sürdürülebilirlik odaklı ürün lansmanlarının önce çıkan ürünleri olmuştur (Arçelik 2021 faaliyet raporu).



Şekil 13. Tamburu geri dönüştürülmüş plastik şişelerden üretilen Pet Tub Çamaşır Makinesi (Arçelik 2021 faaliyet raporu)

Arçelik sorumlu üretim ve sorumlu tüketim yaklaşımını benimsemekte, daha az doğal kaynak tüketimi için ürünlerinde ve ambalaj malzemelerinde geri dönüştürülmüş ve/veya dönüşebilir malzeme ile geri dönüşüme uygun biyo-kompozit malzeme kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Dünya kaynaklarının daha verimli kullanılmasını desteklemektedir (Arçelik 2021 faaliyet raporu). Arçelik, organik malzemelerin yeniden kullanımını destekleyerek petrol bazlı plastik türevi tüketimini azaltmaktadır. Soya, yumurta kabuğu ve mısırdan üretilen malzemelerin dayanımını artıran biyoplastik, geleneksel plastiklerle kıyaslandığında %80 daha düşük karbon ayak izine sahiptir. Arçelik Bio Buzdolabı, %15 soya ve hint yağı gibi organik malzeme içeren biyo esaslı poliüretan yalıtım malzemesi (Bio-Cool) ve biyokompozit ham madde kullanılarak üretilmiştir. Biyoplastik ve biyo bazlı poliüretanın beraber kullanıldığı ve IFA 2019 fuarında ilk kez sergilenen Bio Buzdolabı, İngiltere pazarında satışa sunulmuştur. Bio-Cool yalıtımı da içeren versiyonun ise 2022 yılının ilk çeyreğinde satışa sunulması planlanmıştır. İçerdiği biyoplastik malzemeler ve Bio-Cool yalıtım malzemesiyle birlikte kabin başına üretim sırasında 6 kg daha az CO₂ salımı gerçekleşmektedir (Arçelik 2021 faaliyet raporu). Arçelik, biyo parçacıkları içeren biyomalzemeler kullanarak küçük ev aletleri de üretmeye başlamıştır. Çay lifi katkılı malzemeler Newline çay makinesinin tutamaklarında ve kahve katkılı malzemeler Şekil 14.'de görülmekte olan Telve Duo kahve makinesinde devreye alınarak plastik kullanımı azaltılmıştır. Bu yenilikçi ve çevre dostu ürünler, 2021 yılında satışa sunulmuştur (Arçelik 2021 faaliyet raporu). Biyomalzemelerden

hariç olarak, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında Arçelik, PET şişelerin geri dönüştürülmesiyle elde edilen yüksek performanslı plastiği, çamaşır makinesi ve yıkayıcı, kurutucu kazanlarında kullanılmaktadır.



Şekil 14. Biyopolimer kullanılarak üretilen Arçelik Telve Duo kahve makinesi (Arçelik 2021 faaliyet raporu)

Güney Kore'nin dünya pazarına sunduğu LG markası da PLA üzerine çalışmalar yapmaktadır. LG, özellikle elektronik, kimya, telekomünikasyon gibi sektörlerde söz sahibi bir kurumdur. LG şirketler grubu içerisindeki LG Chem, biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerin üretimini genişletmek için bir ortak girişim aracılığıyla dünyanın dört büyük tahıl işleme şirketinden biri olan ADM (Archer Daniels Midland) ile 2021 yılında bir anahtar koşul anlaşması imzalamıştır. LG ve ADM tarafından geliştirilen ilk hammadde örneği Şekil 15'te görülmektedir (LG ESG Reports 2021-2022).



