Teksmer
TEKNİK TEKSTİLLER
ARAŞTIRMA & UYGULAMA
MERKEZİ

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR HAMMADDE KULLANIMI VE ÖNE ÇIKAN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEKSTİL LİFLERİ

28.01.2022

İÇİNDEKİLER

Hazırlayanlar

1. **Giriş 4**
2. **Tekstilin Ana Hammaddesi: Liflere Genel Bakış..... 6**
3. **Sentetik Esaslı Liflerin Kullanımı ve Çevreye Etkisi 9**
4. **Tekstil Liflerinde Sürdürülebilirlik 12**
5. **Geri Dönüştürülebilir Lifler 14**
6. **Biyopolimerler ve Biyopolimer Esaslı Lifler (Sentetik) 19**
7. **Tekstilde Biyobozunur Lifler – PLA & PCL.....26**
8. **Tekstil ve Diğer Endüstriyel Alanlarda Kullanım Alanları 28**
9. **Biyobozunur Liflere Örnek Ticari Ürünler.....28**
10. **Sonuç.....36**
11. **Kaynaklar.....38**

Hazırlayanlar

Teksmer Eğitim Danışmanlık Araştırma ve Laboratuvar Hizmetleri A.Ş.

1. Giriş

Sanayileşme, nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, küreselleşme gibi dünya tarihindeki önemli kırılmalar sebebiyle kaynak kullanımına bağlı olarak artan atıklar çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Sınırlı kaynaklar giderek azalmakta, hammaddelere erişim zorlaşmakta, rekabet artmakta ve iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonuçları dikkat çekici bir şekilde görülmektedir. Giderek artan çevre kirliliği ve iklim krizi nedeniyle ülkeler çeşitli çözümler aramaya başlamıştır. Üretim sisteminde oluşan her atığın tekrar değerlendirilmesi, dolayısıyla hammadde maliyetinin minimize edilmesi, kaynak verimliliğinin ise en üst düzeyde tutulması, özetle; sürdürülebilir üretim modellerine geçilmesi gerekmektedir.

Tekstil sektörü, üretim ve işgücü açısından dünyadaki en büyük ve en önemli endüstrilerden bir tanesini oluşturmaktadır. Bütün sektörlerde önemli olan sürdürülebilirlik, tekstil sektörü için de oldukça önemlidir. İnsanın zaruri ihtiyaçlarından giysileri, aksesuarları ve ev tekstili, vb. ürünlerini üreten bu sektörde; hammadde ve yardımcı malzemenin doğal kaynaklı olması, lif üretiminde kullanılan pestisitlerin (kimyasal ilaç, böcek zehri) azaltılması ya da pestisit ihtiyacı en az olan, biyolojik olarak parçalanabilen, geri dönüştürülebilir liflerin tercih edilmesi, kimyasal madde kullanımının oldukça azaltılması, geri dönüşüm ürünlerinin üretimlere dahil edilmesi, ürün ömrünün daha uzun süreli olması ve üretim-tüketim aşamalarında geri dönüşümün sağlanabilmesi dünyamız ve ülkemiz için ekolojik ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir.

Tekstil sektörü dünyanın en eski ve en büyük sektörlerinden biridir. Ancak tekstil sektörü çevreye en fazla zarar veren sektörlerden biri olmuştur. Sürdürülebilirliği destekleyen sivil toplum kuruluşu Earth Pledge'nin verilerine göre; bugün hammaddeleri tekstil ürünlerine dönüştürmek için 8 binden fazla kimyasal madde kullanılırken, böcek ve tarım ilaçlarının yüzde 25'i organik olmayan pamuk üretimi için kullanılmaktadır. Dünyadaki toplam lif üretiminin 2025 yılana kadar yapılmış olan tahminlerinde, toplam lif üretiminin her yıl %3,7 artış sergileyeceği öngörülmektedir. 2014 yılında küresel lif piyasasındaki liflerin oransal dağılımı incelendiğinde, sentetik bir lif olan poliester ve doğal bir lif olan pamuğun oldukça yüksek konumda olduğu görülmektedir. Dünya lif üretiminin % 63'ü sentetik lifler olup, bunun %82'lik bölümünü poliester lifleri oluşturmaktadır.



Son yıllarda poliester kullanımı iki kat artmış ve pamuğun yerine geçmiştir. Yapılan araştırmalara göre, konvansiyonel üretim yöntemleri ile elde edilen doğal ve sentetik liflerin sürdürülebilirlik sıralamasında gerilerde kaldığı görülmektedir. Geri dönüştürülmüş veya organik üretim yöntemleri, yenilenebilir kaynakların kullanımı ile üretilmiş çevre dostu lifler, petrol esaslı liflere kıyasla üretimde daha az fosil yakıt tüketmektedir.

Sektörde giderek artan bu sorunun çözümü için, sürdürülebilir malzemelerin ve hammaddelerin kullanılması gerekmektedir. Bunun için konvansiyonel doğrusal hammadde akışı yerine döngüsel hammadde akış benimsenmeli ve geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir, çevre dostu liflerin kullanımı tercih edilmelidir.

Özetle; hammaddenin çevre dostu koşullarda üretilmesi, kimyasalların çevreye zarar vermeyecek ürünlerden seçilmesi, solunum, sindirim ve ter yoluyla insana zarar vermeyecek giysilerin üretilmesi, üretim atıklarının ve kulanım sonucu oluşan atık giysilerin geri dönüşüm süreçlerinin gerçekleştirilmesi gibi konular, tekstilde ekoloji, sürdürülebilirlik açısından önemlidir.

Teksmer olarak; bu raporun tekstil üreticileri için sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir hammadde kullanım konusunda temel bir kaynak olacağını ve bu alanda sürdürülebilirlik kavramının yaygınlaşmasına katkı sağlayacağını umut ederiz.



2. Tekstilin Ana Hammaddesi: Liflere Genel Bakış

Dünyada çeşitli amaçlar için kullanılan liflerin %61'i bitkisel, %5'i hayvansal, %34'ü kimyasal kökenlidir. Doğal lifler tekstil sektörünün en önemli ve temel hammaddeleridir, üç ana kaynaktan elde edilir ve o kaynağa göre adlandırılırlar:

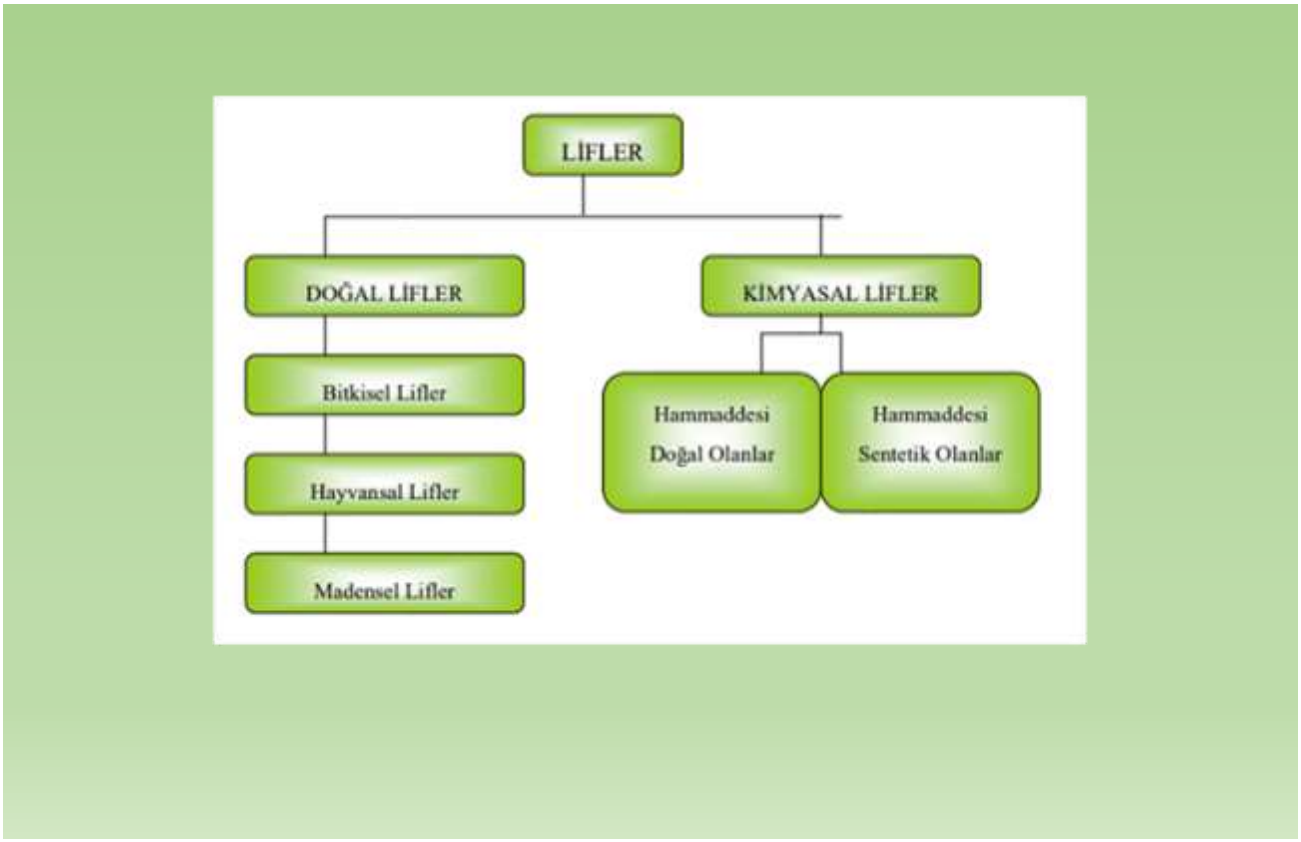
- Hayvansal Lifler
- Bitkisel Lifler
- Mineral Lifler

Bitkisel lifler selülozdan oluşmaktadır, pamuk, keten, kenevir, jüt, rami, bambu, sisal, hindistan cevizi liflerini kapsamaktadır. Bu liflerin suyu çok kolay emme özellikleri vardır. Kimyasallara karşı dirençleri kuvvetlidir, sadece güçlü asitlerle sıcakta muamele edilirse parçalanmaktadır. Bitkisel lifler içinde yer alan pamuk, lif üretiminin %54'ünü kapsadığı için endüstride önemli bir yere sahiptir. Doğal liflerin olumsuz özelliklerinden bir diğeri de pamuk lifinin üretiminde fazla su kullanılmasıdır.

Hayvansal lifler protein yapısındadırlar. Koyun yünü, kaşmir, tiftik, angora, alpaka, lama ve deve tüyü gibi kıl kökenli lifler yanında ipek gibi salgı kökenli lifler tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Madensel liflere örnek, doğal mineral lif amyanttır. Kanserojen madde içerdiğinden dolayı tekstilde kullanılmamakta; İzolasyon sistemlerinde, mimaride ve seramik sektöründe kullanılmaktadır.

Doğal liflerin insan sağlığı yönünden olumlu özelliklere sahip olması, yapay liflere oranla, bu liflere olan ihtiyacı arttırmaktadır.



Kimyasal lifler iki şekilde elde edilir. Bunlardan biri doğal maddelerden elde edilenler, diğeri ise kimyasal sentez yoluyla elde edilenlerdir.

