



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

---

**Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları**

**Sustainability and Recycling Opportunities in the Textile and Apparel Sector**

Burçin ESER<sup>1</sup>, Pınar ÇELİK<sup>2</sup>, Ahmet ÇAY<sup>2</sup>, Dilşad AKGÜMÜŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Üniteks Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 31 Mart 2016 (31 March 2016)

---

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

Burçin ESER, Pınar ÇELİK, Ahmet ÇAY, Dilşad AKGÜMÜŞ(2016): Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları, Tekstil ve Mühendis, 23: 101, 43-60.

**For online version of the article:** <http://dx.doi.org/10.7216/1300759920162310105>



**Derleme Makale / Review Article**

# TEKSTİL VE KONFEKSİYON SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARI

Burçin ESER<sup>1\*</sup>  
Pınar ÇELİK<sup>2</sup>  
Ahmet ÇAY<sup>2</sup>  
Dilşad AKGÜMÜŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Üniteks Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 13.11.2015

Kabul Tarihi / Accepted: 11.02.2016

**ÖZET:** Dünya nüfusundaki artış ve yaşam standartlarındaki gelişme sonucunda tekstil tüketiminde önemli bir artış söz konusu olmuştur. 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, tekstil atıklarının geri dönüşümü tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada tekstil ve hazır giyim sektörünün sürdürülebilirliğine ilişkin değerlendirmelerin yanı sıra, yaygın olarak kullanılan liflerin çevresel etkilerinin incelendiği araştırmalara yer verilmiştir. Bununla birlikte tekstil atıklarının özellikleri, atık yönetim stratejileri ve geri dönüşüm yöntemleri açıklanmaya çalışılmış, dünyada tekstil atıklarının geri dönüşümüne ilişkin uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil endüstrisi, tekstil atıkları, geri dönüşüm, sürdürülebilirlik

## SUSTAINABILITY AND RECYCLING OPPORTUNITIES IN THE TEXTILE AND APPAREL SECTOR

**ABSTRACT:** A significant increase in textile consumption has occurred as a result of global population growth and overall improvement of living standard. The total volume of textile and fashion production at the global level is estimated to be more than 80 million tons annually, and therefore improving the environmental performances of this industry is vital. Recycling of textile waste materials is gaining importance worldwide due to shortages of natural resources and increasing waste disposal costs. Assessments on sustainability of the textile and apparel sector as well as benchmark results focused on the environmental impacts of the most commonly used fibres in the fashion industry are given in this study. In addition to these, classification of textile wastes, waste management strategies, methods and practices for textile recycling are presented.

**Keywords:** Textile industry, textile wastes, recycling, sustainability

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: BURCIN@uniteks.com.tr

DOI: 10.7216/1300759920162310105, www.tekstilvemuhendis.org.tr

## 1. GİRİŞ

Modern tüketim kültürü 18. yüzyılda ortaya çıkmış olsa da [1], tekstil tüketimi özellikle son yıllarda hız kazanmıştır. Tekstil sektöründeki aşırı tüketim, moda endüstrisinin yönlendirmesinin bir sonucudur. Moda, tanımı gereği değişikliğe ve yeni ürünlere olan talebi artırmaktadır [2]. 80'li yılların sonuna kadar, moda perakendecileri ilkbahar/yaz ve sonbahar/kış olmak üzere genellikle yılda iki koleksiyon sunmaktaydı. Ancak 90'lı yıllara gelindiğinde bu durum tamamen değişmiş ve “süper ucuz ve süper hızlı” çağı başlamıştır [3]. Modanın hızla değişen doğası, ucuz giysi üretme ve üretirme yetenekleriyle birleşince, modern moda ticaretinde bir dönüm noktası yaşanmıştır [4].

Moda endüstrisi, küresel bir endüstri olup, insanlar üzerinde olduğu kadar çevre üzerinde de büyük etkilere sahiptir [5]. Küresel ölçekte toplam tekstil ve hazır giyim üretimi yıllık 80 milyon tonun üzerinde olup dolayısıyla bu endüstrinin çevresel performansının iyileştirilmesi oldukça önemlidir [6, 7]. Ancak maalesef moda disiplini hala; tasarımcıların yararlanabileceği bilimsel çevre dostu bilgilerin üretilmesinin, problemlerin daha yaratıcı çözümlenmesinde yeni tasarım metotları kullanılmasının [8] veya tüketicilerin sürdürülebilir dönüşüm süreçlerine dahil edilmesinin çok gerisinde kalmaktadır. Bu bağlamda, tasarımda, üretimde, tüketimde ve sürdürülebilir ticarete daha yaratıcı bir düşünce anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır [6].

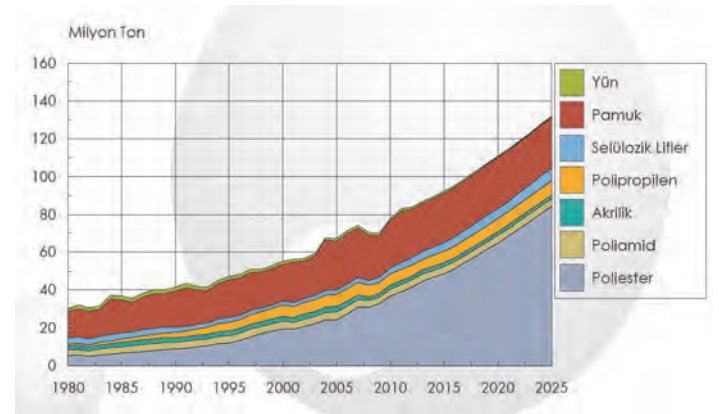
Geçtiğimiz yıllarda tekstil ve hazır giyim sektörü ciddi bir fiyat baskısı ile karşı karşıya kalmıştır. Fiyat avantajı yaratma çabalarının sonucunda, çoğu Avrupa ve Amerika firması üretimlerini Asya'daki gelişmekte olan ülkelere devretmişlerdir. Batı ülkelerindeki faaliyetler ise tasarım veya marka yönetimi gibi katma değerli hizmetler ile sınırlı kalmıştır. Değer zincirindeki faaliyetlerin düşük ücretli bu ülkelere kayması sonucunda, tedarikçilerdeki işçilik ve ekolojik uygulamaları yönetmek ve denetlemek zorlaşmış ve çeşitli sürdürülebilirlik problemleri ortaya çıkmıştır [9, 10].

Sürdürülebilirlik kavramı, daha önce Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu (World Commission on Environment and Development) olarak bilinen Brundtland tarafından “gelecek nesillerin kendi

ihtiyaçlarını karşılama yetenekleri ile uygunsuzluk oluşturmaksızın, bugünün ihtiyaçlarının karşlanması” olarak tanımlanmıştır [11, 12]. Bu kapsamda sürdürülebilirlik, insan ile doğa arasında denge kurarak, doğal kaynakları tüketmeden, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılmasına ve kalkınmasına olanak verecek şekilde, bugünün ve geleceğin yaşamını ve kalkınmasını programlama anlamını taşımaktadır [13]. Tekstil ve hazır giyim sektörü ele alındığında, bu sektörde kullanılan zararlı kimyasal maddeler [14, 15], yüksek su tüketimi ve buna bağlı su kirliliği [16, 17], üretim süreçlerindeki yüksek enerji tüketimi ve bununla ilişkili hava emisyonları [15, 18, 19, 20] başta olmak üzere nakliye [15] ve ambalajlama konularındaki problemler ile atık üretimi çevresel açıdan sürdürülebilirliğin önündeki en büyük engellerdir.

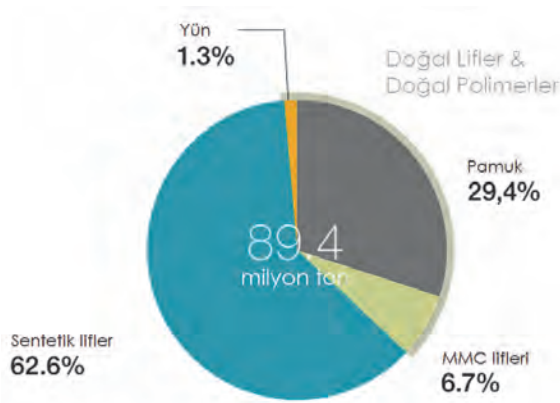
## 2. TEKSTİL LİFLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dünya nüfusundaki artış ve yaşam standartlarındaki gelişme, son yıllarda tekstil tüketiminde ve dolayısıyla tekstil üretiminde önemli bir artışa neden olmuştur [21]. Şekil 1'de dünyadaki toplam elyaf üretiminin yıllar içerisindeki değişimi ve geleceğe ilişkin trendi görülmektedir. 2025 yılına kadar yapılmış olan tahminlemede, toplam lif üretiminin her yıl %3,7 artış sergileyeceği öngörülmektedir [22].