Şekil 15. LG ve ADM tarafından geliştirilen ilk hammadde örneği (ADM News, 2022)

LG Chem, biyobozunur plastiklerde uygulaması ve elde etmesi zor olan 'beyaz' plastiğin dünyada ilk kez geliştirilip ticarileştirilmesini sağlayarak estetik açıdan da tercih edilen malzeme üretme çalışmalarını sürdürmektedir. Güney Kore hükümeti

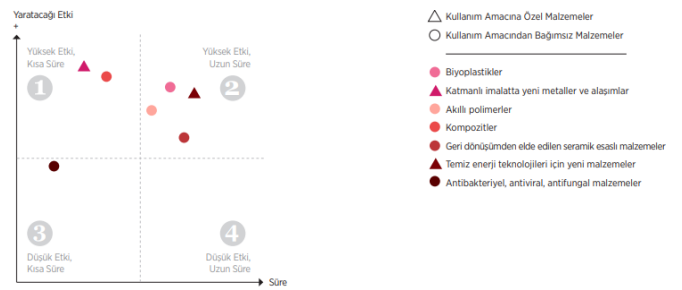
2012 yılında, ekonominin ham petrol üzerindeki mevcut güvenilirliğini azaltacak ilgili yeniliklerin üretimi ve için orta ve uzun vadeli bir strateji uygulamak üzere "Endüstriyel Biyoteknolojik Teşvik Planı'nı başlatmıştır. Mashood ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırmaya göre 2020 yılında, bu çabanın ham petrol ithalatının %4,8'ini biyokimyasal üretimle değiştirmesi, karbondioksit emisyonlarını yaklaşık %10,8 oranında azaltması ve 43.000 yeni istihdam yaratması öngörülmektedir (Mashood vd., 2021). Bir diğer küresel beyaz eşya üreticisi Güney Kore merkezli Samsung Electronics, iklim değişikliğiyle mücadele etmek için dünya çapında yürütülen çalışmalara katılmak üzere geniş kapsamlı bir inisiyatif olan yeni çevre stratejisini duyurmuştur. Samsung, 2050'ye kadar sıfır emisyon hedefine odaklanarak sürdürülebilirliğe katkı sunmayı amaçlamaktadır. 2030'a kadar, ürünlerde kullanılan plastiğin %50'sini geri dönüştürülmüş reçineden elde etmeyi ve bu oranı 2050'ye kadar %100'e çıkarmayı hedefleyen Samsung, elektronik cihaz ve beyaz eşyaların ötesine geçerek aksesuarları da kapsamakta ve her gün kullandığımız bu eşyalarda da kaynak verimliliğine olanak tanımaktadır.

Samsung, dünyanın en büyük e-atık toplayıcılarından biridir ve 2008'den bu yana Amerika Birleşik Devletleri'nde kümülatif olarak 1 milyar pounddan fazlasını geri kazanmıştır. Samsung, buzdolaplarından televizyonlara, cep telefonlarına kadar her ürün grubunda benzer çalışmaları yapmaktadır. Uzun vadeli hedefi, 2030 yılına kadar dünya çapında 15 milyar pounddan fazla elektronik cihaz parçasını geri kazandırmaktır (Clancy, 2019). Bu nedenle, Samsung Electronics, mikroplastiklerin etki ettiği deniz kirliliğinin önüne geçmek için, çevre dostu paketleme kararı almıştır ve ürün paketlemede kullanılan tek kullanımlık plastik malzemeleri, Şekil 16'da görülen kağıt, biyoplastikler veya diğer çevresel malzemelerle değiştirmektedir (Serzhena, 2019). Paketleme kutularında, nişasta, şeker kamışı ve diğer biyomalzemeler kullanılarak daha düşük fosil yakıt içeriğine sahip çevre dostu bileşikler kullanılmaktadır.