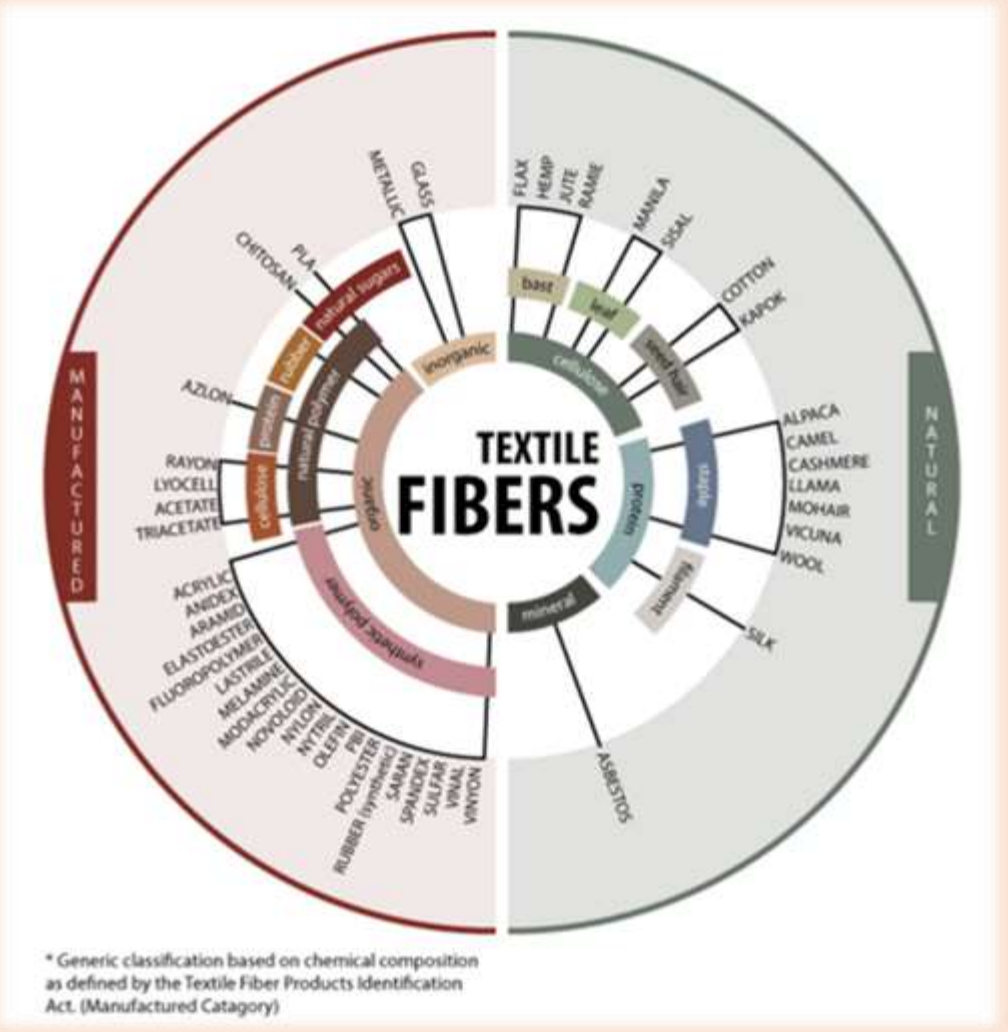
Doğal kaynaklardan birtakım fiziksel ve kimyasal yöntemlerle lif haline getirilebilen bileşime ''rejenere'' lifler denir. Viskoz/Modal lifleri, asetat lifleri selüloz esaslı kimyasal liflerdir. Kazein elyafları, zein elyafları, soya fasulyesi elyafları protein esaslı kimyasal liflerdir.

Kimyasal sentez yoluyla sentetik maddelerden elde edilen kimyasal liflerin hammaddesi petrol, taş kömürü ve kimyasal ilavelerdir. Kimyasal yollarla ayrıştırılan tanecikler, eritilir veya çözündürülür. Delikli aparatlardan (düzeden) presleyerek geçirilir. Soğutma odasında katılaştırılarak kesiksiz lif (filament) oluşturulur. Germe ve üç şekilde yapılan çekim yöntemi (yaş çekim, kuru çekim, erimiş halde çekim) uygulayarak lif bobinlere sarılır. Poliamid (PA) lifleri, Polietilen Tereftalat (PET) lifleri, Poliüretan (PU) lifleri, Polipropilen (PP) lifleri kimyasal liflere örnek olarak verilir.





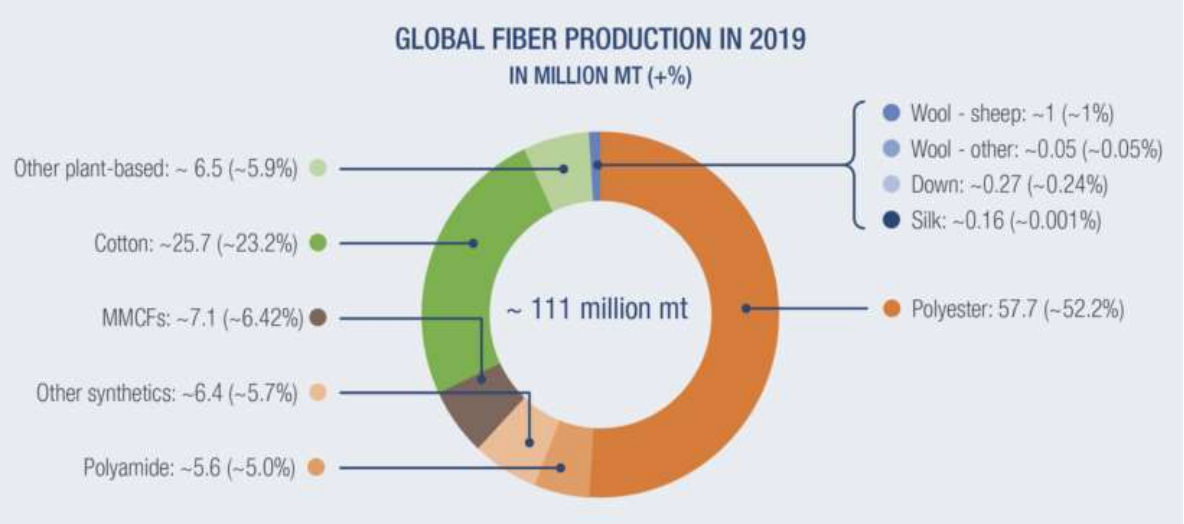
Tekstil ürünlerinin kullanımları sırasında da insan sağlığına olumsuz bir etkilerinin olmaması ve kullanım ömürleri bittiğinde çevreye zarar vermeden yok edilebilmeleri konusundaki talepler de artmaktadır.



* Generic classification based on chemical composition as defined by the Textile Fiber Products Identification Act. (Manufactured Catagory)

3. Sentetik Esaslı Liflerin Kullanımı ve Çevreye Etkisi

Tekstil tüketimi ve üretimi, dünya çapında milyonlarca üreticiyi ve milyarlarca tüketiciyi içeren küreselleşmiş bir sektördür. Dünya nüfusundaki artış, teknolojik gelişmeler ve yaşam standartlarında artan talepler, son yıllarda tekstil tüketiminde ve dolayısıyla tekstil üretiminde önemli bir artışa neden olmuştur. 2019 yılında dünyada toplam 111 milyon metrik ton lif üretimi gerçekleşmiş olup, 2030 yılında bu değerin 146 milyon metrik tona çıkacağı öngörülmektedir (*2020 Preferred Fiber and Materials Market Report*). Küresel lif piyasasındaki liflerin oransal dağılımı **Şekil 1**'de verilmektedir.



Şekil 1. Küresel Lif Piyasası (*2020 Preferred Fiber and Materials Market Report*)

Dünya pazarına bakıldığında sentetik bir lif olan polyester ve doğal bir lif olan pamuğun baskın konumda olduğu görülmektedir. Dünya lif üretiminin %60'tan fazlasının sentetik lifler olup, bunun %52.2'lik bölümünü polyester lifleri oluşturmaktadır. Polyester, her yıl 70 milyon varilden fazla petrol gerektiren karbon yoğun işlemlerden üretilen en yaygın kullanılan liftir. Pamuk ikinci en önemli lif olup, tüm lifler içerisinde %23.2'lik bir orana sahiptir. Polyestere olan talep son yıllarda artmış ve uzun yıllardır en fazla kullanılan lif olma özelliği taşıyan pamuğun yerini almıştır.



Sentetik lifler için başlıca hammadde kaynağı petroldür. Ancak her lifin kendine ait çevresel bir yükü bulunmaktadır. Hangi lif türünün daha çevre dostu olduğunu söylemek çok zordur. Pamuk gibi yenilenebilir doğal liflerin üretiminde de yenilenebilir olmayan kaynaklara dayanan enerji ve kimyasallara ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı lifler üretim aşamasında, bazıları ise tekstil üretim prosesleri sırasında yüksek miktarda doğal kaynak tüketimine neden olmaktadır. Bazı lifler yenilebilir kaynaklardan elde edilmesine karşın, geri kazanılmaları mümkün olmamaktadır, bazı lifler ise yenilenemeyen kaynaklardan üretilmelerine karşın kolaylıkla yüksek kaliteli ürünlere geri dönüştürülebilmektedir.

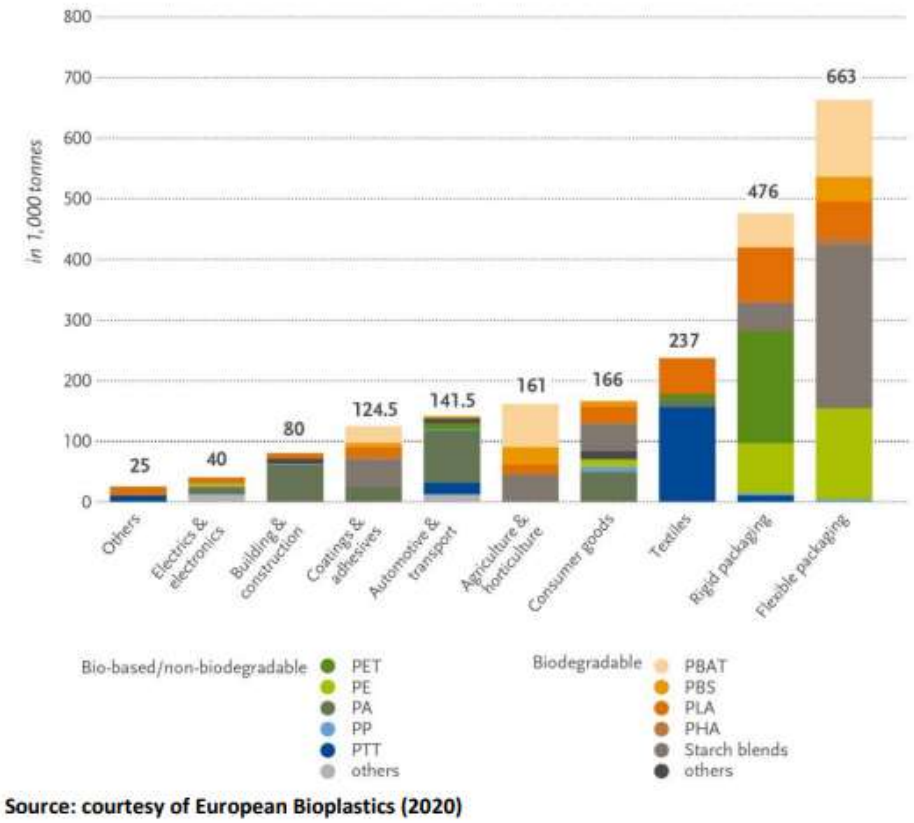
MADE-BY tarafından yapılan "*Environmental Benchmark for Fibres*" tanımlı çalışmada; hammadde olarak tekstilde en çok kullanılan doğal ve sentetik liflerin hammadde halinden eğrilmeye hazır hale gelinceye kadarki süreçleri incelenerek, liflerin çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Sera gazı, insan toksisitesi, ekotoksisite, enerji ve su girdisi, arazi kullanımı parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Çevreye olumsuz etkisi en az olan liflerden (A-Sınıfı) çevreye olumsuz etkisi en fazla olan liflere (E-Sınıfı) kadar 5 ayrı grupta sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan çalışmada "sınıflandırılamamış" olarak ifade edilen lifler ise yeterli veri sağlanamaması dolayısıyla karşılaştırmaya dahil edilmeyen lifleri içermektedir. Elde edilen sonuçlara göre; konvansiyonel üretim yöntemleri ile elde edilen gerek doğal, gerekse sentetik liflerin sürdürülebilirlik sıralamasında oldukça gerilerde kaldığı, geri dönüştürülmüş veya organik üretim yöntemleri ile üretilmiş liflerin ise en çevre dostu lifler olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Tekstil liflerinin çevresel etkileri açısından sınıflandırması (MADE-BY, *Environmental Benchmark for Fibres*)

Termoplastik polimer esaslı sentetik lifler; işleme kolaylıkları, uygun fiyatları, istenilen özelliklere göre modifiye edilebilmeleri nedeniyle, tekstilde geniş kullanım alanına sahiptirler. Çevre kirliliği, toksik madde birikimine neden olma gibi dezavantajlarına rağmen; elastikiyet, kolay şekil alma, fiziksel ve mekanik özelliklerinin katkı ve dolgu maddeleriyle iyileştirilebilmesi, istenilen özelliklerin geliştirilmesindeki sınırsızlık, hijyen ve nem almama, iletkenlik, yalıtkanlık ve ucuzluk gibi nedenlerden dolayı tercih edilen tekstil hammaddeleri olmuşlardır. Ancak, sentetik liflerin tükenir petrol türevi kaynaklardan elde edilmesi ve doğal ortamda bertarafının zor olması önemli sorunlar oluşturmaktadır.