Şekil 1. Dünyadaki toplam elyaf üretiminin yıllar içerisindeki değişimi [22]

2014 yılında dünyadaki lif tüketimi 89,4 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, bunun büyük bir bölümünü sentetik lifler oluşturmaktadır [23]. 2014 yılında küresel elyaf piyasasındaki liflerin oransal dağılımı Şekil 2'de verilmektedir.



**Şekil 2.** Küresel Elyaf Piyasası 2014 (ICAC, CIFRS, The Fiber Year, The Fiber Organon, Lenzing tahminleri) [23]

Dünya pazarına bakıldığında sentetik bir lif olan poliester ve doğal bir lif olan pamuğun baskın konumda olduğu görülmektedir. 2014 yılı itibariyle dünya lif üretiminin %63'ü sentetik lifler olup, bunun %82'lik bölümünü poliester lifleri oluşturmaktadır. Pamuk ikinci en önemli lif olup, tüm lifler içerisinde %29'luk bir orana sahiptir. Poliester'e olan talep son yıllarda iki katına çıkmış ve uzun yıllardır en fazla kullanılan lif olma özelliği taşıyan pamuğun yerini almıştır. 2025 yılına gelindiğinde ise, pamuk lifi üretimi sabit kalırken, artan lif talebini karşılamak adına poliester lif üretiminin artacağı ve pamuk üretiminden 3 kat daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Sentetik polimerler için başlıca hammadde kaynağı petroldür. Pamuk gibi yenilenebilir doğal liflerin üretiminde de yenilenebilir olmayan kaynaklara dayanan enerji ve kimyasallara ihtiyaç duyulmaktadır. Hangi elyaf türünün daha çevre dostu olduğunu söylemek

çok zordur, çünkü her elyafın kendine ait çevresel bir yükü söz konusudur. Bazı lifler elyaf üretimi 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 [6].

MADE-BY tarafından yapılan bir çalışmada [24] hazır giyim endüstrisinde en fazla kullanılan liflerin çevresel etkilerine ilişkin bir karşılaştırma yapmıştır. Bu karşılaştırmada yalnızca doğal ve sentetik liflerin hammadde halinden eğrilmeye hazır hale gelinceye kadarki süreçleri incelenmiştir. Karşılaştırmada dikkate alınan parametreler Tablo 1'deki gibidir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, her lif için bir puan belirlenmiş ve lifler bu puan doğrultusunda 5 sınıfta toplanmıştır. A-Sınıfı'ndan E-Sınıfı'na kadar olan bu sınıflandırmada, A-Sınıfı'nda çevreye olumsuz etkisi en az olan lifler yer almaktadır. Yapılan çalışmada "sınıflandırılmamış" olarak ifade edilen lifler ise yeterli veri sağlanamaması dolayısıyla karşılaştırmaya dahil edilmeyen lifleri içermektedir. MADE-BY tarafından çeşitli liflerin çevresel açıdan karşılaştırılarak değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar Tablo 2'de verilmektedir. Çalışma sonuçlarına 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.

**Tablo 1.** MADE-BY tarafından tekstil liflerinin karşılaştırmasına ilişkin yapılan çalışmada dikkate alınan parametreler [24]

Parametre	Açıklama	Ölçü Birimi	Ağırlık
Sera gazları	Karbondiyoksit eşdeğeri	kg CO <sub>2</sub> /kg elyaf	%20
İnsan toksisitesi	Akut toksisite Kronik toksisite Üreme organları için tehlike Kanserojenlik	Oral, dermal, solunum ve cilt tahrişi için LD/LC seviyesi Kronik toksisite puanı ve hassasiyet seviyesi	%20
Ekotoksisite	Balıklar için akut sucul toksisite Ekotoksisite potansiyeli	LC50 96 saat Malzeme Güvenlik Bilgi Formu baz alınmıştır	%20
Enerji girdisi	Hammadde dahil toplam enerji tüketimi	MJ / kg elyaf	%13,33
Su girdisi	Su girdisi	kg su / kg elyaf	%13,33
Arazi kullanımı	Verim	kg elyaf / hektar	%13,33

**Tablo 2.** Tekstil liflerinin çevresel etkileri açısından sınıflandırması (MADE-BY) [24]

A-SINIFI	B-SINIFI	C-SINIFI	D-SINIFI	E-SINIFI	SINIFLANDIRILAMAMIŞ
Mekanik Olarak Geri Dönüştürülmüş Naylon	Kimyasal Olarak Geri Dönüştürülmüş Naylon	Konvansiyonel Keten	Modal® (Lenzing Viskoz Ürünü)	Bambu	Asetat
Mekanik Olarak Geri Dönüştürülmüş Poliester	Kimyasal Olarak Geri Dönüştürülmüş Poliester	Konvansiyonel Kenevir	Poliakrilik	Konvansiyonel Pamuk	Alpaka Yünü
Organik Keten	CRAILARO Keten	PLA	Poliester	Bakıramonyum İpeği	Kaşmir Yünü
Organik Kenevir	Monocel® (Bambu Lyocell Ürünü)	Rami		Viskon	Deri
Geri Dönüştürülmüş Pamuk	Organik Pamuk			Rayon	Moher Yünü
Geri Dönüştürülmüş Yün	TENCEL® (Lenzing Lyocell Ürünü)			Spandex (Elastan)	Doğal Bambu
				Naylon	Organik Yün
				Yün	İpek
Yüksek Sürdürülebilirlik			Düşük Sürdürülebilirlik		

Sürdürülebilir yaşam için doğal kaynakların yeterli şekilde kullanılması büyük önem taşımakta olup, doğal kaynak oluşum ve tüketim hızlarının da sürdürülebilirliğe uygun olması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (The United Nations Environment Programme – UNEP), 2011 yılı raporunda doğal kaynak tüketim hızının 2050'ye gelindiğinde şimdiki tüketim hızından üç kat daha fazla olacağını öngörmüştür [12]. Dünyayı en fazla kirleten sanayilerden biri olan tekstil ve hazır giyim sektöründe de giderek artan bu sorunun çözümü için, sürdürülebilir malzemelerin ve üretim yöntemlerinin kullanılması önem taşımaktadır. Bunun için konvansiyonel doğrusal malzeme akışı yerine döngüsel malzeme akışı benimsenmeli ve geri dönüştürülmüş liflerin kullanımına yönelmelidir.

### 3. TEKSTİL ATIKLARI VE ATIK YÖNETİMİ STRATEJİLERİ

Dünyada ürün ve hizmetlerin tüketiminin, çevresel değişim üzerinde temelde iki etkisi söz konusudur. Bunlardan birincisi tüketim sonucunda kirliliğin ve atık oluşumunun artması, ikincisi ise doğal kaynakların yok olmasıdır [25]. Gerek ürünlerin üretimi sırasındaki prosesler, gerekse ürünlerin tüketilmesi kirliliğe sebep olmaktadır. Her ne kadar Dünyanın doğal sistemleri doğaya salınan kirleticileri absorbe ederek, dengenin belirli bir seviyede tutulmasını sağlıyorsa

da, insanlar çevreye doğal sistemlerin dengeleyemeyeceği hızlarda ve miktarlarda bu maddeleri salmaktadır [25, 26].

Tüketimin, küresel anlamda çevresel dönüşüme etkilerinden bir diğeri ise doğal kaynakların tükenmesidir. Mevcut üretim ve tüketim yapısında, yenilenebilir veya yenilenemeyen kaynakları kullanmadan üretmek ve tüketmek mümkün değildir. Üretimde proseslerin gerçekleştirilebilmesi için enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar (örn. kömür, benzin, doğal gaz) ve ürünlerde kullanılacak hammaddeler (örn. petrokimyasallar) gibi doğal kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca birçok durumda ürünlerin tüketiminde de doğal kaynaklar gerekmektedir. Gerek yenilenebilir gerekse yenilenemeyen kaynakların tüketimi, bölgesel ve küresel ölçekte çevresel değişimlere sebep olmaktadır. Üretim ve tüketim, ortaya çıkardığı atıklar ve doğal kaynakların tükenmesi nedeniyle, çevresel değişimin insan kaynaklı en önemli sebebidir [25, 26].

Günümüze kadar tekstillerin üretimi ve kullanımının çevresel etkileri üzerine çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalar çoğunlukla üretim aşamasında kullanılan kimyasalların zararlarının azaltılması, üretime yönelik endüstriyel standartların oluşturulması ve tekstillerin temizlenmesine ilişkin daha sürdürülebilir yöntemlerin uygulanması üzerine yoğunlaşmış, ancak tekstillerin imha edilmesinde sürdürülebilirliğin sağlanması konusuna odaklanılmamıştır.