Şekil 16. Samsung Biyoplastik hammaddeli paketleme kutuları (Serzhena, 2019)

Türkiye'de bu konudaki sektörel çalışmalara odaklandığımızda ise, biyobozunur biyoplastikler için gelecekte teşvik edici yeni mevzuat düzenlemeleri ve vergi indirimleri gibi önlemler alınarak kullanımı teşvik edilme çalışmaları yapılmaktadır. Ulusal 11. Kalkınma Planı'nda da vurgulanan Türkiye'nin biyoplastiklerin yaygınlaşmasına yönelik adımlar atma çalışmalarının devam edeceği ve bu konudaki teşviklerin artacağı görülmektedir (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019). Bu tür teşvikler, biyoplastiklerin kullanımının artmasını sağlayarak çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Teşviklerin yürürlüğe girmesi ile ülkemizdeki biyoplastik kullanımının önümüzdeki yıllarda daha hızlı artması beklenmektedir. Çevre dostu üretimi teşvik etmesi ve insan sağlığına olumsuz etkileri olmayan biyokütle temelli bir polimer olması nedeniyle biyoplastiklerin; sağlık, tarım, gıda, beyaz eşya gibi sektörlerde yüksek etki yaratması beklenmektedir. Biyoplastikler üzerindeki araştırma ve geliştirme çalışmaları devam ettikçe, gelecek yıllarda biyoplastiklerin alternatif malzeme olarak kullanılma potansiyeli Şekil 17'de görülmektedir.



Şekil 17. Endüstriyel Üretim Geleceğinde Malzeme Teknolojilerinin Yaratacağı Etkiler (Stateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019)

Endüstriyel malzemelere etkisinin yüksek olacağı görülen biyoplastiklerin etkin bir şekilde kullanılması için uzun vadeli planlara ihtiyaç vardır. Ülkemizde son 25 yıldır elektrik- elektronik sektöründe ihracat lideri olan ve ürünleri 160'tan fazla ülkede kullanılmakta olan Vestel, enerji ve su tasarrufu yüksek, gıda israfını önleyen teknolojilere sahip, çevre dostu akıllı ürünleri aracılığıyla, tüketicilerin olumsuz çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olmayı hedeflemektedir. Buna ek olarak Vestel, plastik atıkların çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin giderek önem kazanmasıyla birlikte, ürünlerinde ve ambalajlarında doğada daha kolay çözünen ve toksik kalıntı bırakmayan biyoplastik özellikli, geri dönüştürülebilir malzemeler kullanmaya başlamıştır. İlk etapta geri dönüştürülmüş parçalar ile ürün üreten Vestel Beyaz Eşya, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda doğada çözünebilir biyoplastikler üzerine de yatırımlar yapmaya başlamıştır. Vestel, Türkiye girişimcilik ekosisteminin köklü kurumsal sermaye şirketi olan bünyesindeki Vestel Ventures 2017 yılında zeytin atıklarından tamamen doğal biyoplastik granüller üreten biyoteknoloji şirketi "Biolive" ile ortaklık oluşturmuştur. Biolive, zeytin çekirdeğinin gıda takviyesi olarak kullanımını ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştıran bir girişim olarak sektöre girmiştir. Daha sonra zeytin çekirdeğinin yapısının biyomalzemeye uyumlu olduğunu tespit etmiş; zeytin çekirdeğinden üretilen biyoplastik ile karbon salınımının yüksek oranlarda azaltılabileceğini ortaya koymuş, nişasta, selüloz, mısır koçanı gibi biyoplastik hammaddelere alternatif olma potansiyeli üzerine yoğunlaşmış bir şirkettir (URL 8). Şekil 18'de ve Şekil 19'da şirketin geliştirdiği ilk granül örneklerine ait çalışmalar görülmektedir.



Şekil 18. Biolive şirketinin geliştirdiği granül örnekleri (Magg4, 2018)



Şekil 19. Vestel yatırım ortaklığı ile şirketleşen Biolive'in zeytin çekirdeğinden elde edilen biyoplastik granülleri (URL 9)

Ülkemizde biyomalzemelerin genellikle ithal edildiğinin bilincinde olan Biolive kurucuları bu malzemeyi sanayiye uygun bir şekilde ticarileştirmek ve zeytin yetiştiriciliği açısından zengin olan ülkemiz içerisinde bir katma değer oluşturmak için çalışmalar yapmaktadır (Vestel Ventures Dergisi, 2023).