Görüldüğü gibi, tekstil üretim prosesleri büyük miktarda doğal kaynak (su, petrol, toprak) tüketimine sebep olmakta, toksik kimyasallar kullanmakta ve karbon dioksit açığa çıkarmaktadır. Sektörde giderek artan bu sorunun çözümü için, sürdürülebilir malzemelerin ve üretim yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bunun için konvansiyonel doğrusal malzeme akışı yerine döngüsel malzeme akış benimsenmeli ve geri dönüştürülmüş liflerin kullanımı tercih edilmelidir. Artık tekstil sektöründe, sürdürülebilir hammaddelerin ve üretim yöntemlerinin kullanılması önem taşımaktadır. Bu nedenle biyopolimer esaslı liflerin üretimi son yıllarda önem kazanmış ve petrol kökenli polimer esaslı liflerin yerine biyopolimer esaslı lif üretimine yönelik çalışmalar artmıştır. Biyopolimerlerin çoğu yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir.



Source: courtesy of European Bioplastics (2020)

Şekil 3. Sektörlere göre küresel biyoplastik tüketimi, 2019

4. Tekstil Liflerinde Sürdürülebilirlik

İnsanın zaruri ihtiyaçlarından giysileri, aksesuarları ve ev tekstili ürünlerini üreten bu sektörde; hammadde ve yardımcı malzemenin doğal kaynaklı olması, lif üretiminde kullanılan pestisitlerin (kimyasal ilaç, böcek zehri) azaltılması yada pestisit ihtiyacı en az olan liflerin tercih edilmesi, kimyasal madde kullanımının oldukça azaltılması, geri dönüşüm ürünlerinin üretimlere dahil edilmesi, ürün ömrünün daha uzun süreli olması ve üretim-tüketim aşamalarında geri dönüşümün sağlanabilmesi, hatta hiçbir atık oluşumuna sebebiyet vermeyen bir üretim sistemi kurulması; dünyamız için ekolojik ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir.

Mevcut ve sürdürülebilir olmayan üretim ve tüketim sistemi ile son birkaç on yıllık zaman zarfında dünyadaki tüketim oranı sekiz kat artmıştır. Tüketim oranındaki artışa bağlı olarak 2050 yılına kadar kaynak kullanımının da küresel boyutta üç kat artması beklenmektedir.

Sürdürülebilir bir dünya için küresel çapta çabaların tüm paydaşlar tarafından her düzeyde artırılması ihtiyacı, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin yarattığı sosyal ve ekonomik krizin yansımaları ile daha da pekişmiştir. COVID-19 krizi sonrası toparlanma döneminde, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir küresel ekonominin inşası uluslararası toplumun öncelikli gündemi haline gelmiştir. Artan sayıda uluslararası firma ve yatırımcının da yeşil dönüşüm yol haritalarını belirleyerek, düşük karbonlu, yeşil ekonomiye geçişe ivme kazandırmayı hedefledikleri görülmektedir.

Tekstil sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için kullanılan hammaddenin çevre dostu koşullarda üretilmesi, kimyasalların çevreye zarar vermeyecek ürünlerden seçilmesi, solunum, sindirim ve ter yoluyla insana zarar vermeyecek giysilerin üretilmesi, üretim atıklarının geri dönüşüm süreçlerinin gerçekleştirilmesi gibi konular, tekstilde ekoloji, sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Tekstilde ekoloji yaklaşımına göre; üretimler ekolojik etik çerçevesinde yapılmalı, ürünler insan sağlığı açısından zararlı olmamalı ve ömrünü tamamlayıp atık haline gelen ürünler sürdürülebilirlik felsefesine uygun olarak değerlendirilmelidir. Tekstil sektöründe sürdürülebilirliği, ekolojiyi tehdit eden en önemli sorunların başında “atık” meselesi gelmektedir.





Sürdürülebilir moda Black'e göre; dayanım ve klasik tasarım yoluyla ürün ömrünü artırmak, suni ve sentetik lif kullanımını tamamen bırakmak ya da çok düşük seviyelere çekmek, geri dönüşümlü ve doğada çözünebilir materyaller kullanmak, yeni tasarım ve üretim süreçleri ortaya koymak daha az ama daha akıllı giysiler tasarlamak, sürdürülebilir tarımı teşvik etmek ve moda endüstrisinin etiklerine hitap etmek gibi konuları kapsamaktadır.

Hem üretim esnasında hem de tüketim sonrasında oluşan atıkların çevre üzerinde oluşturmuş olduğu yükü azaltmak için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Tekstil atıklarının değerlendirilmesinde farklı sınıflandırma ve yöntemler mevcuttur. Üretim esnasında oluşan atıklar tekrar üretime dâhil edilir veya geri dönüşüm işletmelerine satılarak değerlendirilir. Tüketici sonrası oluşan atıklar ise "giyilebilir veya giyilemez" olmasına göre değerlendirilir. Giyilebilir halde olanlar ihtiyaç sahiplerine ulaştırılarak tekrar kullanımı sağlanır. Giyilemez durumdakiler ise; otomobil, dolgu malzemesi, tavan izolasyonu malzemesi, ses izolasyonu, panel kaplaması veya mobilya dolgu malzemeleri olarak kullanılır. Yünlü giysiler iplik veya kumaş üretimi için lif işleme firmalarına satılırken, pamuk ve ipekliler ise kâğıt üretimi veya temizlik bezi yapımında kullanılmaktadır.



5. Geri Dönüştürülebilir Lifler

Dünyada nüfus artışı ile birlikte tüketim ve buna bağlı olarak çevre sorunları gittikçe artmaktadır. Bu çerçevede, birçok ürün ve malzeme türünün çevresel zararları ve özellikle geri dönüşümü üzerine çalışılmaktadır.

Günümüzde küresel ölçekte tekstil ve hazır giyim üretimi yıllık 80 milyon tonun üzerinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu endüstrinin çevresel performansının iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Doğal kaynakların tükenmesi ve atık imha maliyetlerinin yükselmesi sebepleriyle, tekstilde geri dönüşüm tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır.

Tekstil ürünlerinin üretim süreçleri; üretim süreçlerinin her birinde kullanılan hammadde, ara mamul veya kullanılan kimyasal madde, enerji kaynağı çeşidi, makine parkı gibi girdiler nedeniyle, birbirinden farklıdır. Sentetik lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü ile doğal lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü veya üzeri renkli baskılı bir tekstil ürünü ile üzerinde nakış bulunan bir dokuma kumaşın üretim süreçleri birbirinden çok farklıdır. Sentetik lifler doğada parçalanmamaktadır, doğal lifler ise doğada parçalanmakta ancak küresel ısınmaya sebep olan metan gazı açığa çıkarmaktadır. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri aynı olmadığından tekstil ürünlerinde geri dönüşüm oldukça zordur.

Tekstil atıklarının geri dönüşümü, daha çok termoplastik polimer esaslı liflerde gerçekleştirilmektedir. Bunun sebebi bu liflerin işlenmesinin ve geri dönüşüm sonrası farklı formlarda elde edilmesinin kolay olmasıdır. Geri dönüştürülmüş liflerin üretimi, diğer liflere göre çevreye daha az zarar vermekte ve doğal kaynak tüketimini azaltmaktadır.

Geri dönüşüm ile sentetik lifli tekstil atıklarından iplik elde edilmesi, mekanik veya kimyasal geri dönüşüm yöntemleri ile sağlanır. Örnek olarak; PET şişe gibi polyester esaslı atıklar granüle edilerek poliester cipsleri haline getirilir. Bu cipsler eritilerek yeni filament lifler çekilir ve yeni poliester kumaşlar üretilir.



Polyesterin geri dönüştürülmesinde diğer bir yöntem ise kimyasal işlemdir. Bu yöntemde mekanik yönteme göre çok daha yüksek kalitede, işlenmemiş liflerle kıyaslanabilir nitelikte lifler elde edilmektedir. Kimyasal geri dönüşüm ile polimerler oligomerlerine veya monomerlerine indirgenmektedir. Böylelikle geri dönüşüm ürünleri yeniden polimer veya lif elde edilecek şekilde polimerizasyona tabi tutularak farklı uygulamalarda kullanılabilmektedir ancak bu işlem yüksek sıcaklık, basınç ve uzun işlem süreleri gerektirmektedir. Polietilen tereftalatın depolimerizasyonu; hidroliz, metanoliz ve glikoliz olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Hidroliz aşamasında polietilen tereftalat tereftalik asite (TPA) ve etilen glikole (EG) depolimerize edilmektedir. Bu proses sonucunda yeniden PET elde edilebilen bis (hidroksietil) tereftalat üretilmektedir.

Tekstillerin geri dönüştürülmesi günümüzde endüstriyel anlamda yaygın bir uygulama değildir. Tekstil liflerinin geri dönüşümü üzerine faaliyet gösteren firma sayısı, teknolojinin kısıtlı olması ve ekonomik açıdan fayda sağlanamaması dolayısıyla çok azdır. Piyasada düşük fiyatlarda işlenmemiş liflerin bulunması ve geri dönüşüm endüstrisindeki teknolojik inovasyonun yetersizliği nedeniyle, günümüzde geri dönüşüm tekniklerine ilişkin uygulamalar kısıtlı kalmıştır. Tekstil atıklarının geri dönüşümüne ilişkin yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Yeni nesil teknolojilerden biri de yaş çekim yöntemlerinden biri olan bikomponent lif çekim yöntemidir. Bikomponent lif çekim yöntemi, iki farklı polimerin aynı düze deliğinden çekilmesi esasına dayanır. İki farklı polimerin kullanımına olanak sağlaması, nano veya mikron boyutta katkı maddelerinin istenilen oranlarda lif çekim aşamasında polimerlere eklenmesi, farklı kesitlerde lifler elde edilmesi bu yöntemin en önemli avantajlarıdır. İki farklı polimer kullanım avantajı sunması sayesinde en az bir geri dönüşüm polimeri lif yapısında kullanılabilmektedir. Böylece hem geri dönüşüm özellikli hem de fonksiyonel özelliklere sahip lifler geliştirilmektedir. En çok kullanılan polimerler; Polietilen Tereftalat (PET), Poliamid (Naylon 6, Naylon 6,6, Naylon 11, Naylon 12, PA), Polipropilen (PP), Poliester türevleri, Co-Poliesterler, Polilaktik Asit (PLA), Polihidroksialkanotlar, Polietilen (PE), Poliüretan (PU), Polistiren, ve geri dönüştürülmüş polimerlerdir. Giyim, teknik tekstil gibi kullanım alanlarına göre; iç-içe *(core/sheath)*, yan-yana (*side-by-side)*, denizde adacık *(Islands-in-the-sea)*, dilimli pasta *(segmented pie)* gibi kesitlerde elde edilebilen bikomponent lifler bileşimlerine bağlı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı, hava geçirgen, güç tutuşur, yüksek mukavemet veya anti-bakteriyel özellik gibi aynı anda birden fazla özelliğe sahip olmaktadır.