Tekstil üretimi çevreye zarar veren bir süreçtir. Tekstil üretim prosesleri büyük miktarda doğal kaynak (su, petrol, toprak) tüketimine sebep olmakta, toksik kimyasallar kullanmakta ve karbon dioksit açığa çıkarmaktadır. Buna ek olarak da her yıl milyonlarca ton tekstil atılmaktadır. Avrupa ve Amerika’da, yılda 10 milyon ton tekstil atığı ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Çin’de yıllık tüketici öncesi ve sonrası tekstil atık miktarının 20 milyon tonun üzerinde olacağı öngörülmektedir. Bu atıklar yalnızca çevreyi kirletmekle ve dünyadaki çöplükleri doldurmakla kalmamakta, aynı zamanda çok değerli doğal kaynakların tükenmesine de sebep olmaktadır. Yalnızca yüksek miktarda ürün tüketilmesi değil, aynı zamanda ürünlerin aşırı ambalajlanması da atık yığınlarının artmasına sebep olmaktadır. Çöplüklerin kapasitesi azaldıkça, atık boşaltma maliyetleri de yükselmeye devam etmektedir. Artan bu maliyetler, işletmelerin genel giderlerini düşürmek adına yeni yollar aramasına neden olmaktadır [21].

Tekstil atıklarının imha edilmesi tekstil endüstrisi için önemli konulardan birisidir. Her yıl tonlarca tekstil evsel atıklarla birlikte çöplüklere dökülmektedir. Yapılan tahminler atılan bu giysilerin %95’inin tekrar –yeniden giyilerek, yeniden kullanılarak veya geri dönüştürülerek–kullanılabileceği yönündedir. Doğal kaynakların tükenmesi ve atık imha maliyetlerinin yükselmesi sebepleriyle, tekstil atıklarının geri dönüşümü veya yeniden kullanımı tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır [27].

Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency – USEPA) tekstil atıklarının çöplük alanlarının %5’ini kapladığını, tekstil geri dönüşüm endüstrisinin ise tekstil atıklarının yılda sadece %15’ini geri dönüştürebildiğini ve geri kalan %85’lik bölümünü çöplüklere gönderdiğini belirtmektedir. Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu (Council for Textile Recycling – CTR) dahil bir çok organizasyon, tekstil atıklarına ilişkin farkındalık yaratmak amacıyla çalışmaktadır ve 2037 yılına gelindiğinde çöplüklerde hiç tekstil atığı olmamasını hedeflemektedir [12].

Tekstil atıkları; lif, tekstil ve hazır giyim üretim sanayii, tüketiciler, ticari ve hizmet endüstrilerine ilişkin çok sayıda süreçten kaynaklanan atıklardır [28]. Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu’na (Council for Textile Recycling) göre tekstil geri dönüşüm malzemeleri tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır [29].

Tüketici öncesi tekstil atıkları; lif, iplik, tekstil, teknik tekstil, dokusuz yüzey, hazır giyim ve ayakkabı üretimleri sırasında ortaya çıkan tekstil atıklardır [12]. Şekil 3’de tüketici öncesi tekstil atıklarından bazı örnekler sunulmaktadır.

Tüketici sonrası tekstil atıkları; hizmet süresini tamamlamasının ardından atılan tekstil malzemeleridir. Tüketicilerin eskime, küçük gelme ya da moda özelliklerini kaybetme gibi sebeplerden dolayı artık ihtiyaç duymadığı ve atmaya karar verdiği her türde giysi ve ev tekstili ürünleri bu gruba girmektedir. Tüketici sonrası atıkların hacmi oldukça yüksektir. Tüketici sonrası tekstil atıkları kabul edilebilir seviyede kalite özellikleri taşıması durumunda genellikle ikinci el giysi olarak başka tüketiciler tarafından kullanılmakta veya üçüncü dünya ülkelerine satılmaktadır. Tekrar giyilemeyecek durumda olan giysiler ise, liflerine parçalanarak yeni ürünlerde kullanılabilir [28]. Şekil 4’de tüketici sonrası tekstil atıklarından bazı örnekler sunulmaktadır.

Günümüzdeki en gözde konulardan biri olan sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar içermektedir. Hızlı modanın ortaya çıkması ve kabul görmesi ile birlikte, tekstil atıkları görülmemiş bir hızla büyüyerek, beklenmedik seviyelere ulaşmıştır. Tekstil atıkları uygun teknolojiler vasıtasıyla, katma değerli ürünlerin hammaddesi olabilir. Çeşitli kavramlar ve metotlar vasıtasıyla katma değerli ürünlerin elde edilmesini amaçlayan tekstil atık yönetim sistemleri giderek önem kazanmaktadır [12].

Tekstil atık işleme stratejileri, azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüşüm (recycle) ve enerjinin geri kazanımını kapsamaktadır. Tüm bu stratejilerin amacı, ürünlerin ömrünü uzatarak, azami ölçüde fayda sağlamaktır [2].



Şekil 3. Tüketici öncesi tekstil atıklarından örnekler [30]



Şekil 4. Tüketici sonrası tekstil atıklarından örnekler [30]

Azaltma (reduce) bir ürünün tamamının ya da parçalarının, mümkün olduğunca fazla süre kullanılabilir olması amacıyla tamiri ve yenilenmesidir. Bu uygulama da ürünlerin yeniden üretimine kıyasla kaynakların korunmasına katkı sağlamakta, ancak geri kazanma ve yenileme işlemleri için malzeme ve işçilik gerektirmektedir. Bu yöntem, geçmişte gerek evlerde gerekse sanayide yaygın olarak uygulanmakta iken, günü-

müzde yeni giysilerin düşük fiyatlarda sunulması nedeniyle yok olmuştur [2].

Yeniden kullanım (reuse) ürünlerin aynı kullanım amacıyla, yeniden değerlendirilmesidir. Çevresel açıdan önemli tasarruflar sağlamaktadır. Bir giysinin toplanması, tasnif edilmesi ve ikinci el ürün olarak yeniden satılması için gerekli enerji, yeni bir ürün üretmek için gerekli enerjiden 10-20 kat daha azdır

[2]. Tekstil atıklarının yeniden kullanımı değişik yollarla gerçekleştirilebilmektedir. Palm'a göre tekstillerin yeniden kullanılmasında üç temel yol söz konusudur [31]:

- Resmi yol: İnsanların giysilerini, ihtiyacı olan insanlara iletilmek üzere bazı organizasyonlara vermesi, bağışlaması. En yaygın uygulama, giysilerin bir döngü daha kullanımı için piyasaya sürüldüğü ikinci el dükkanlarıdır. İkinci el giysilerin büyük bir bölümü küresel pazarlarda satılmak üzere yurtdışına ya da Doğu Avrupa veya Afrika'daki tüccarlara sevk edilmektedir [2].
- Kısmen resmi yol: Alıcı ve satıcının doğrudan iletişime geçmediği, genellikle internet üzerinden temas kurduğu Ebay gibi siteler.
- Resmi olmayan yol: Yakın çevreye (arkadaş, akraba) vermek ya da miras bırakmak.

Atık yönetiminde kaynakların korunmasına yönelik diğer bir seçenek geri dönüşümdür. Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi, tekstil ürününün parçalanması ve bileşenlerinin yeni ürünler için kullanılmasını ifade etmektedir [2, 21]. Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesine ilişkin detaylı bilgilere izleyen bölümlerde yer verilmiştir.

#### 4. TEKSTİL ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Sürdürülebilirliğin temel amacı, yaşam sürelerini uzatarak ürünlerden azami ölçüde fayda sağlamaktır. Ekonomistler ve çevreciler yaptıkları çalışmalar sonucunda, sürdürülebilirliğin teknik ve ekonomik gereksinimlerinin yanı sıra, atık önlenmesi ve geri dönüşüme olan ihtiyacı ortaya koymuştur. Geri dönüşümün öneminin sebeplerinden bazıları aşağıda verilmektedir [29, 32, 33, 34]:

- Ekonomik sebepler: Geri dönüşüm programları, atık imha programlarına kıyasla daha düşük maliyetlidir. Yüksek su, enerji ve üretim tüketimleri nedeniyle, geri dönüşüm yeni ürünler üretmeye göre daha ucuzdur. Geri dönüşüm finansal olarak ödüllendirilmekte, insanlar geri dönüştürülebilir

ürünler tüketmeye maddi olarak teşvik edilmektedir.

- Sosyal sebepler: Geri dönüşüm iş hacmi yaratmaktadır. Geri dönüşüm merkezleri kişilere istihdam sağlayabilmekte, küçük veya aile işletmeleri kurulabilmektedir.
- Çevresel sebepler: Su, petrol, doğal gaz gibi doğal kaynaklar korunmaktadır. Yeni ürünlerin üretimine kıyasla daha az enerji tüketildiğinden enerji korunmaktadır. Daha az sera gazı açığa çıkarmaktadır. Doğal yaşam alanlarının yok olması önlenmektedir.