Vestel bünyesinde ürettiği beyaz eşyalarda Biolive ile birlikte geliştirdiği biyoplastik parçaları kullanmaya başlamıştır. Bu kapsamda Şekil 20'de zeytin çekirdeğinden çamaşır makinesi su kanalı kapağı üretim aşamaları görülmektedir.



Şekil 20. Zeytin çekirdeğinden çamaşır makinesi su kanalı kapağı üretim aşamaları (Vestel Ventures Dergisi, 2023)

Henüz görünür estetik parçalar için yeterli yüzey kalitesine sahip olmayan malzeme, şirketin sürdürülebilirlik bilinci doğrultusunda hemen

Çevre dostu bir malzeme olan biyoplastiklerin daha hızlı yaygınlaşması adına bu geliştirme çalışmalarının hız kazanması önemli bir fırsat yaratacaktır. Küresel bağlamda yüklü miktarda plastik hammadde kullanarak üretim yapan sektörlerin başında gelen beyaz eşya endüstrisinde biyoplastiklerin kullanılması, olumsuz çevresel etkiyi azaltma ve sürdürülebilir ürünlere yönelik artan talebi karşılama potansiyeline sahiptir. Sürdürülebilir ürünlere olan talep artmaya devam ettikçe, firmalar gerekli yatırımları ve iş birliklerini yapacak, beyaz eşyalarda biyoplastik kullanımı daha yaygın hale gelecek ve daha sürdürülebilir bir gelecek yaratılmasına yardımcı olacaktır. Üreticilerin biyoplastik üretimine destek vermesi, yenilikçi malzemelerin kullanımını teşvik ederken aynı zamanda çevre dostu ürünlerin piyasaya sürülmesine olanak sağlamaktadır. Gezegeni daha yaşanabilir ve daha temiz bir yer haline getirmek için kaynakları akıllıca yönetmek, çevresel, ekonomik, sosyal sürdürülebilirlik ilkeleriyle hareket etmek gerekmektedir. Gezegenimizi korumak ve gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakmak için hem bireysel hem de sektörel düzeyde, kaynakları sürdürülebilirlik yaklaşımıyla kullanmak, atık üretimini en aza indirmek, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak, çevre dostu teknolojilere geçmek ve doğal kaynakları korumak gibi adımlar atılmalıdır. Bu yaklaşımla kaynakların adil ve eşit bir şekilde paylaşıldığı bir dünya yaratmak ortak gaye olmalıdır.

Kaynaklar

- Alakaby, E.A.E.M., 2023. Bioplastic Towards Reducing Carbon Footprint and Enhancing Human Health in Interior Architecture Journal of Arts & Architecture Research Studies (JAARS), Volume 4, Issue 7.
- Ali, S.S, Abdelkarim, E.A., Elsamahy, T., Al-Tohamy, R., Li, F., Kornaros, M., Zuorro, A., Zhu, D., Sun, J., 2023. Bioplastic Production in Terms of Life Cycle Assessment. Environmental Science and Ecotechnology Volume 15, July 2023, 100254.
- Aslan, R., 2018. Mikroplastikler: hayatı kuşatan yeni tehlike, Göller Bölgesi Ekonomi ve Kültür Dergisi, 11(122), 2023.

Ayu, G.E., Lubis, M., Ginting, M.H.S., Hayat, N., 2023. Physical Resistance of Corn Starch Based Bioplastic at Various Storage Temperature, Journal of Engineering Science and Technology, Volume 18, No.1, 235 – 243.

Baydemir, T., 2020. Biyoplastikler ve Yeni Eğilimler, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Şubat 20, 2020.