2015 yılında; Ege Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği, Ege Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği ve Dokuz Eylül Üniversitesi'nin ortaklığında, İzmir Kalkınma Ajansı'nın güdümlü projesi olarak hayata geçirilen Teksmer Teknik Tekstiller Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Laboratuvar tipte bikomponent lif çekim sisteminde geri dönüştürülmüş polimerlerden yeni lifler geliştirilmektedir.



TEKSMER aynı zamanda, Dokuz Eylül Üniversitesi bünyesinde bulunan sanayi, kamu kuruluşları, üniversiteler ve diğer araştırma altyapılarının aynı ortamda Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yürüttükleri, aralarında bilgi ve teknoloji transferi gerçekleştirdikleri, akademik, ekonomik ve sosyal yapının bütünleştiği bir ekosistem olan DEPARK-Teknoloji Geliştirme Bölgesi'nde bir Teknopark Firması olarak da projeler yürütmektedir. TEKSMER'in ana hedefi, tekstil sektörünün teknik tekstiller alanında rekabet gücünü arttırmak, sanayinin ihtiyaç ve beklentilerine cevap verecek nitelikte üniversite-sanayi iş birliği ile araştırma projelerinin geliştirilmesini sağlamak, tekstilde döngüsel ekonomiyi destekleyecek faaliyetlerde bulunmak, bunun için gerekli olan laboratuvar alt yapısı ve nitelikli insan kaynağını oluşturarak bilgi ve know-how üretmektir. Merkezin en önemli özelliği, ülkemizde tek olan laboratuvar tipi Bikomponent lif çekim sistemine sahip olmasıdır. Ar-Ge ve Ürün Geliştirme faaliyetleri kapsamında ***Bikomponent lif üretimi ile teknik özelliklere sahip fonksiyonel lif geliştirme çalışmaları yaparak tekstilin ana hammaddesi lif üzerine Ar-Ge çalışmaları yürüterek sektördeki katma değeri arttıracak ticarileşebilir teknik tekstil ürünlerini geliştirmek*** *ve ulusal ve uluslararası kaynaklardan faydalanarak Ar-Ge projeleri yürütmektedir.*

Tekstilde döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik kapsamında geri dönüştürülebilir polimer ve atıklardan katma değeri yüksek lifler geliştirdiği projeler yürütmekte (Termoplastik Masterbatch Atıklarının Kullanılması ile Yüksek Katma Değerli Bikomponent Liflerin Geliştirilmesi Projesi, Fon Sağlayıcı Kurum: The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD)- Circular Vouchers Program), biyopolimer esaslı hammaddelerden farklı fonksiyonel özelliklere sahip lifler üzerine çalışmalar yapmaktadır (Atopik Dermatit (Egzama) Kaynaklı Hassas Ciltlerin Tıbbi Tedavisine Destek Sağlayacak PLA Lif Esaslı Sağlık Tekstillerinin Geliştirilmesi, Fon Sağlayıcı Kurum: TÜBİTAK – Ardeb 1005 Projesi).

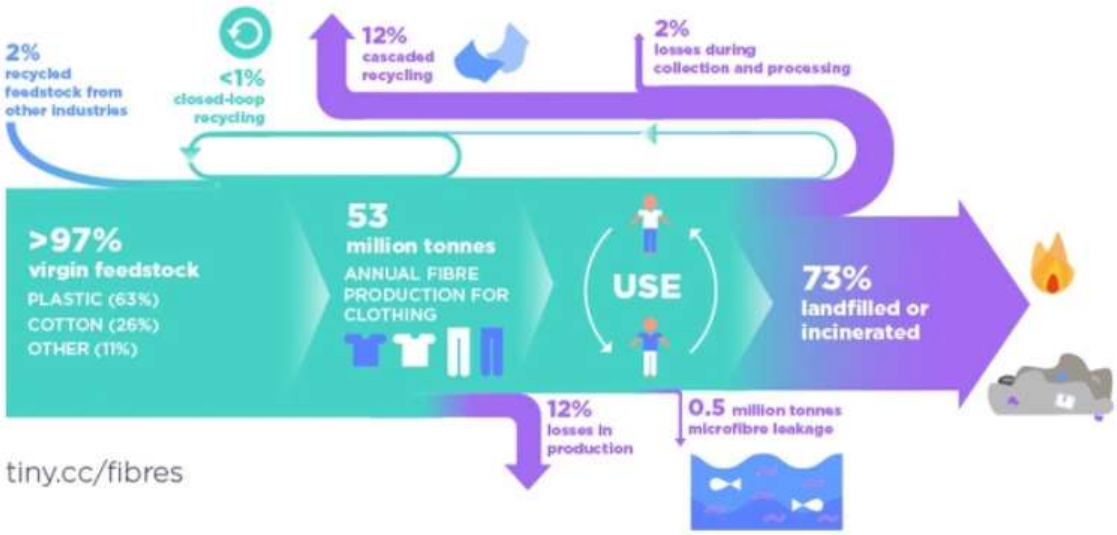


Şekil 4. Teksmer - Termoplastik Masterbatch Atıklarının Kullanılması ile Yüksek Katma Değerli Bikomponent Liflerin Geliştirilmesi Projesi

Ürünlerde kullanılan hammaddelerin çevresel etkilerine bağlı olarak farklı alternatiflerinin geliştirilmesi, Ar-Ge çalışmalarının yapılması, atık oluşumunun azaltılması ve yeniden kullanıma uygun hammaddelerin tercih edilmesi sağlanmalıdır.

Döngüsel ekonominin en önemli araçlarından birisi malzemelerin tekrar tekrar üretime sokulabilmesidir. Geri dönüştürülmüş hammaddelerin kullanımı sıfır kaynak hedefleri için doğru bir yöntemdir.

Türkiye'de tekstil sanayisi gelişmiş olan bölgelerdeki tekstil atıklarının toplam atıklara oranı incelendiğinde, Uşak'ta %2, Adana'da %2, Gaziantep'te %3, İstanbul'da %3,4, Bursa'da %4,7 ve Kayseri'de %3,1 oranında olduğu ve toplamda 244404 ton/yıl tekstil atığı oluştuğu ortaya çıkmaktadır (Altun, 2012: 18). Türkiye'de TOBB kapasite verilerine göre yılda 500 bin ton civarında üretim atığı meydana gelmektedir. Yaklaşık 500 bin tonda evsel atık oluşmakta ve yıllık 1 milyon ton civarında tekstil atığı ortaya çıkmaktadır (Altun,2012: 20). Bu atıkların geri dönüşümünün sağlanabilmesi gerekmektedir. Geri dönüşüm temel olarak bir malzemenin yeni bir üründe tekrar kullanılabilmesi için parçalanması, tasnif edilmesi ve değerlendirilmesi gibi anlamlara gelmektedir (Payne, 2015).



Şekil 5. Tekstil sektörü malzeme akışı

Doğanın yükünü azaltmak için üretim ve tüketim sonrası oluşan tekstil atıklarının da geri dönüşümlerinin yapılması önemlidir.

Üretim sırasında oluşan atıkların değerlendirilmesi genellikle atık malzemenin üretim hattına tekrar dâhil edilmesi veya geri dönüşüm işletmelerine satılması ile gerçekleştirilir. Ekolojik eğilimlerin artması ile ortaya çıkmış istisnalardan olan atık ürünlerin tasarımlarda kullanılarak kazanımının sağlanması da alternatifler arasındadır.

6. Biyopolimerler ve Biyopolimer Esaslı Lifler

Petrol kaynakları gibi tükenir kaynaklardan elde edilmeleri, polimer sektöründe süreklilik ve çevre uyumu açısından yeni arayışlara yol açmıştır. Yüksek sera gazı etkisi yaratan, hem de doğal kaynakları tüketen petrol türevi polimerlerin aksine, sürdürebilir (sustainable) polimerler olan, "Yeşil Polimerler" olarak da ifade edilen biyopolimerler, son zamanlarda tekstil sektörü tarafından ilgi odağı olmuş ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır.

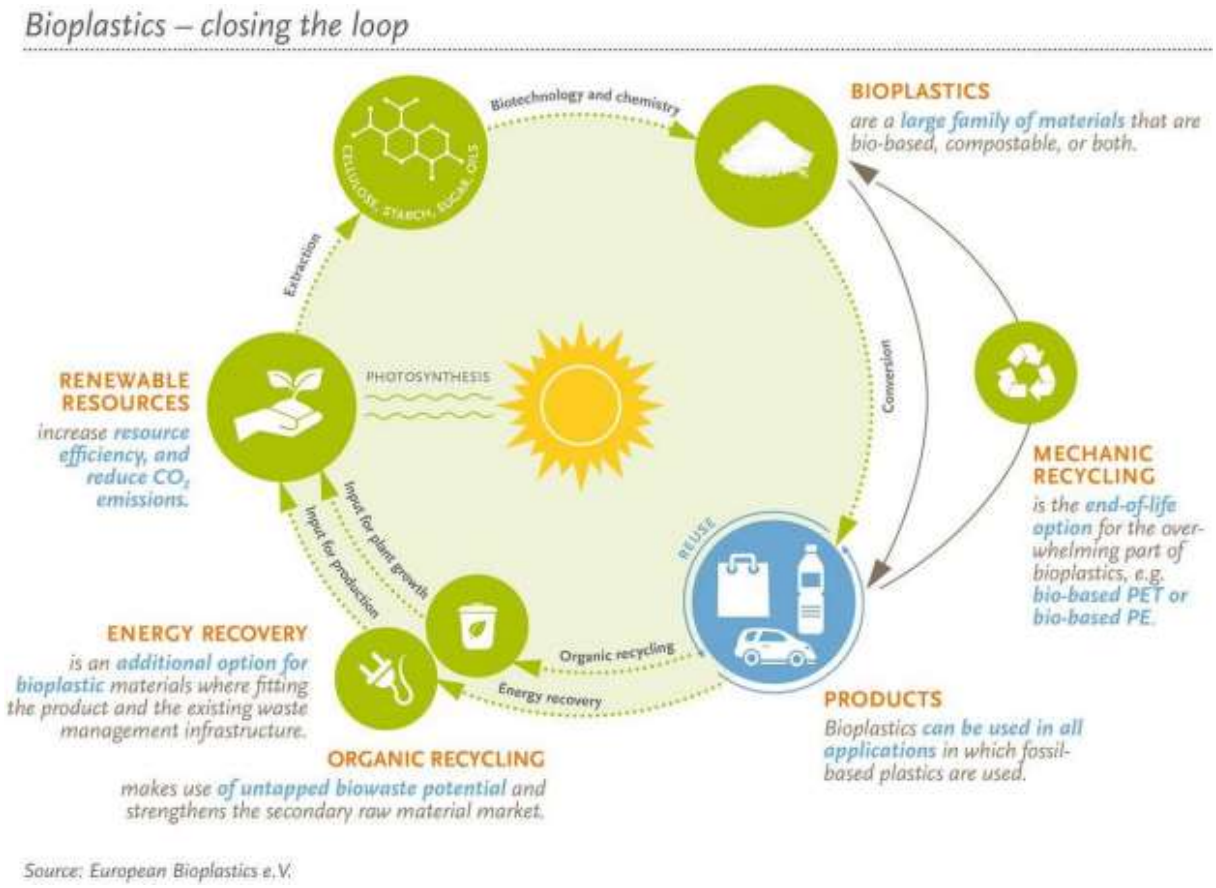
Biyopolimerler; "Doğal ortamda, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen enzimatik reaksiyon ile karbondioksit ve su gibi basit moleküllere ayrıştırılabilen biyobozunur polimerler" olarak tanımlanmaktadır.