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. Geri kazanımı en yaygın malzeme grupları cam, metal, plastik, kâğıt, ürün grupları ise elektronik ürünler, ambalaj ürünleri ve otomotiv ürünleridir. Bu ürün guruplarının geri dönüşüm alanında önem kazanmış olmasının nedenleri konu ile ilgili bilgi altyapısı, pazar payı ve kamuoyu bilinçlenmesinin oluşmuş olmasıdır [35, 36].

Tekstil ürünlerinin geri dönüşümü ve geri kazanımı yukarıda dile getirilen ürün ve malzeme grupları kadar yaygın değildir. Tekstil sektörü ile ilgili çevresel zararlar ve geri dönüşüm çalışmaları daha çok üretim süreçlerinde ortaya çıkan kimyasal atıkların ve kirli suların arıtılmasına yönelik çalışmalar olup katı atıkların değerlendirilmesi ile ilgili bilimsel ya da pratik çalışma sayısının son derece sınırlı olduğu görülmüştür [36].

Tekstil ve hazır giyim sektörü, tüketimin en yoğun olduğu sektörlerden bir olsa da, sektördeki geri dönüşüm uygulamaları memnun edici seviyelerde değildir. Ancak çevresel problemlere ilişkin küresel bilincin artmasına paralel olarak, tüketicilerin sürdürülebilirlik konusundaki farkındalıkları da artmaya başlamıştır. Tüketiciler artık geri dönüştürülmüş giysilere talep göstermekte olup, üreticiler ise bu talebi karşılamanın yollarını aramaktadır [36, 37].



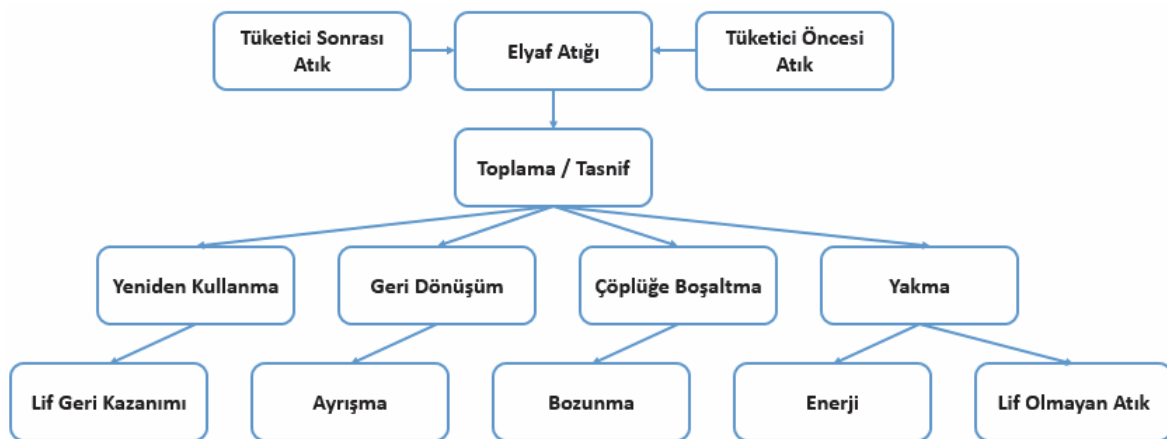
Çevresel etkileri açısından, tekstil atıkları hava, su ve toprak için tehdit oluşturmaktadır. Tekstillerin kompostlanması ile sera gazları salınmakta ve havaya karışmakta, ayrıca zararlı kimyasallar açığa çıkmakta ve bunlar toprağa geçerek, suları kirletmektedir. Tekstil atıkları aynı zamanda çöplükler için arazilere ihtiyaç duymaktadır. Çöplüklere dökülen tekstiller ise, tekstil tedarik zincirinde hammadde veya bileşenler olarak girdi sağlamak yerine, değer kaybına neden olmaktadır. Geri dönüştürülmüş malzemeler olmadıkça, üreticilerin ihtiyaçlarını karşılamak adına daha fazla işlenmemiş malzeme gerekecek ve daha fazla enerji tüketilecektir [38].

Atık değerlendirmesi; bir ürünün orijinal formunda yeniden kullanılması ve atığın geri dönüştürülerek bir ürün haline getirilmesini kapsamaktadır. Bir tekstil ürünü mümkün olduğunca çok sefer yeniden kullanılmalı ve artık kullanılamayacak durumda olduğu düşünüldüğünde karbon ayak izinin azaltılması adına geri dönüşüme tabi tutulmalıdır [39].

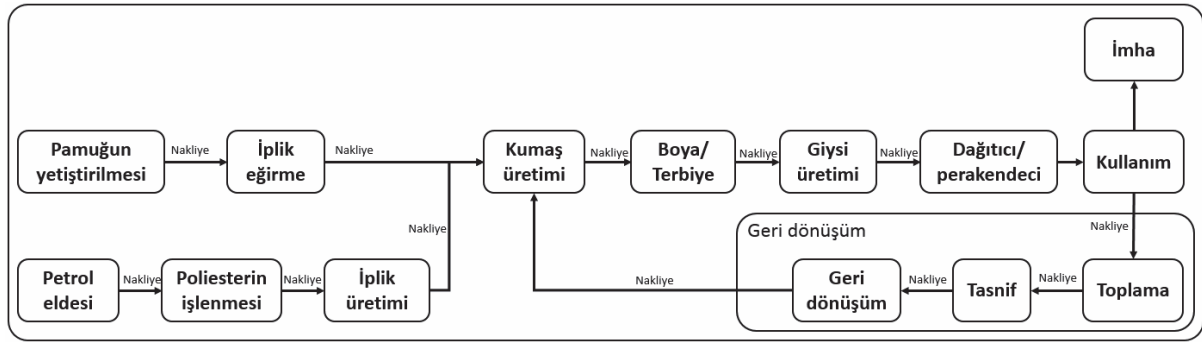
Geri dönüşüm teknolojileri 4 gruba ayrılabilir: Birincil geri dönüşüm bir ürünün orijinal haline geri dönüştürülmesidir; ikincil geri dönüşüm, atığın, orijinal halinden farklı bir uygulama alanına sahip olabilen ve daha düşük fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerde yeni bir ürüne dönüştürülmesidir; üçüncül geri dönüşüm, atığın piroliz, gazlaştırma ve hidroliz yoluyla basit kimyasallara veya yakıtlara dönüştürülmesidir; dördüncül geri dönüşüm ise katı atıkların

yakılması ile oluşan ısıdan yararlanılmasıdır [21]. Bu dört yaklaşımın yer aldığı bir süreç şeması Şekil 5’de verilmektedir [40].

Birincil ya da orijinal geri dönüşüm, en fayda sağlayan geri dönüşüm yöntemidir. Bu yöntem özellikle poliester ve poliamid gibi sentetik liflerin geri dönüşümüne yöneliktir. Bu yöntem “kapalı çevrim geri dönüşüm (closed loop recycling)” de denilmektedir [39]. Tekstillerin kapalı çevrim geri dönüşümü tüketici sonrası atıkların toplanmasını ve yeni giysilerde kullanılmak üzere bu atıklardan iplik üretilmesini kapsamaktadır. Günümüzde en yaygın geri dönüşüm açık çevrimdir (open loop). Geri dönüşüm işlemi sonrasında elde edilen malzemelerin kalitesinin yeni giysilerde kullanmak amacıyla çok düşük olması sebebiyle, daha düşük seviyede ürünlerde kullanımı tercih edilmektedir. Geri dönüştürülmüş malzemeler araba döşemelikleri ya da yalıtım malzemesi gibi kullanım olanağı bulmaktadır. Bu şekilde kısmen değer kazanımı sağlanmaktadır. Aksi halde bu atıklar yakılmaktadır. Ancak yine de bu uygulamalar hazır giyim üretimindeki hammadde ihtiyacını azaltmaya etki etmemektedir. Bu nedenle kapalı çevrim geri dönüşüm oldukça önemli bir konudur. Kapalı çevrim bir tedarik zincirinin ana faydası, kullanılmış ürünlerden yeniden değer yaratılmasıdır. Bu durum bir takım geri dönüşüm basamakları ile sağlanmaktadır. Şekil 6’da kapalı çevrim hazır giyim tedarik zinciri ve işlem basamakları görülmektedir [41].



Şekil 5. Tekstil atıklarının geri dönüşüm olanakları



Şekil 6. Kapalı çevrim bir hazır giyim tedarik zinciri

Kapalı çevrim bir tedarik zincirinin başlangıcı tekstil atıkları olup, bitmiş iplik ile sonlanmaktadır. Bu proses toplama, tasnif, lif geri dönüşümü, iplik işlemleri ve bu işlem basamakları arasındaki nakliye kapsamaktadır.