Bhatia, S.K., Otari, S.V., Jeon, J., Gurav, R., Choi, Y., Bhatia, R.K., Pugazhendhi, A., Kumar, V., Banu, L.R., Yoon, J., Choi, K., Yang, Y., 2021. Biowaste-to-bioplastic: Conversion technologies, strategies, challenges, and perspective, Bioresource Technology, Volume 326.

Bozlaşan, R., 2005. Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı. Journal of Social Policy Conferences, 0(50), 1011-1028,

Chia, W.Y., Tang, D.Y.Y., Khoo, K.S., Lup, A.N.K., Chew, K.W., 2020. Nature's Fight Against.

Clancy, H., 2019. What happened with Samsung's smartphone upcycling program, GreenBiz, Aralık 2019.

Çokgör, E., Özkök, İ.P., Güven, D., Zengin, G.E., Taş, D.O., Yağcı, N., Uçar, N.S., Özyıldız, G., İnel, G., 2018. Mikrobiyal Biyopolimerler: Polihidroksialkanoatların biyoplastik üretiminde kullanımı üzerine genel değerlendirme, Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(3).

Döhler, N., Wellenreuther, C., Wolf, A., 2022. Market dynamics of biodegradable bio-based plastics: Projections and linkages to European policies, EFB Bioeconomy Journal, Volume 2.

Elias, H. G., 1993. An introduction to plastics, Polymer International, 34(2), s.237-238.

Ellen MacArthur Foundation, 2016. The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics, Ocak, 2016.

- Fortune Business Report 2022. Market Research Report, 223.
- Franze C., Pesce D., Kalverkamp M., Pehlken A., 2023. "Scale Without Mass": A Decision-Making Tool for Scaling Remanufacturing Practices in the White Goods Industry. *Journal of Cleaner Production* 417, 138078 .
- Fredi, G., Dorigato A., 2021. Recycling of bioplastic waste: A review, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(3), s. 159-177.
- Grand View Research, 2014. Bioplastics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Biodegradable, Non-biodegradable), By Application, By Region And Segment Forecasts, 2023 – 2030.
- Johnston, I., 2017. How plastic is damaging planet Earth, *Environment Correspondent*.
- Kapoor D.D., Yadav S., Gupta R.K., 2023. Comprehensive Study of Microbial Bioplastic: Present Status and Future Perspectives for Sustainable Development. *Environment, Development and Sustainability* <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03620-3>.
- Kozłowski, M., 2014. Lightweight Plastic Materials, Thermoplastic Elastomers, 291-319, IntechOpen, Croatia.
- Kumar, R., Sadeghi, K., Jang, J., Seo, J., 2023. Mechanical, Chemical and Bio-recycling of Biodegradable Plastics. *Science of the Total Environment* 882, 163446.
- Laird, K., 2019. Electrolux tests the bioplastics waters, *Plastic News*, 5 Şubat 2019. <https://www.plasticsnews.com/article/20190205/NEWS/190209952/electrolux-tests-the-bioplastics-waters>
- LG ESG Reports, 2021-2022. Responsible Business Sustainable Future, 28-29.
- Magg4 Dergisi, Girişimcilik Ekosistemi, 17. Temmuz 2018 <https://magg4.com/zeytin-cekirdeginden-plastige/>
- Moshood, T., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Hanafiah, M., Ghani, A., 2021. Expanding Policy for Biodegradable Plastic Products and Market Dynamics of Bio-Based Plastics: Challenges and Opportunities, *Sustainability*, 13(11), 6170.
- Moshood, T.D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M.H., AbdulGhani, A., 2022. Biodegradable Plastic Applications Towards Sustainability: A Recent Innovations in the Green Product. *Cleaner Engineering and Technology Volume 6*, 100404.
- Matthews, C., Moran, F., Jaiswal, A., 2021. A review on European Union's strategy for plastics in a circular economy and its impact on food safety, *Journal of Cleaner Production*, 283.
- Nanda, S., Patra, B., Patel, R., Bakos, J., Dalai A., 2021. Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 20, s.379–395.
- National Climate Assessment, Fourth National Climate Assessment, Volume I, U.S. Global Change Research Program, Kasım 2018.
- OECD 2018. Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences, OECD Publishing, Paris.
- Pathak, S., Sneha, C., Mathew, B., 2014. Bioplastics: Its Timeline Based Scenario & Challenges, *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, Vol. 2, No. 4, 84-90.
- Plastic Pollution: Algae for Plastic Biodegradation and Bioplastics Production. *Environmental Science and Ecotechnology*. 4, 100065.
- Pooja, N., Chakraborty, I., Rahman, M.H., Mazumder, N., 2023. An Insight on Sources