Biyopolimerler 4 ana başlıkta incelenmektedir:

- Biyokütle ve Tarımsal Kaynaklardan Elde Edilen Polimerler
- Mikroorganizmalar ve Genetiği Değiştirilmiş Bakterilerden Elde Edilen Polimerler
- Biyokaynaklı Monomerlerin Kimyasal Polimerizasyonu ile Elde Edilen Polimerler
- Petrol Kaynaklı Ürünlerden Elde Edilen Alifatik ve Aromatik Polimerler

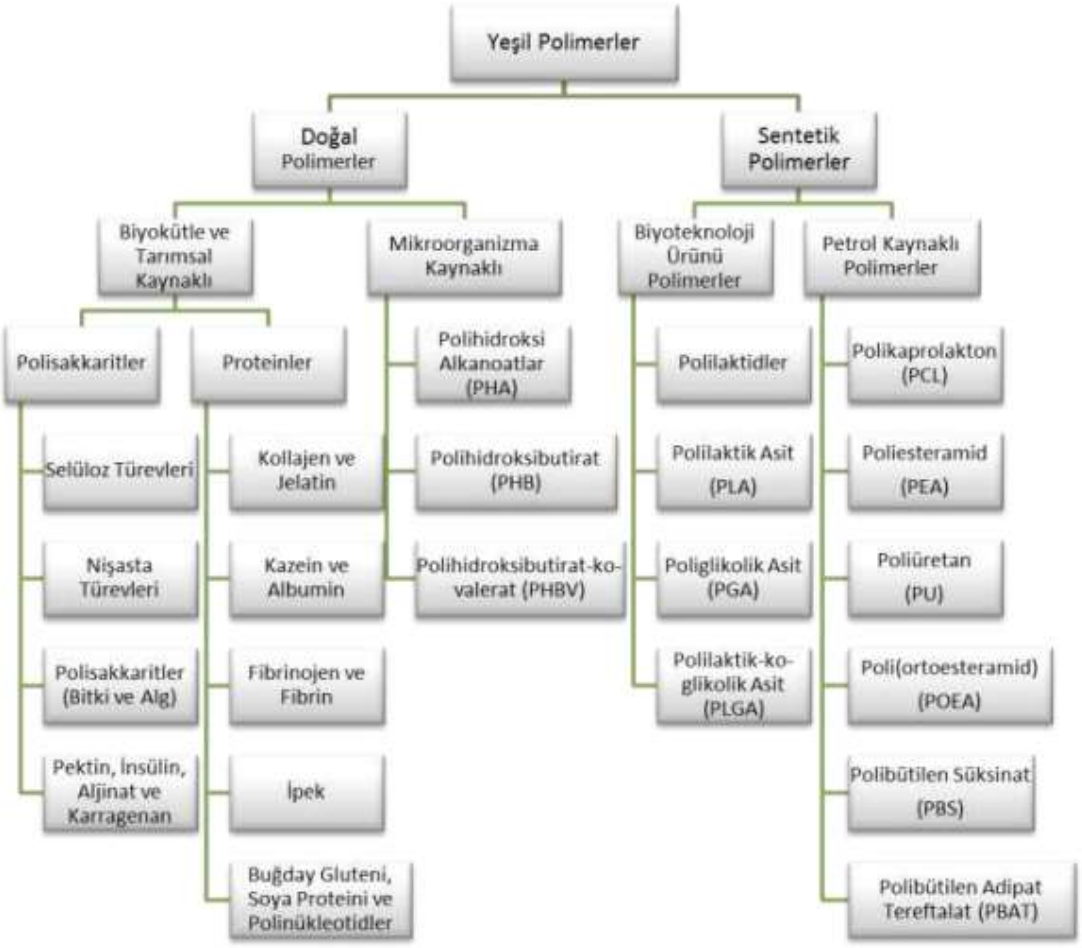


Biyopolimerler -biyo-bazlı, biyolojik olarak parçalanabilen veya her iki özelliği de taşıyan polimerler olarak ifade edilmektedir. Geleneksel polimerlerle aynı veya benzer özelliklere sahip olup azaltılmış karbon ayak izi, daha iyi işlevsellikler veya organik geri dönüşüm gibi ek atık yönetimi seçenekleri gibi faydalar sunar. Biyopolimerler, sınırlı fosil kaynaklara bağımlılığı azaltmak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için geleneksel polimerlere göre benzersiz avantajlara sahiptir. Biyopolimer üretimi, yıllık olarak üretilen yaklaşık 335 milyon ton polimerin %1'inin altındadır. Talepler arttıkça ve daha sofistike malzemeler, uygulamalar ortaya çıktıkça pazar dinamik olarak büyümektedir.



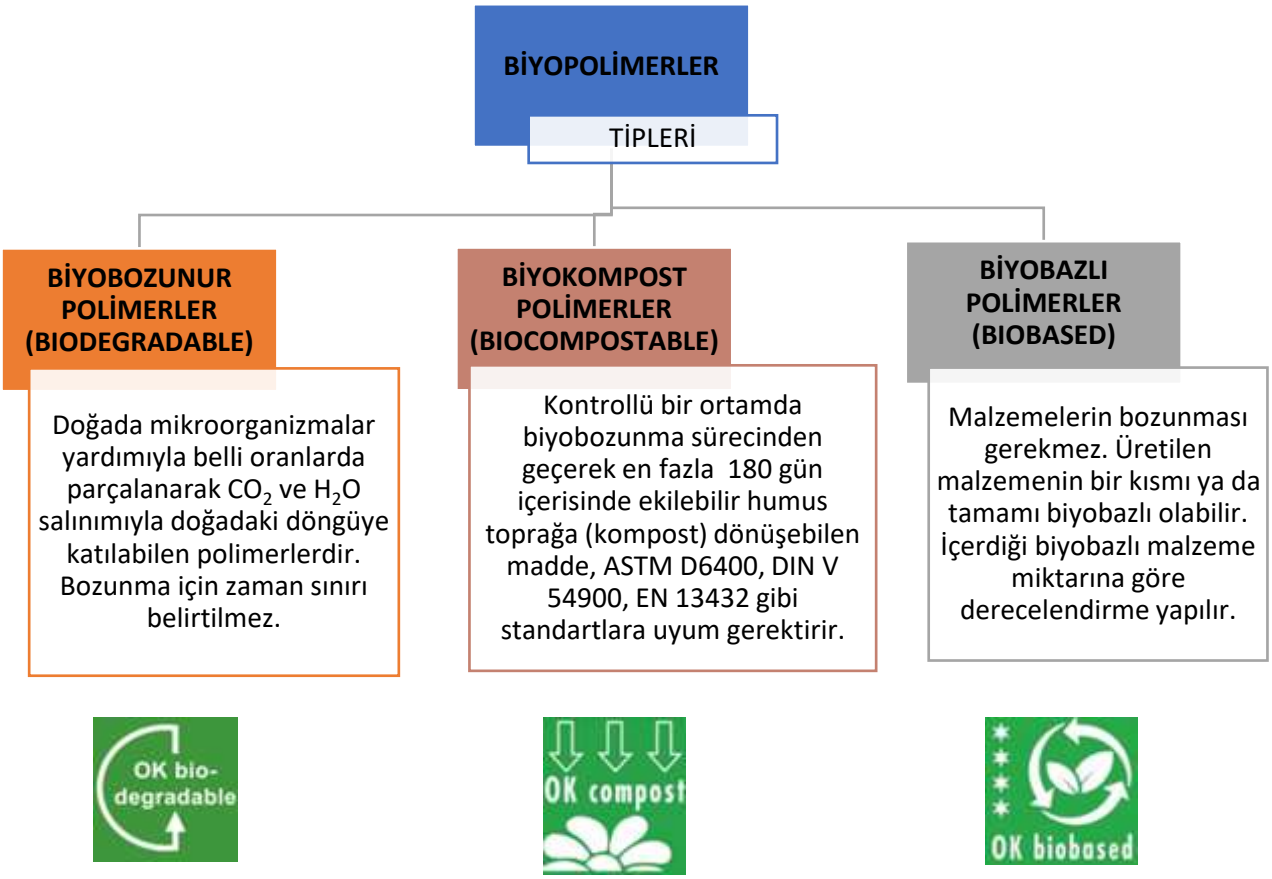
Şekil 6. Biyoplastiklerde döngüsel akış

Biyopolimerlerin pek çok çeşidi biyobozunur özelliğe sahiptir. Yüzlerce hatta binlerce yıl bozulmadan doğayı kirletmeye devam eden ve zehirli maddeler içerebilen petrol bazlı polimerlerin aksine, biyoplastik polimerler kullanım ömürlerini tamamladıktan sonra doğaya karışarak çevre kirliliğini önler. Biyopolimerler zararlı petrol türevi polimerlerin içerdiği zararlı kimyasalları içermediğinden çevre ve insan sağlığı açısından daha güvenlidir. En önemli noktalardan biri büyük çoğunluğunun geri dönüştürülebilir (recyclable) olmasıdır.



Şekil 7. Biyopolimerlerin (yeşil polimerlerin) sınıflandırılması

Biyopolimerler; biyobozunur polimerler, biyokompost polimerler ve biyobazlı polimerler olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.



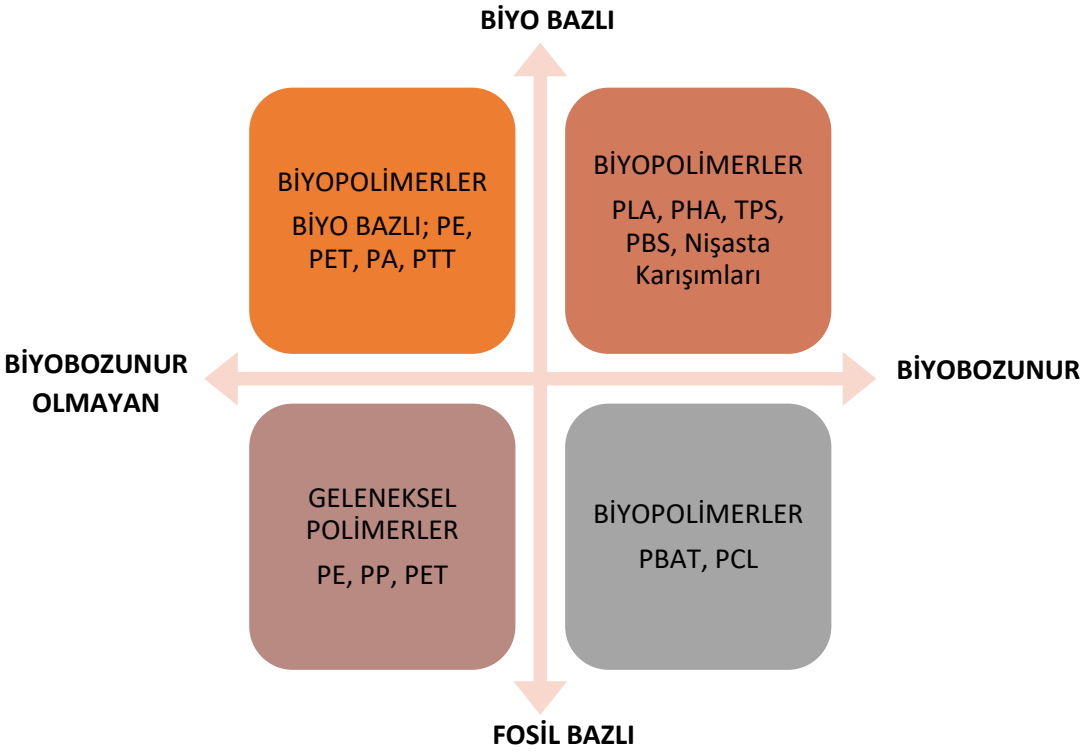
Şekil 8. Biyopolimer tipleri

Biyopolimer Kullanımının Sürdürülebilirliğe Katkısı;

- Karbon ayak izini azaltır.
- Sınırlı fosil kaynaklara bağımlılığı azaltır.
- Polimerlerdeki fosil içeriğini bitki bazlı içerikle değiştirerek sera gazı emisyonlarını azaltır.
- Enerji kaynaklarının verimliliğini arttırır.
- İnovatif malzemelerle daha iyi performans sağlar. Bazı biyobazlı ya da kısmen biyobazlı olan polimerler, geleneksel polimerlerle aynı fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir.

Biyopolimerler monomer ya da polimer yapıda kullanılabilmektedirler. Polihidroksialkanoat (PHA), Polilaktikasit (PLA) ve Polikaprolakton (PCL) yaygın olarak kullanılan biyopolimer örneklerindendir.