#### 4.1. Tekstil Atıklarının Geri Dönüşüm Yöntemleri

Tekstil ürünlerinin üretim süreçleri birbirinden farklı ve oldukça uzundur. Üretim süreçlerinin her birinde kullanılan hammadde, ara mamul veya kullanılan kimyasal madde, enerji kaynağı çeşidi, makine parkı gibi girdiler birbirinden çok farklıdır. Yapay lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü ile doğal lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü veya dokusuz yüzey yöntemi ile oluşturulan üzeri renkli baskılı bir tekstil ürünü ile üzerinde nakış bulunan bir dokuma kumaşın üretim süreçleri birbirinden çok farklıdır. 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 kompleks bir konudur [36].

Tekstil atıklarının geri dönüşümü, daha ziyade termoplastik polimer esaslı liflerde gerçekleştirilmektedir. Bunun sebebi bu liflerin işlenmesinin ve geri dönüşüm sonrası farklı formlarda elde edilmesinin kolay olmasıdır. Buna karşın, pamuk, yün, ipek gibi doğal lifler de geri dönüşüm uygulamaları arasında kendine yer edinmeye çalışmaktadır [12]. Geri dönüşürülmüş liflerin üretimi, diğer liflere göre çevreye daha az zarar vermekte ve doğal kaynak tüketimini azaltmaktadır. Tüm tekstil malzemeleri geri dönüşü-

rülebilmekte ve düşük kaliteli nihai ürünlerde, özellikle de takviye amaçlı ürünlerde kullanılabilirler [42].

##### 4.1.1. Sentetik Liflerin Geri Dönüşümü

Geri dönüşüm ile sentetik lifli tekstil atıklarından iplik elde edilmesi, mekanik veya kimyasal geri dönüşüm yöntemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler, plastik şişelerin lif haline geri dönüştürülmesinde kullanılan metotlara dayanmaktadır [41]. Poliester esaslı malzemelerde, geri dönüşüm giysinin küçük parçalara kesilmesiyle başlar. Parça kumaşlar granüle edilerek poliester cipsleri haline getirilir. Bu cipsler eritilerek yeni filament lifler çekilir ve yeni poliester kumaşlar üretilir [43].

##### -Mekanik Geri Dönüşüm

Mekanik geri dönüşüm temel olarak bir eriyik çekme prosesi olup, kirliliklerin giderilmesi ve polimer parçalarının eritilmesini kapsamaktadır. Tasnif edilmiş poliester pul pul ayrılır ve deterjan ve çözümlerle yıkanarak kirliliğe sebep olan maddeler yok edilir. Pullar hidrolitik bozunma olmaması için iyice kurutulur ve ardından eritilir, ekstrude edilir, mekanik özelliklerini iyileştirmek için çapraz bağlayıcılarla işlem görür. PET pullar, işlenmemiş poliester lifleri ile üretilen birçok ürünün hammaddesi olarak kullanılabilir [12]. Bu yöntem PET şişelerin liflere geri dönüşümünde en yaygın kullanılan yöntem olup, büyük ölçekli üretim gerçekleştirmek mümkündür. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, poliesterdeki kirlilik ve renklerin yok edilmemesidir. Bu durum

PET şişelerin geri dönüştürülmesinde problem olmamaktadır, çünkü şişelerde genellikle kirlilik çok az olmaktadır. Ancak hazır giyim ürünleri her zaman renklidir ve içerisinde poliester liflerinin haricinde farklı malzemeler de bulunmaktadır. Bu proses sonucunda gri renkte çıktılar elde edilmektedir, dolayısıyla işlenmemiş ipliklerin yerine kullanımları kısıtlı olmaktadır. Ayrıca malzemenin yeniden ısıl işleme tabi tutulması nedeniyle poliester mekanik olarak gerilmekte, bu nedenle işlenmemiş iplikler ile eşit kalite özellikleri gösterememektedir. Bununla birlikte tüketici sonrası atıklar kirlilikten arındırılmadığı için, bu durum elde edilen ipliklere de yansımaktadır. [41]

#### **-Kimyasal Geri Dönüşüm**

Poliesterin geri dönüştürülmesinde diğer bir yöntem ise kimyasal işlemdir. Bu yöntemde mekanik yöntemle göre çok daha yüksek kalitede, işlenmemiş liflerle kıyaslanabilir nitelikte lifler elde edilmektedir [41]. 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 kullanılabilir [44] 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 [12].

#### **4.1.2. Doğal Liflerin Geri Dönüştürülmesi**

Tüketici öncesi ve sonrası doğal lifli atıklar, yeniden ipliklere ve ardından kumaş haline dönüştürülebilmektedir. Tekstil atıklarından liflerin geri kazanılması ve ileride konvansiyonel tekstil işlemlerinde kullanılabilmesi için, atıkların liflerine açılması ve ayrılması gerekmektedir. İplik açma bileşenlerinin dahil edildiği kumaş parçalama makineleri, liflerin açılmasını sağlamaktadır. Parçalama işlemi sonrasında lif bileşenlerinin ayrılması, karışım haldeki atıklardan değerli liflerin kazanılmasındaki en önemli adımdır [12, 27]

İpliğin son kullanım amacına bağlı olarak lifler birleşik halde kalabilir. Ardından taraklama işlemi ile lifler temizlenip karıştırılarak, sonraki dokuma veya örme işlemleri için eğilmeye hazır hale getirilir. Son kullanım amacına bağlı olarak lifler bazen iplik haline eğilmez ve sadece preslenerek dolgu maddesi haline getirilir [43]. Eğer iplik elde edilecekse, açılmış lifler ring, rotor ve friksiyon eğirme prosesleri ile daha kaba ipliklere dönüştürülmektedir [12].

Örme veya dokuma yün ve benzeri malzemeler tekstil endüstrisinde, araba yalıtım malzemesi, çatı kaplama keçeleri, hoparlör konileri, panel kaplamaları ve mobilya dolguları gibi amaçlarla yeniden kullanılmaktadır. Pamuk ve ipek, kağıt ve temizlik bezi olarak otomotivden madencilğe çok sayıda sektörde kullanılmaktadır. Diğer türdeki tekstiller ise liflerine yeniden işlenerek, döşemelik, yalıtım ve hatta inşaat malzemesi olarak kullanılmaktadır [43].

#### **4.1.3. Tekstil Atıklarından Biyoyakıt Eldesi**

Çevresel açıdan büyük sıkıntıların söz konusu olduğu petrole dayalı sanayiye bir alternatif olarak biyoyakıtlar gösterilmektedir. Biyoyakıtların elde edildiği bioküteller, yıllık üretimi  $1,1 \times 10^{11}$  ton olan en bol yenilenebilir hammaddeler olup, mazot veya petrol ile kıyaslandığında CO<sub>2</sub> emisyonunu %90 oranında azaltmaktadır [45]. Pamuğun selüloz içeriği kuru ağırlığının %85-95'i gibi bir oranla oldukça yüksek olup, biyoyakıt haline dönüştürülmeye kimyasal olarak oldukça uygundur. 34 farklı hammadde kaynağı incelendiği bir çalışmada, pamuk %60'ın üzerinde selüloz içeren tek hammadde olarak tespit edilmiştir [46].

#### **4.1.4. Tekstil Atıklarının Yakılması**

Yeniden kullanılmayan ya da geri dönüştürülemeyen hazır giyim atıkları genellikle yakılmaktadır. Bu işlem sonucu açığa çıkan enerji geri kazanılmaktadır. Tekstillerin atık yönetiminde yakma işleminin sunduğu en büyük avantaj, tüm atık tipleri için kullanılabilir olmasıdır. Bu sayede tekstillerin atık yığınlarından ayrıştırılmasına gerek kalmamaktadır. Atıkların yakılması işlemi, CO<sub>2</sub> emisyonu sebebiyle çevresel açıdan olumsuz etki yaratmaktadır. Diğer yandan geri

kazanılan enerji sayesinde, fosil yakıtların tüketiminden kaçınılmakta ve CO<sub>2</sub> emisyonu etkileri telafi edilebilmektedir [41].

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. Buna karşın tekstil atıklarının geri dönüşümüne ilişkin yeni teknolojiler geliştirilmektedir [2]. Bununla birlikte geri dönüşüme ilişkin yakın gelecekte aşılması gereken çok sayıda engel söz konusudur [47]. Teknolojik açıdan değerlendirildiğinde, ilk ve en önemli sorun tekstil malzemesinin lif kompozisyonudur. Kumaşlarda çeşitli tiplerde liflerin bir arada bulunması ve renklerin birbirine karışması, tasnif işlemlerini olumsuz etkilemesi ve geri dönüştürülmüş ürünlerin kalitesini düşürmesi dolayısıyla tekstilde geri dönüşümü kısıtlayan etkenler arasında sayılmaktadır. Diğer sorunlar ise, karışım malzemelerin ayrıştırılması, ayrıştırmanın verimliliği, ayrıştırılan malzemenin kalitesi ve buna bağlı olarak geri dönüştürülmüş malzemenin kalitesi gibi problemlerdir [39].