- and Biodegradation of Bioplastics. 3 Biotech 13:220.
- Sarasa, J., Gracia, J. M., Javierre, C., 2009. Study of the bio disintegration of a bioplastic material waste. Bioresource technology, 100 (15), 3764-3768.
- Serzhena, T., 2019. The Circular Economy of South Korea; A Case Study of Samsung, The Hungarian Agricultural Engineering, s.75-80.
- Sezer, A., 2022. Biyoplastik Malzeme ve Tasarım, İç Mimarlık Dünyası Dergisi, Mayıs 25, 2022.
- Spierling, S., Venkatachalam, V., Behnsen, H., Herrmann, C., Endres, H., 2018. Bioplastics and Circular Economy-Performance Indicators to Identify Optimal Pathways, Progress in Lifecycle Assessment, 1, 147-154.
- Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019. 11. Kalkınma Planı 2019-2023, s.79.
- Surendren, A., Mohanty, A.K., Liu, Q., and Misra, M., 2022. A review of biodegradable thermoplastic starches, their blends and composites: recent developments and opportunities for single-use plastic packaging alternatives Green Chemistry. 24,8606.
- United Nations Sustainable Development Summit, 2015. Sustainable Development Goals Agenda, 25-27 Eylül 2015.
- Vestel Ventures, 2023. Yeşil Enerji Sektöründe Gündem, Sayı 17, Şubat 2023.
- Witt, U., Einig, T., Yamamoto, M., Kleeberg, I., Deckwer, W., Müller, R., 2001. Biodegradation of aliphatic-aromatic copolyesters: evaluation of the final biodegradability and ecotoxicological impact of degradation intermediates, 44.2: 289-299.
- Yılmaz, K., 2023. İç Mekanda Geçicilik Kavramının Karbon Ayak İzine Etkilerini Biyomalzeme Kullanımı ile Azaltma. Modular Journal, 6 (1), 66-87. DOI: 10.59389/modular.1136468.
- URL-1, <https://www.european-bioplastics.org/>
- URL-2, <https://www.ekoyapidergisi.org/en-populer-9-biyomalzeme-turu-ve-tasarimda-kullanimi>
- URL-3, <https://www.dezeen.com/2013/11/09/arboskin-spiky-pavilion-with-facade-made-from-bioplastics-by-itke/#>
- URL-4, <https://www.electroluxgroup.com/en/electrolux-builds-the-worlds-first-bioplastic-concept-fridge-24487/#:~:text=Electrolux%20has%20developed%20a%20refrigerator,the%20conventional%20plastics%20used%20today.>
- URL-5, <https://www.european-bioplastics.org/electrolux-builds-the-worlds-first-bioplastic-concept-fridge/>
- URL-6, <https://www.campaigntr.com/musterilerimize-ilham-olmayi-amacliyoruz/>
- URL-7, <https://www.lofficiel.com.tr/be-well/bio-buzdolabi-ile-surdurulebilirlik>
- URL-8, <https://www.aa.com.tr/tr/yesilhat/cevrehikayeleri/zeytin-cekirdegini-cevre-dostu-plastige-donusturuyor/1815165>
- URL-9, <https://geridonusdergisi.com/roportaj/zeytinden-plastik-uretildi/>
- URL-10, <https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-joy-blog/zeytin-cekirdeginden-biyoplastige.html>