HAMMADDELERİNE GÖRE BİYOPOLİMERLER:



Biyopolimerlerin biyobozunurluğu, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal yapıdan yüksek oranda etkilenmekte ve konuldukları çevre koşulları da biyobozunurluk üzerinde önemli rol oynamaktadır. Atmosferik şartlar, çevre, ortamın pH'ı ve nemi, oksijen oranı, şeker oranı ve sıcaklık biyobozunurluğu etkilemektedir.

Sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmeleri biyobozunur malzemelerin en önemli özelliğidir. Bu nedenle gelecekte geri dönüşüm, petrol kaynaklarının tükenmesi gibi nedenlere bağlı olarak sentetik polimerlere oranla daha fazla uygulama alanı bulacaktır.

Gıda ambalaj ve medikal sektörü başta olmak üzere, polimer malzemelerin kullanıldığı tüm sektörlerde biyopolimerler sunduğu çevreci özellikler nedeniyle alternatif malzemeler olarak öne çıkmaktadır.

Her biyo-esaslı polimer biyobozunur polimer değildir. Örneğin, biyo-esaslı polietilen veya poliamid 11 biyo-kaynaklı olmasına rağmen biyobozunur polimerler sınıfına girmezler. Ayrıca, her

biyobozunur polimer de biyo-kaynaklı değildir. Örneğin, poli(ε-kaprolakton) veya poli(glikolik asit) biyobozunur polimerler sınıfına dâhil olmalarına rağmen biyo-kaynaklı değildirler.

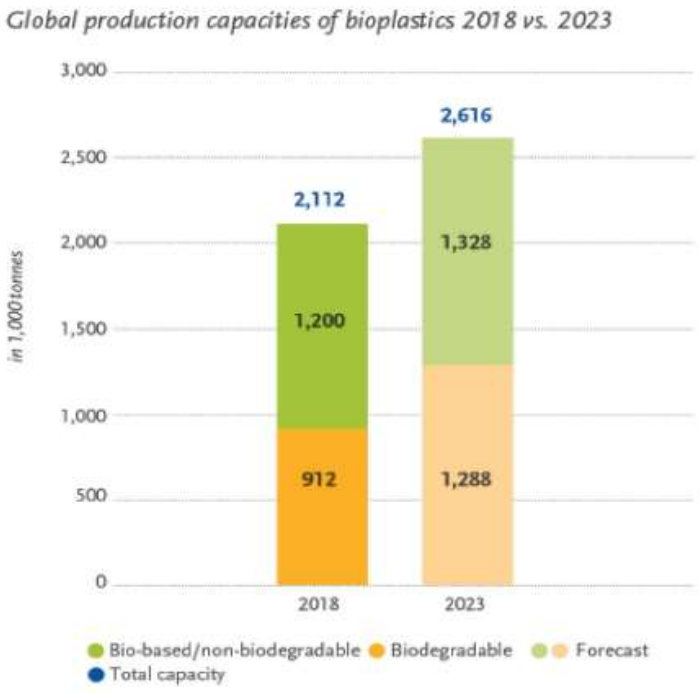
Biyokaynaklı monomerlerin kimyasal polimerizasyonu ile elde edilen polyesterler (Polilaktidler, polilaktik asit/PLA, poliglikolik asit/PGA, polilaktik-koglikolik asit/PLGA)

Petrol kaynaklı ürünlerden elde edilen alifatik ve aromatik polimerler (Polikaprolakton/PCL, poliesteramid/PEA, poliüretan/PU, poli(ortoesteramid)/ POEA, polibütilen süksinat/PBS, polibütülen adipat tereftalat/PBAT)

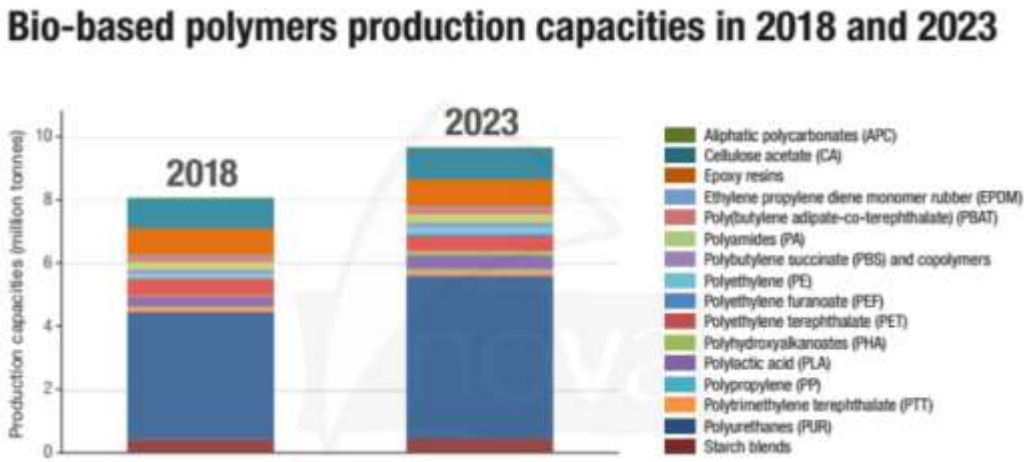
Biyobozunur polimerlerin geleneksel polimerlere göre avantajları aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

1. Polimerlere oranla, biyobozunur polimerlerin üretiminde daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.
2. Polimerlere göre doğada daha kolay bir şekilde biyobozunmaya uğramaktadır.
3. Petrol gibi fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmakta ve insan sağlığı açısından daha çevre dostu ve sağlıklı olmaktadır.

Biyopolimerler, 2018 itibariyle, yıllık 335 milyon tonluk plastik üretiminin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Ancak talep arttıkça ve daha özel biyopolimerler geliştirilmesi ve uygulama alanları gelişmesiyle birlikte pazar sürekli büyümektedir. 2018'de 2,11 milyon ton olan küresel biyopolimer üretiminin 2023'te yaklaşık 2,62 milyon tona yükselmesi beklenmektedir.



Şekil 9. Küresel biyopolimer üretimi (2018 & 2023)



PHA'ların (polihidroksialkanatlar) üretim kapasitesinin 2023 yılında dört katına çıkacağı tahmin edilmektedir. PLA'ların (polilaktik asit) üretim kapasitelerinin 2018'e kıyasla 2023'e kadar iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. PLA'ların PS (polistiren), PP (polipropilen) ve ABS (akrilonitril bütadien stiren) için muadil olacak yüksek performanslı dereceleri mevcuttur.

Önümüzdeki yıllarda Avrupa'da yeni üretim tesislerinin piyasaya girmesi planlandığı için biyo-bazlı PE üretim kapasitesinin artması beklenmektedir. 2023'te yeni bir polimer olan PEF'in (polietilen furanoat) geliştirilmesi ve piyasaya girmesi beklenmektedir. PEF %100 biyo bazlı olup PET ile karşılaştırılabilir seviyede üstün bariyer ve termal özelliklere sahiptir.

Günümüzde biyopolimerler, biyoteknolojilerdeki gelişmeler ve çevre bilinçlendirilmesi nedeniyle ticari ürünlerden yüksek teknoloji uygulamalarına kadar birçok sektörde yaygın olarak bulunmaktadır. Gıda ambalajlama ve medikal sektörden sonra tekstil sektöründe de kullanım alanı artmaya başlamıştır. Sahip olduğu dinamikler ile tüketim açısından önem arz eden tekstil sektöründe sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımların ve çözümlerin gündeme gelmesi olası bir sonuç olmakla birlikte aynı zamanda bir gerekliliktir. Bu noktada, hammadde odaklanılması gereken en önemli noktalardan biridir. PLA, PCL gibi biyopolimerler filament ya da lif haline getirilebilir, dokuma ve örme yapılarda kullanılabilir, ayrıca çeşitli dokusuz yüzey oluşturma teknikleriyle üretilen yapılarda da kullanılabilmektedir.









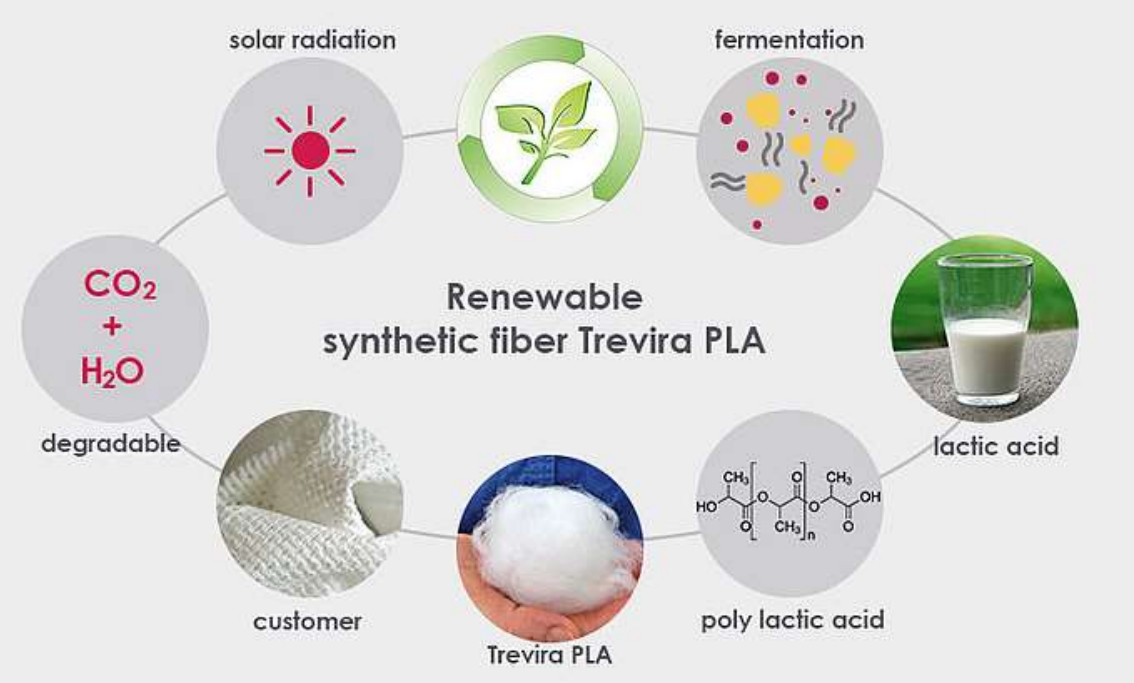
7. Tekstilde Biyobozunur (Biyolojik Olarak Parçalanabilir) Lifler – PLA & PCL

Günümüz koşullarında lif ihtiyacı giderek artmaktadır. Doğal liflerin üretim alanlarının sınırlı olması nedeniyle bu artan ihtiyacı karşılamaya yetecek düzeyde sektöre cevap vermesi mümkün olmadığından sentetik lif üretiminin çoğalması öngörülmektedir. Yalnız yeni üretim teknolojileri geliştirilerek doğal liflerin sağladığı özellikleri barındıran, çevreye zarar vermeyen, biolojik olarak parçalanabilen liflere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda %100 yenilenebilir (mısır, şeker pancarı, buğday) kaynaklardan üretilen PLA (polilaktikasit) lifleri %100 biyo parçalanabilir özellikleri ile dikkat çekmektedir. PLA lifleri ile filament ve kesikli olarak iplik üretmek mümkündür. Kesikli liflerden üretilen kumaşların pamuk ile aynı tutumu sergilemeleri, düşük nem tutma ve yüksek nem iletme hızına sahip olmalarından dolayı tekstilde etkin rol oynayacağı öngörülmektedir.

PLA, lineer yapıda %100 yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alifatik termoplastik bir poliesterdir. PET ise PLA ile elde ediliş biçimleri bakımından benzer özellik göstermesine rağmen, aromatik polimer yapısı ve mineral kaynaklardan üretilmeleri nedeniyle farklı nihai karakterlere sahiptir. PLA, laktik asidin polikondenzasyonu veya halka açılma polimerizasyonu olmak üzere iki şekilde elde edilmektedir. Bitkiler fotosentez yaparak su ve karbondioksiti nişastaya dönüştürürler. Nişastanın enzimatik hidrolizi ile fermente şeker elde edilir, şekerdeki karbon ve diğer elementlerin fermentasyonu ile laktik asit elde edilmektedir.