Tekstil malzemelerinin geri dönüştürülmesi günümüzdeki imkanlar doğrultusunda ancak ürün tek bir malzemedan oluşuyorsa gerçekleştirilebilmektedir. Ancak piyasadaki ürünlerin büyük çoğunluğu, ürüne farklı özelliklerin kazandırılabilmesi amacıyla liflerin karıştırılması ile meydana getirilmektedir [31]. Günümüz pazarlarında mevcut giysiler, yıllar öncesindekilere göre gerek tasarım gerekse lif içeriği yönünden büyük farklılık göstermektedir. Sentetik liflerin 20. yüzyılda piyasaya girmesinin ardından, tekstillerin geri dönüşümü iki sebepten ötürü oldukça karmaşık hale gelmiştir: Birincisi liflerin mukavemetinin artması ile atıkların parçalanması ve açılması zorlaşmıştır; ikinci olarak ise liflerin karıştırılması ayrıştırma işlemini güçleştirmiştir [21]. Geri dönüştürülmüş liflerin ve kumaşların düşük kalitede olması dola-

yısıyla, işlenmemiş doğal ve sentetik liflerin kullanılması yönünde bir eğilim söz konusudur [2].

Bazı geri dönüşüm teknolojileri ticari olarak mevcuttur. Ancak diğer teknolojiler, proses maliyetleri ve ilgili standartların yetersizliği gibi sebeplerle hala araştırma ve küçük ölçekte deneme aşamasındadır. Bunun yanı sıra ekonomik ve politik engeller ile tekstil atıklarının toplanmasına ilişkin zorluklar söz konusudur. Geri dönüşümün geleceği atık liflerden üretilmiş ürünlere ilişkin yeni pazarların oluşturulması ve nihai ürün özelliklerini iyileştirecek teknolojilerin geliştirilmesine bağlıdır. Geri dönüşüm ekonomik ve uygulanabilir olduğu sürece teşvik edilmelidir. Yüksek hacimdeki atıkların tüketilmesi ve düşük kaliteli giysilerin geri dönüştürülemeyeceği yönündeki ön yargıların yıkılması adına, düşük katma değerli tekstillerin üretimine ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları da desteklenmelidir. Tekstillerin giysi veya başka uygulamalarda yeniden kullanımını mümkün kılmak ve atık yönetiminde en uygun şekilde ayrılmasını sağlamak adına, atık lif kompozisyonları için standartlar ve etiketler (örn. geri dönüştürülmüş, biyolojik olarak parçalanabilir, kompostlanabilir) gerekmektedir [27].

Tekstillerin geri kazanımı ve geri dönüştürülmesi, çevresel ve ekonomik açıdan önemli faydalar sağlamaktadır. İlk faydası çöplük alanlarına olan ihtiyacın azaltılmasıdır. Sentetik lifler doğada parçalanmamaktadır, doğal lifler ise doğada parçalanmakta ancak küresel ısınmaya sebep olan metan gazı açığa çıkarılmaktadır. İkinci faydası ise işlenmemiş kaynaklar üzerindeki baskının azaltılmasıdır. Bundan kasıt, tekstillerde kullanılan pamuk yün gibi doğal lifler ya da sentetik liflerin üretiminde kullanılan petrol gibi hammaddelerdir. Kirliliğin azaltılması, enerji ve su tüketiminin azaltılması ve kimyasallara olan ihtiyacın azaltılması da diğer faydaları olarak sıralanabilir [43].

Tekstil atıklarının geri dönüşümü çevresel açıdan fayda sağlamakla birlikte, aşağıdaki gibi birçok sorunu da kapsamaktadır [21]:

- Atıkların ürünlere geri dönüştürülmesi sırasındaki mekanik, kimyasal ve biyolojik proseslerde büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duyulması

- Geri dönüşüm proseslerinde ihtiyaç duyulan ilave hammaddeler
- Geri dönüşüm proseslerinde havaya, suya ve toprağa gerçekleşen emisyonlar.

Bu nedenle geri dönüşüm süreçlerinin faydaları değerlendirilirken aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir [2]:

- Geri dönüşüm prosesine ilişkin enerji tüketimi ve yaratılan kirlilik, işlenmemiş malzemelerden üretim yapılmasına göre avantaj sağlaması
- Geri dönüştürülmüş ürünler için potansiyel Pazarların bulunması ve maliyetlerin rekabet edebilir düzeyde olması.

Çevresel etkisi ve ürünlerin rekabet gücü göz önünde bulundurulduğunda, geri dönüşüm genellikle tercih edilen yöntem olmamaktadır. Ancak “tercih” göreceli ve değişken bir kavramdır. Örneğin petrol fiyatlarındaki artış, plastiklerin geri kazanımına etki edebilir, piyasadaki ürün talepleri değişebilir ve yasal düzenlemeler diğer alternatiflere (çöplüklere boşaltma gibi) kısıtlama getirebilir. Bu dış faktörlerin etkisi olmasa dahi, geri dönüşüm diğer alternatifleri gölgede bırakarak kabul gören bir uygulama haline gelebilir. Bunun için daha çevre dostu, daha enerji tasarrufu sağlayan ve daha düşük maliyetli teknolojilere ihtiyaç vardır [21].

Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi için çok sayıda zorlayıcı sebep söz konusudur. Doğal kaynakların korunması, çöplüklere olan ihtiyacın azalması, çöp dökmeye ilişkin ödenen vergilerden tasarruf sağlanması, ürünler için düşük maliyetli hammadde tedarik edilebilmesi bunlardan bazılarıdır. Ancak tekstillerin geri dönüştürülme oranı oldukça düşüktür. Genellikle sebep gösterilen toplumun geri dönüşüm konusundaki talebinin yetersizliği olmakla birlikte, atıkların imha edilmesinin tercih edilmesinin arkasındaki asıl sebep ekonomidir. Yasal düzenlemeler ile bu tercihlerin geri dönüşüm lehine dönüştürülmesi kolaylıkla mümkün olabilecektir [21].

Geri dönüşüm endüstrisi ekonomik açıdan rekabet edebilir ve çevresel anlamda fayda sağlar nitelikte

olmalıdır. Tekstil endüstrisi oldukça yüksek hacimlerde atık ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu alandaki geri dönüşüm uygulamaları ne yazık ki yeterli seviyede değildir [21].

## 4.2. Dünyada Tekstil Atıklarının Geri Dönüşümüne İlişkin Uygulamalar

Tekstillerin geri dönüştürülmesi, tekstil ve hazır giyim sanayinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için verimli bir yoldur. Ancak tekstil geri dönüşümü günümüzde maliyet, zaman ve teknoloji açısından çeşitli engellerle yüzleşmektedir. Ancak sürdürülebilirlik önem kazandıkça, gerek hazır giyim üreticileri gerekse sektördeki diğer organizasyonlar tarafından geri dönüşümün geliştirilmesine yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bunun sonucunda, tekstil ve hazır giyim sanayinde geri dönüşüm teşebbüsleri hızla artmıştır. Farklı bölgelerde, hem çevresel koruma hem de ekonomik verimlilik sağlayacak strateji ve politikalar oluşturulmuştur [27].

Birçok gönüllü ve kar amacı gütmeyen organizasyon, çeşitli kampanyalar yoluyla doğal kaynakların korunması yönünde girişimlerde bulunmakta ve geri dönüşüm konusundaki farkındalığın artmasını sağlamaktadır. Tüketiciler, geri dönüştürülmüş ürünler satın almaları konusunda teşvik edilmektedir. Şekil 7’de geri dönüştürülmüş ürünler için piyasada mevcut etiketlerden örnekler verilmektedir. Tüm bu girişimlerin amacı çevresel açıdan uygunluk taşıyan, sosyal açıdan fayda sağlayan ve ekonomik anlamda uygulanabilir atık yönetim sistemlerini desteklemektir [12].

Kağıt ve ahşap bazlı malzemelerin, tüketici sonrası atıklardan ayrılarak korunması için, uluslararası bir sivil toplum kuruluşu olan Orman Yönetim Sistemi (Forest Stewardship Council – FSC) tarafından küresel bir etiketleme sistemi ortaya konulmuştur. Bu etiketleme sistemi ormanların tahrip edilmesine yönelik konulara dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. FSC’de hem geri dönüştürülmüş hem de geri kazanılmış malzemeler desteklenmektedir. Ancak bu tip etiketler yalnızca %100 geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanıldığı ürünlere verilmektedir [12].