Diğer selüloz esaslı sentetik lifler solvent çekme yöntemine göre çekilirken, PLA lifleri eriyikten lif çekme yöntemine göre elde edilmektedir. Böylece geniş özelliklerinin yanında hem finansal hem de çevresel maliyetlerin düşük olması, bu üretim mekanizması ile elde edilebilmesi ayrıca dikkat çekmektedir.

Mısır nişastasının veya şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynakların biyolojik fermantasyonuyla elde edilen, laktik asit esaslı polilaktik asit (PLA) lifleri kimyasal lif olmalarına rağmen çevre dostu liflerdir. PLA biyolojik olarak parçalanabildiği gibi petrol esaslı diğer liflere kıyasla üretimde % 20-50 daha az fosil yakıt gerektirmektedir.



Poli(ε-kaprolakton) (PCL) tekrarlanan birimi ε-kaprolakton olan nispeten düşük bir erime sıcaklığına (60 °C) ve Tg'ye (-60 °C) sahip olan yarı kristalin bir termoplastik alifatik polyesterdir. PCL tek başına kullanılabildiği gibi bir polimerle karıştırılarak veya kopolimerleri hazırlanarak da kullanılabilir. Biyomedikal, ilaç, tekstil, yapıştırıcılar, boyalar ve ambalaj sektörleri gibi birçok alanda kullanılabilmektedir. PCL, özellikle biyomedikal uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Doku mühendisliği, İlaç transferi ve medikal araçlarda kullanılan PCL; kemik, kartilaj, tendon, kardiyovasküler doku, damar ve sinir gibi çeşitli dokular için oldukça uyumlu bir polimerdir. Bununla birlikte; dikiş, yara pansumanı, kontraseptif araçlar ve dişçilik alanlarında da PCL bazlı materyaller kullanılmaktadır.

8. Tekstil ve Diğer Endüstriyel Alanlarda Kullanım Alanları

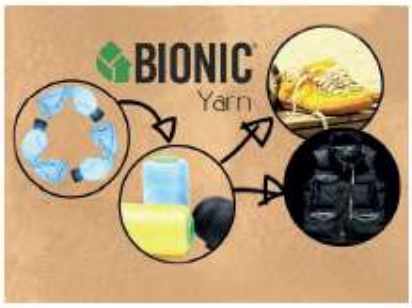
Biyopolimerlerin farklı endüstrilerde kullanımındaki artışı, çevre üzerindeki etkinin ve fosil kaynaklara olan bağımlılığın azaltılması ihtiyacının artması nedeniyle hem tüketicilerin hem de markaların sürdürülebilir ürünlere olan talebinin artmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde hemen hemen her geleneksel plastik malzeme ve uygulamalara karşılık gelen biyoplastik alternatif bulunmaktadır. Artan sayıda malzeme, uygulama ve ürünle birlikte üretici, dönüştürücü ve son kullanıcı sayısı da sürekli olarak artmaktadır. Bu gelişime rehberlik ve eşlik etmek için üretim ve pazarlamaya önemli finansal yatırımlar yapılmaktadır. Dünya genelinde bazı ülkelerde biyopolimerlerin kullanımı için teşvikler sağlamaktadır

Tekstil ürünlerinin yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi, kullanım ömrünü tamamladıktan sonra doğada kolaylıkla parçalanabilmesi ürünlerin katma değerini arttıran önemli özelliklerdendir. Bu ürünler iş giysileri, hastane giysileri, askeri kıyafetler, ev tekstili, bebek giysileri, spor giysileri, iç çamaşırları, çoraplar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

9. Biyobozunur Liflere Örnek Ticari Ürünler

Çevre bilinci ve hükümetlerin uyguladığı sıkı atık yönetimi politikaları petrokimyasal esaslı plastikler yerine biyobozunur polimerlere ihtiyacı arttırmıştır.
Biyopolimerlerin petrol kaynaklı polimerlerin yerini almaya başlamasıyla birlikte, otomotiv sanayinde de bu konuda çalışmalar başlatılmış

Pharrell Williams ve G -Star Raw, okyanuslarda bulunan plastik atıkları kot pantolon, tişörtler ve hatta kimonolar gibi giyilebilir modaya dönüştürmektedir. Süreç, plastiklerin parçalanması ve biyonik iplik (bionic yarn) adı verilen giysiler için liflere dönüştürülmesi ile yapılmaktadır.



Şekil 10. Bionic İplik

DuPont Apexa, toprağa veya çevreye zarar vermeden endüstriyel kompostlama yoluyla ayrışan çevre dostu bir bozunabilir polyesterdir. Patentli ve yenilikçi bir teknoloji ile gelişmiş bir liftir. Basit CO_2 ve H_2O'ya bölünerek tekstil israfını azaltarak çevresel etkiyi sınırlamaktadır. Polilaktik asitler ve polibütilen süksinat gibi geleneksel polimerler ile karşılaştırıldığında Apexa, dayanıklılık ve ısı direnci açısından üstün yeteneklere sahiptir. Tekstil atığını en aza indirir. Özelliklerini geliştirmek için yün, pamuk veya selüloz gibi doğal liflerle karıştırılabilir. Bu sayede onları daha güçlü, daha yumuşak ve daha dayanıklı hale getirir. Japon spor giyim üreticisi Goldwin, Apexa lif kullanarak spor giyim üretmektedir.

Dupont Sorona lifi, mısır ve mısır nişastası gibi yıllık % 37 yenilenebilir bitki bazlı bileşenlere sahip kısmen biyo-bazlı bir PTT polyester polimeridir. Yaşam döngüsü değerlendirmesine göre, Sorona, Naylon 6 'ya göre yüzde 30 daha az enerji gerektirmektedir. Ayrıca Sorona lifi Naylon 6.6'ya göre %63 daha az sera gazı açığa çıkarmakta, %40 daha az enerji tüketmektedir. Sera emisyonlarını %56 oranında azaltmaktadır. Öncelikle tekstilde giyim, ev, ofis ve otomotiv iç mekanlarında, konut ve ticari halılarda ve otomotiv paspaslarında kullanılmaktadır.



Şekil 11. Sorona elyafı

PTT polimer esaslı Sorona liflerinden üretilmiş kumaşlar, giysilerde tüketicilere bakımı kolay, uzun süre güzel görünen ve rahatça giyilebilen gündelik eşofman özgürlüğü sağlamaktadır. PTT kumaşlar aktif giyimde, iş giysilerinde ve diğer hazır giyim, sıcak tutan çoraplar, polar ceketler ve değişik ceket türleri gibi dış giyim üretiminde kullanılmaktadır.

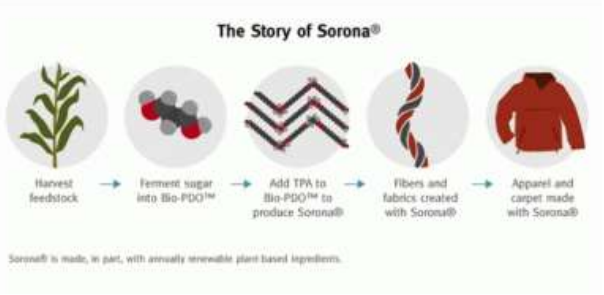


Şekil 12. Sorona PTT lifleri kullanılarak üretilmiş tekstiller

2016 Brezilya'da düzenlenen yaz olimpiyatlarında Çin Olimpiyat Takımı için spor markası Anta tarafından tasarlanan "Dragon Uniform" DuPont Endüstriyel Biyobilimler işbirliği ile biyoesaslı liflerden üretilmiş yüksek performanslı Sorona kumaşlar kullanılarak geliştirilmiştir.

Çin Olimpiyat Takımı için tasarlanan "Dragon Uniform" spor giysileri ve DuPont tarafından geliştirilen Sorona kumaşların üretim şeması;





Şekil 13. "Dragon Uniform" spor giysileri ve DuPont tarafından geliştirilen Sorona kumaşların üretim şeması

Jutecell lifi, Shandong Helon Co. Ltd. tarafından geliştirilmiştir. Özel bir işlemle jüt ve kenaftan üretilen yeni bir rejenere selüloz lif türüdür. Özel üretim teknolojisi, liflere bakteriostatik, bakterisidal ve mantar önleyici özellikler kazandırır. Bunun yanı sıra denye ve uzunluk eğirme sırasına göre ayarlayabilirler. Lif, biyolojik olarak uyumludur. Çevre dostudur ve sağlık, moda ve ev tekstili sektörlerinde uygulamaları vardır. Yüksek gerilme mukavemetine, düşük uzayabilirliğe sahiptir ve kumaşların daha iyi nefes almasını sağlar.



Şekil 14. Jutecell lifi

Eastman tarafından geliştirilen **Avra**, %100 geri dönüştürülmüş PET'ten oluşan devrim niteliğinde bir lif teknolojisidir. Benzer yapı ve ağırlıktaki örgü kumaşlarda, Avra'nın performans lifleri mükemmel örtü ve yumuşaklık sağlar. Avra lifi ile üretilen kumaşlar, egzersiz sırasında vücudun serin kalmasına yardımcı olur. Avra'nın hafifliği, esnekliği ve nefes alabilirliği, kullanıcı tarafından algılanan bir performans sağlamaktadır. Avra lifleri, spor giyim üretiminde kullanılmaktadır.



Şekil 15. %100 geri dönüştürülmüş PET'ten oluşan Avra spor giysi

EcoSure polyester lifler, %100 geri dönüştürülmüş PET kaplardan üretilir. Hem EcoSure Wellstrand (ağır denye) hem de EcoSure lifleri Scientific Certification Systems (SCS) tarafından onaylanmıştır. EcoSure lifleri, 1,2-500 denye arasında üretilir. EcoSure, hijyen (ıslak mendiller, bebek bezi astarları, vb.), endüstriyel dokuma olmayan ürünler (endüstriyel bezler, mobilya, otomotiv, filtreleme, yalıtım, ovma pedleri, köpük değiştirme koltuk minderleri), Amerikan Excelsior Recylex gibi erozyon kontrolü için jeotekstil üretimine uygundur.

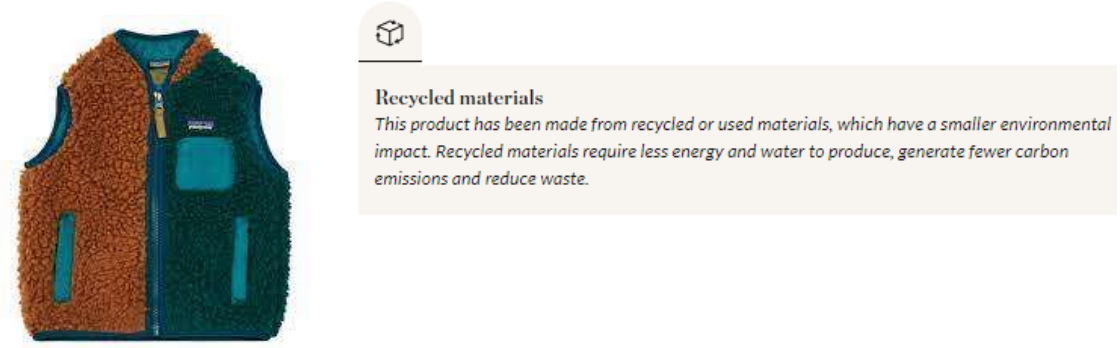
Coolmax EcoMade lifleri, plastik şişeler gibi geri dönüştürülmüş kaynakların yüzde 97'sinden yapılır. Kumaş oluşturmak için kullanılan plastik şişeler ilk olarak temizleme işleminden geçer. Ardından konfeksiyon ürünlerinde kullanmak üzere polyester iplik formuna geçer. Bunlardan yapılan kumaşlar, nemi ciltten buharlaştığı kumaş yüzeyine taşıyarak kullanıcıyı serin, kuru ve rahat tutar. Spor giyim üretiminde kullanılmaktadır.

Adidas'ın 2012 Londra Olimpiyatları'ndaki iştirakı, dünyanın ilk gerçek sürdürülebilir Olimpiyat girişimi olarak bilinmektedir. Adidas, şimdiye kadarki en sürdürülebilir ayakkabı olarak Fluid Trainer'ı tanıtmıştır. Fluid Trainer'ın atık miktarı azaltılacak şekilde tasarlanmış olup, ayakkabının yüzlük bölümü %50 oranında, bazı diğer bölümleri ise %10 veya 20 oranında geri dönüştürülmüş materyal içermektedir.



Şekil 16. Adidas – Fluid Trainer

Patagonia, 1990'ların başında sürdürülebilirlik adına çalışmalar başlatan ilk hazır giyim firmalarından biridir. Patagonia®, 1993 yılında geri dönüştürülmüş plastik şişelerden geliştirdiği polar fleece® giysileri ile çevre dostu giysi üretiminin öncülerinden olmuştur.



Şekil 17. Polar fleece® giysileri

Levi's ilk çevre dostu ürün grubunu Levi's Eco® adı altında sunmuştur. Levi's Eco koleksiyonlarındaki denim giysiler, organik ve geri dönüştürülmüş pamuktan imal edilmektedir. Levi's Waste- LessTM Jean pantolonları %29 oranında tüketici sonrası atıklardan geri dönüştürülmüş plastik içermektedir.



Şekil 18. Levi's Waste- LessTM Jean pantolonları

H&M, 1990'ların ortasında organik pamuk liflerini kullanarak sunduğu 'Bilinçli Koleksiyon' ile yeşil modayı başlatan birkaç firma arasındadır. İkinci Bilinçli Koleksiyonlarında ise geri dönüştürülmüş poliester ve organik pamuk kullanarak parti kıyafetleri üretmişlerdir. H&M'in mağazalarındaki plastik müşteri çantaları da %50 tüketici öncesi ve %50 tüketici sonrası atıklardan geri dönüştürülmüş polietilen içermektedir.



Şekil 19. H&M , 'Bilinçli Koleksiyon'

Nike, 2010 FIFA Dünya Kupası için geri dönüştürülmüş plastik şişelerden ürettiği spor giysiler ile tüm dünyada sürdürülebilirlik anlamında önemli bir farkındalık yaratmıştır. Ayrıca ayakkabılarında, örme kumaşlarda atık miktarını azaltan yenilikçi bir üretim teknolojisi olan Flyknit teknolojisini kullanmaktadır.



Şekil 20. Nike, Flyknit teknolojisi

İsveç Outdoor giyim markası Tierra tarafından geliştirilen ve 2017 yılında lansmanı yapılan mont "Deterra Jacket" %100 biyoesaslı malzeme kullanımı ile üretilmiş ilk teknik outdoor montu olarak tanıtılmıştır. Üretiminde ise Fulgar İplik tarafından geliştirilen %100 biyoesaslı bir tekstil malzeme olan EVO dokuma kumaşlar kullanılmıştır.



Şekil 21. %100 biyoesaslı malzeme kullanımı ile üretilmiş "Deterra Jacket"

Asics'in Hera Bamboo bileksiz çoraplarında geri dönüştürülmüş poliester ve bamboo lifleri bir arada kullanılmaktadır.



Şekil 22. Asics'in Hera Bamboo bileksiz çorapları



Puma'nın "Bring Me Back" programı geri dönüşüm süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Puma'nın InCycle sürdürülebilir koleksiyonu, ayakkabı, giyim eşyası, aksesuar ve ev yalıtım malzemeleri içermekte olup, biyolojik olarak parçalanabilir polimerlerden, geri dönüştürülmüş

polyesterden veya organik pamuktan üretilmiştir. Ayrıca Puma'nın Track Jacket'i %98 geri dönüştürülmüş polyester ve %2 elastandan oluşmaktadır.



Şekil 23. Puma'nın InCycle sürdürülebilir koleksiyonu

10. Sonuç

Teknolojik gelişmelerin etkisi ve aynı zamanda sürdürülebilirlik farkındalığı ve duyarlılığının artması ile günümüz yaşam koşullarındaki ihtiyaçların tanımını yeniden şekillendirmiştir. Bunun bir yansıması olarak da; teknoloji ve doğanın ortak bir noktada buluşması günümüz koşullarında artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla geliştirilen yenilikçi ve akıllı malzemeler, sistemler ya da üretim yöntemleri; oluşan sürdürülebilirlik farkındalığı ile doğa ile işbirlikçi yeni çözümler yaratma yönünde ilerlemeye başlamıştır. Böylece; teknolojinin sağladığı yeni potansiyellerin doğadan sağlanacak edinimler ile bir arada kullanılmasına olanak sağlanması mümkün olacaktır. Bu açıdan yenilikçi biyoesaslı hammaddelerin kullanıldığı tekstil üretimi umut vadeden potansiyeller taşımaktadır. Aynı zamanda bu hammaddeler sürdürülebilirlik açışından doğal kaynakların korunması, atık yönetiminde iyileştirme, karbon ayak izinde ve sera etkisinde azalma gibi pek çok avantaja sahiptirler ve petrol esaslı ürünlere yenilenebilir hammaddelerden üretilen sürdürülebilir bir alternatif olarak pazarda yer edinmeye başlamışlardır.

Günümüz dinamiklerinde sürdürülebilirliği geliştirme ve performansı artırma arayışı içinde, tekstil üreticileri, tasarımcılar, bilim insanı ve sektörün önde gelen paydaşları aynı çatı altında birleşerek bir işbirliği ruhu ile sınırları aşmalıdır. Bu bakış açısıyla, aynı zamanda birçok disiplinin bir çatı altında toplandığı kolektif bakış açıları ile yeni hammadde ve üretim çözümlerine gidilmeli ve yeni pratikler geliştirilmelidir.

Tekstilde hammadde olarak çevre dostu liflere daha fazla odaklanma zamanı geldi.

Çevreyi temiz tutmak ve küresel ısınmayı en aza indirmek için biyopolimer esaslı liflerin ve geri dönüştürülebilir liflerin kullanımı en iyi çözümlerdir…

11. Kaynaklar

- Ali Akbari Ghavimi, Soheila, Mohammad H Ebrahimzadeh, Mehran Solati-Hashjin, Abu Osman, and Noor Azuan. 2015. Polycaprolactone/starch composite: Fabrication, structure, properties, and applications. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 103: 2482-98.
- Altun, Ş. (2012). Türkiye'deki Tekstil ve Hazır Giyim Atık Miktarları ve Geri Kazanım İmkânları. Erişim Tarihi: 18.01.2022. http://www. temizuretim. gov.tr/
- Armentano, I, N Bitinis, E Fortunati, S Mattioli, N Rescignano, R Verdejo, MA Lopez-Manchado, and JM Kenny. 2013. Multifunctional nanostructured PLA materials for packaging and tissue engineering. Progress in Polymer Science, 38: 1720-47.
- Avinç, O., KHODDAMI A.2010. Overview of poly(lactic acid)(PLA) Fibre Fibre Chemistry, Vol. 42, No. 1
- https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1263291
- Dugan, J. S., Vice President, Research Novel Properties of PLA Fibers, Fiber Innovation Technology, Inc., www.fitfibers.com/files/PLA%20Fibers.doc.
- Du Pont ™ Sorona® polymer, The start of Smart©2004, S o r o n a _ b r o c h u r e _ 0 4 . p d f , http://www.dupont.com/sorona/news/InternationalFiberJour nal.pdf
- Emadian SM, Onay TT, Demirel B (2016). Biodegradation of bioplastics in natural environments. Waste Management, 59: 526-536.
- Eryuruk, S.H., (2012), Greening of the Textile and Clothing Industry, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20, 6A(95), 22-27.
- Eser, B., Çelik, P., Çay, A., ve Akgümüş, D. (2016). Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. Tekstil ve Mühendis, 23: 101, 43-60.
- Farrington, D.W., Lunt, J., Davies, C, Blackburn, R.S. Poly(lactic acid) fibers, Biodegradable and Sustainable Fibres, Edited by Richard Blackburn, University of Leeds, UK.
- Felix M, Perez-Puyara V, Romero A, Guerrero A (2017). Development of protein-based bioplastics modified with different additives, journal of applied polymer science, 134 (42).
- Hagoort, S., (2013), Evaluating the Impact of Closed Loop Supply Chains on Nike's Environmental Performance and Costs, MSc Thesis, Operations Management and Logistics, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Harmancıoğlu, M. & Yazıcıoğlu, G.; 1979, Bitkisel Lifler, İzmir: Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Yayınları.
- Yazıcıoğlu, G.; 1996, Tekstil Mikroskopisi, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.

- İşmal, Ö. E., ve Yıldırım L. (2012). Tekstil Tasarımında Çevre Dostu Yaklaşımlar. Akdeniz Üniversitesi G.S.F. Moda ve Tekstil Tasarımı Bölümü 1. Uluslararası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu, 9-13. Antalya
- Jaeger, B. and Upadhyay, A. (2020) Understanding Barriers to Circular Economy: Cases from the Manufacturing Industry. Journal of Enterprise Information Management.
- Jamshidian, Majid, Elmira Arab Tehrany, Muhammad Imran, Muriel Jacquot, and Stéphane Desobry. 2010. Poly-Lactic Acid: production, applications, nanocomposites, and release studies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 552-71.
- Kurtoğlu N. Şenol D. (2004). Tekstil ve Ekolojiye Genel Bakış, Karsinojen ve Alerjik Etki Yapabilen Tekstil Kimyasalları. K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, sayı:7, s.26-38.
- Kuz, P (2017). Nişasta bazlı biyoplastik malzemeler, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- MADE-BY, (2013), Environmental Benchmark for Fibres, http://www.madeby.org/wpcontent/uploads/2014/03/benchmark_environmental_condensed_16_12_2013_pdf_16845.pdf
- Milani P, França D, Balieiro AG, Faez R (2017). Polymers and its applications in agriculture, Polímeros, 27(3): 256- 266.
- Payne, A. (2015). Open andclosed-looprecycling of textileandapparelproducts. S. S. Muthu içinde, Handbook of Life CycleAssessment (LCA) of Textiles and Clothing, s.103–123.
- Tadasse, H., Luque, R., (2011), Advances on Biomass Pretreatment Using Ionic Liquids: An Overview, Energy and Environmental Science, 4, 10, 3913-3929.
- Telli, A., Özdil, N., Babaarslan, O., (2012), PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı, Tekstil ve Mühendis, 19, 86, 49- 55.
- Türkmen, N. (2012). Tekstil ve Moda Tasarımı Açısından Sürdürülebilirlik ve Dönüşüm. T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanatta Yeterlilik Tezi, 182, İstanbul.
- Tojvidi, M., Falk, R.H & Hermanson, J.C.; 2006, Effect of natural fibers on thermal and mechanical properties of natural fiber polypropylene composites studied by dynamic mechanical analysis, Journal of Applied Polymer Science, Volume 101, Issue 6, s. 4331- 4349. (http://naldc.nal.usda.gov/download/36179/PDF
- Vadicherla, T., Saravanan, D., (2014), Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers, in "Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing Ecofriendly Raw Materials, Technologies, and Processing Methods", Ed: Muthu S.S., Springer Science-Business Media, Singapore.

- (Dr. Öğr. Üyesi); Yalova Üniversitesi, Polimer Mühendisliği Bölümü, 77200 Yalova, Türkiye. E-posta: mithat.celebi@yalova.edu.tr
- https://biomaterials.dupont.com/
- https://www.envirotextiles.com/
- https://www.innovationintextiles.com/interviews/new-biodegradable-polyester-fibre-for-apparel-solutions/
- https://sustainablefibre.org/
- https://www.textilesphere.com/
- http://www.textile-product.com/jutecell-fiber-11185597/
- https://impakter.com/are-biomaterial-innovations-the-key-to-a-sustainable-future-for-fashion/