Şekil 7. Geri dönüştürülmüş ürünler için etiketler a) Orman Yönetim Sistemi (Forest Stewardship Council) b) Küresel Geri Dönüşüm Standardı (Global Recycling Standard) c) Bluesign

Textile Exchange (daha önce Organic Exchange olarak bilinmekteydi), tüm dünyada tekstil değer zincirinde sürdürülebilirliği artırmak amacıyla 2002 yılında kurulmuş bir diğer kar amacı gütmeyen kuruluştur. Textile Exchange, 2012 yılında, tüketici öncesi ve sonrası atıkların geri dönüşümünü kapsayan (sanayi öncesi atıkları kapsamamaktadır) Küresel Geri Dönüşüm Standardı kavramını ortaya koymuştur. GSR, nihai ürünlerdeki toplam geri dönüştürülmüş malzeme içeriğini esas alan, üç seviyeli bir sistem sunmaktadır. Bronz standartta ürünlerin en az %30 oranında geri dönüştürülmüş malzeme içermesi gerekirken, gümüş standartta bu oran %70-95, altın standartta ise %95-100 olmalıdır [12].

Diğer bir belgelendirme sistemi İsviçre kökenli bir organizasyon olan Bluesign Technologies AG tarafından ortaya konulan Bluesign'dır. Bu belgelendirmede üretim prosesleri, enerji girdileri ve hava emisyonu da denetlenmektedir. Proseste kullanılan her bileşen ekotoksikolojik açıdan incelenmekte ve tüketimi azaltacak olasılıklar değerlendirilmektedir. Tekstil atık işleme ünitelerinin, doğrulanabilir prosedürlere uyması beklenmektedir. Bluesign belgesi sosyal açıdan duyarlı özelliklerde ceket, pantolon, gömlek, kazak ve şapka, eldiven gibi aksesuarlara verilmektedir [12].

Aşağıda, geri dönüştürülmüş tekstil atıklarını ürünlerinde kullanan firmalardan örnekler sunulmaktadır [12, 48].

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. Firmanın müşteri farkındalığı üzerinde olumlu etkiler yaratan sürdürülebilirlik kampanyaları da bulunmaktadır.

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 [49]. Levi's Waste-Less™ Jean pantolonları %29 oranında tüketici sonrası atıklardan geri dönüştürülmüş plastik içermektedir.

H&M, 1990'ların ortasında organik pamuk liflerini kullanarak sunduğu Bilinçli Koleksiyon ile yeşil moda'yı 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.

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.

Adidas'ın 2012 Londra Olimpiyatları'ndaki iştiraki, 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 yüzük bölümü %50 oranında, bazı diğer bölümleri ise %10 veya 20 oranında geri dönüştürülmüş materyal içermektedir.

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

Esprit geri dönüştürülmüş naylondan plaj giysisi üreten ilk firmadır. Beachwear Collection 2012 ile sundukları plaj giysilerinde %70 geri dönüştürülmüş naylon ve %30 Lycra kullanmışlardır. Ardından sundukları Beachwear Collection 2013'te ise geri dönüştürülmüş naylon oranını %82'ye çıkarmışlardır. Çevre dostu Esprit giysileri içerisinde %100 geri dönüştürülmüş poliesterden üretilmiş giysiler de mevcuttur. Esprit'in geri dönüşüm koleksiyonları, giysilerde en az %30 oranında geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını belgeleyen Küresel Geri Dönüşüm Standardı (Global Recycle Standard – GRS) ile sertifikalandırılmıştır.

En eski hazır giyim markalarından biri olan Hanes'in EcoSmart markası, geri dönüştürülmüş içeriğe (poliester ve pamuk) sahip ürünler ile bilinmektedir. EcoSmart'ın erkekler için siyah spor çorapları, en az %55 oranında geri dönüştürülmüş pamuk lifi içermekte olup, beyaz spor çorapları ise %15 geri dönüştürülmüş ipliklerle üretilmektedir. Hanes eşofman üstü ve altları da en az %5 EcoSmart poliester lifi içerecek şekilde üretilmektedir.

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

Lindex firmasının tüm departmanları, geri dönüştürülmüş malzemelerden, organik pamuktan veya çevreye daha az etki eden alternatif liflerden yapılmış ürünler sunmaktadır. Sürdürülebilir giysiler talep eden müşterilerine kolaylık sağlamak adına, firma bu malzemeleri "Organik/Recycled" etiketi ile ayırmaktadır. "Recycled" etiketine sahip giysiler, poliester, poliamid veya pamuk gibi farklı geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilmektedir.

Gina Tricot firması, geri dönüştürülmüş poliester ve poliamidden üretilmiş giysiler sunmaktadır. Bunların dışında birçok teknik tekstilin üretiminde de (indutech, sportech, agrotech, meditech ve clothtech) geri dönüştürülmüş elyaf ve kumaş kullanılmaktadır.

## 5. ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Tekstil ve hazır giyim ürünlerinin tüketimi sürdürülemez şekilde devam ettiği sürece, çevreye verilen zarar da artacaktır. Çevresel bütünlük ve sürdürülebilirliğin sağlanması için, sadece tekstil ve hazır giyim firmalarının daha sürdürülebilir ürünler üretmesi yeterli olmayıp, aynı zamanda bireylerin tüketim davranışlarının değişmesi ve çevreye karşı sorumluluklarının artması da gerekmektedir [25]. Connolly ve Prothero [50] şöyle belirtmiştir: "Yeşil tüketimin bir strateji olarak uygulanıp uygulanamayacağı konusuna odaklanmaktansa, belki de insanların birey olarak küresel çevre problemlerine yardımcı olabileceğine inanmasını sağlayacak süreci kavramaya çalışmalıyız."

Avrupa Komisyonu çevresel tasarıma ilişkin prensipleri şu şekilde tanımlamaktadır [6, 51]:

- Mümkün olduğunca daha düşük etkili malzeme kullanılması: işlenmesi ve nakliyesinde doğal kaynak ihtiyacı (enerji ve su gibi) çok düşük olan ya da hiç olmayan, kullanımı biyo-çeşitliliği tehdit etmeyen, toksik olmayan, sürdürülebilir şekilde üretilmiş veya geri dönüştürülmüş malzemeler
- Kaynakların verimliliğine odaklanması: mümkün olduğunca az doğal kaynak tüketen üretim proseslerinin, hizmetlerinin ve ürünlerinin yaratılması

- Kalite ve sağlamlığa yatırım yapılması: estetik özelliklerini kaybetmeden eskiyen, uzun ömürlü ve işlevsel ürünler sayesinde ürün değişim etkisinin azaltılması
- Yeniden kullanma, geri dönüştürme ve yenileme: yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya gübre haline getirilebilir ürünlerin tasarlanması.

Sürdürülebilir moda; tasarım, üretim, lojistik, perakende, kullanım ve imha etme dahil tüm aşamaları dikkate alan yaşam döngüsü fikrini içermelidir. Ürün yerine yaşam döngüsü tasarımlarının yapılmasının daha faydalı olduğu belirtilmektedir. En iyisi ise, ürünün birden fazla yaşam döngüsüne sahip olması ve tasarım aşamasında ürünün ilk yaşam döngüsü tamamlandığında ne şekilde kullanılabileceğinin belirlenmesidir. Çevresel açıdan değerlendirildiğinde en iyi seçenek ürünün olduğu haliyle kullanılması; ikinci en iyi seçenek kendisinden küçük modifikasyonlar ile yeni bir ürün tasarlanması; üçüncü seçenek ise malzemelerin geri dönüştürülmesidir [6].

Sürdürülebilirliğin hayata geçirilmesi için insanoğlunun 3R veya 4R konseptlerine odaklanması gerekmektedir. Popüler 3R konsepti yeniden kullanma (reuse), azaltma (reduce) ve geri dönüşümü (recycle) kapsamakta iken, 4R konsepti buna yeniden satın alma (rebuy) boyutunu da dahil etmektedir. Bu konsept geri dönüştürülmüş ya da geri kazanılmış malzemelerden üretilen ürünlerin yeniden satın alınmasının önemine vurgu yapmaktadır [12].

Hazır giyim perakendecileri, sürdürülebilirlik konusunda önemli role sahiptir. Çünkü tüketicilerin giyim eşyalarının sürdürülebilirliği konusundaki yaklaşımlarını etkileyebilecek ve geliştirebilecek bir pozisyonda yer almaktadırlar [52, 53]. Firmalar, müşterilerin satın alma tercihlerine müdahale edebilmeleri dolayısıyla, tüketici davranışları üzerinde büyük etkiye sahip olup, tüketim biçimlerini değiştirmeleri mümkündür. Gelişmekte olan ülkelerde dahi insanlar, firmaların da yardımıyla geri dönüşümün ve yeniden kullanımın önemi konusunda eğitilebilirler. Bu gibi faaliyetler yoluyla, tüketicilerin sürdürülebilirliğe ilişkin farkındalıkları artırılabilir, gelecekte çevreye verilen zarar azaltılabilir [54].

Geride dönüştürülmüş malzeme kullanımı, genel anlamda üretim süreçlerinde daha az enerji tükettiği, işlenmemiş malzeme tüketimini azalttığı, daha az kirliliğe ve sera gazı emisyonuna neden olduğu, bazı durumlarda daha düşük üretim maliyeti sağladığı gerekçeleriyle daha da artırılmalıdır. Bu nedenle önde gelen moda firmaları, sektördeki diğer firmalara da örnek olmak adına, aktif geri dönüşüm sistemleri tasarlamalı ve uygulamalıdır [55].

#### KAYNAKLAR

1. Slater, D., (1997), *Consumer Culture and Modernity*, Polity Press, Cambridge, UK.
2. Fletcher, K., (2008), *Sustainable Fashion and Textiles*, Design Journeys, Earth Scan, London, UK.
3. Pasquinelli, I., (2012), *What Can the Fashion Industry Do to Become More Sustainable?*, The Guardian, <http://www.guardian.co.uk/sustainable-business/fashion-industrysustainability-strategy>, erişim tarihi: 10.09.2015
4. Welters, L., Lillethun, A., (2007), *The Fashion Reader*, Berg, New York, USA.
5. Johansson, E., (2010), *Slow Fashion - The Answer for a Sustainable Fashion Industry?*, MSc Thesis, Textile Management, The Swedish School of Textiles, Sweden.
6. Niinimäki, K., (2013), *Tenets of Sustainable Fashion*, in "Sustainable Fashion: New Approaches", Ed: Niinimäki, K., Aalto University Publication Series, Helsinki, Finland, 12-29.
7. Chen, H., Burns, L.D., (2006), *Environmental Analysis of Textile Products*, Clothing and Textile Research Journal, 24, 3, 248-261.
8. Thomas, S., (2008), *The "Green Blur" to Eco-fashion: Fashioning an Eco-Lexicon*, Fashion Theory, 12, 4, 525-540.
9. Hansen, E.G., Schaltegger, S., (2013), *100 Per Cent Organic? A Sustainable Entrepreneurship Perspective on the Diffusion of Organic Clothing*, Corporate Governance, 13, 583-598.
10. Hansen, E.G., Große-Dunker, F., Reichwald, R., (2009), *Sustainability Innovation Cube - A Framework to Evaluate Sustainability-Oriented Innovations*, International Journal of Innovation Management, 13, 4, 683-713.
11. United Nations, (1987), Report of the World Commission on Environment and Development Our Common Future, <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>, erişim tarihi: 17.09.2015
12. Vadicherla, T., Saravanan, D., (2014), *Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers*, in "Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing Eco-friendly Raw Materials, Technologies, and Processing Methods", Ed: Muthu S.S., Springer Science-Business Media, Singapore.



13. Hepbaşlı, A., (2010), *Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemi, Yaklaşımlar ve Uygulamalar*, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul, Türkiye.
14. Greenpeace International, (2011), <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/Dirty-Laundry/>, erişim tarihi: 10.09.2015
15. Choudhury, A.K.R., (2014), *Environmental Impacts of the Textile Industry and Its Assessment Through Life Cycle Assessment*, in "Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing - Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain", Ed: Muthu S.S., Springer Science-Business Media, Singapore.
16. Moore, S.B., Wentz, M., (2009), *Systems Change for Sustainability in Textiles* in "Sustainable Textiles: Life Cycle and Environmental Impact", Ed: Blackburn R.S., Woodhead, Cambridge.
17. Oecotextiles, (2012), *Textile Industry Poses Environmental Hazards*, [http://www.oecotextiles.com/PDF/textile\\_industry\\_hazards.pdf](http://www.oecotextiles.com/PDF/textile_industry_hazards.pdf), erişim tarihi: 10.09.2015
18. Nagaraj, A.R., (2012), *Energy Management in Textile Industry*, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/41/4066/energy-management1.asp>, erişim tarihi: 10.09.2015
19. Reddy, B.S., Ray, B.K., (2011), *Understanding Industrial Energy Use: Physical Energy Intensity Changes in Indian Manufacturing Sector*, Energy Policy, 39, 11, 7234-7243.
20. Rupp, J. (2008), *Ecology and Economy in Textile Finishing*, Textile World, [http://www.textileworld.com/Issues/2008/November-December/Features/Ecology\\_And\\_Economy\\_In\\_Textile\\_Finishing](http://www.textileworld.com/Issues/2008/November-December/Features/Ecology_And_Economy_In_Textile_Finishing), erişim tarihi: 10.09.2015
21. Wang, Y., (2006), *Chapter 1. Introduction*, in "Recycling in Textiles", Ed. Wang Y., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
22. Qin, Y., (2014), *Global Fibres Overview*, Synthetic Fibres Raw Materials Committee Meeting at APIC, Pattaya, Thailand.
23. The Global Fiber Market, (2014), <http://www.lenzing.com/en/investors/equitystory/global-fiber-market.html>, erişim tarihi: 10.09.2015
24. MADE-BY, (2013), Environmental Benchmark for Fibres, [http://www.made-by.org/wpcontent/uploads/2014/03/benchmark\\_environmental\\_condensed\\_16\\_12\\_2013\\_pdf\\_16845.pdf](http://www.made-by.org/wpcontent/uploads/2014/03/benchmark_environmental_condensed_16_12_2013_pdf_16845.pdf), erişim tarihi: 10.09.2015
25. Kim, Y., Connell, H., Kozar, J.M., (2014), *Environmentally Sustainable Clothing Consumption: Knowledge, Attitudes, and Behavior*, in "Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing - Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain", Ed: Muthu S.S., Springer Science-Business Media, Singapore.
26. Chiras, D.D., (1998), *Environmental Science: A Systems Approach to Sustainable Development*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA, USA.
27. Lu, J.J., Hamouda, H., (2014), *Current Status of Fiber Waste Recycling and its Future*, Advanced Materials Research, 878, 122-131.
28. Vishnoi, A., *Environment Protection by Textile Recycling: A Route to Sustainability*, <http://tmu.ac.in/gallery/viewpointsdcp2013/pdf/track1/T114.pdf>, erişim tarihi: 10.09.2015
29. Cuc, S., Vidovic, M., (2011), *Environmental Sustainability through Clothing Recycling*, Operations and Supply Chain Management, 4, 2/3, 108-115.
30. The Eco-Chic Design Award, (2013), *Sourcing Textile Waste*, [http://www.ecochicdesignaward.com/wp-content/blogs.dir/3/files/2013/07/LEARN\\_Sourcing\\_ENG.pdf](http://www.ecochicdesignaward.com/wp-content/blogs.dir/3/files/2013/07/LEARN_Sourcing_ENG.pdf), erişim tarihi: 10.09.2015
31. Palm, D., (2011), *Improved Waste Management of Textiles*, <http://www.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800080103/B1976.pdf>, erişim tarihi: 10.09.2015
32. Shore, M., (1995), *The Impact of Recycling on Jobs in North Carolina*, NC Recycling Business Assistance Center, Raleigh, North Carolina.
33. Rösch, H., Cuc, S., (2008), *Abwasserrecycling in der Textilveredelungsindustrie*, The International Scientific Symposium "Innovative Solutions for Sustainable Development Of Textiles Industry", Annals of the Oradea University, Fascicle of Textiles and Leatherwork, Cilt: 9, University of Oradea.
34. Hill, G., Holman, J., (2001), *Chemistry in Context*, Thomas Nelson and Sons, London, UK.
35. Güngör, A., Gupta, S.M., (1999), *Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey*, Computers and Industrial Engineering, 36, 811-853.
36. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., (2009), *Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi*, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 197-205.
37. Kurtoglu Necef, Ö., Seventekin, N., Pamuk, M., (2013), *A Study on Recycling the Fabric Scraps in Apparel Manufacturing Industry*, Tekstil ve Konfeksiyon, 23, 3, 286-289.
38. Woolard, R., (2009), *Logistical Model for Closed Loop Recycling of Textile Materials*, MSc Thesis, Textile Engineering, Raleigh, North Carolina.
39. Muthu, S.S., Li, Y., Hu, J.Y., Ze, L., (2012), *Carbon Footprint Reduction in the Textile Process Chain: Recycling of Textile Materials*, Fibers and Polymers, 13, 8, 1065-1070.
40. Wang, Y., Wu, H.C., Li, V.C., (2000), *Concrete Reinforcement with Recycled Fibers*, Journal of Materials in Civil Engineering, 12, 4, 314-319.
41. 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.

42. Telli, A., Özdil, N., Babaarslan, O., (2012), *PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı*, Tekstil ve Mühendis, 19, 86, 49-55.
43. Eryuruk, S.H., (2012), *Greening of the Textile and Clothing Industry*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20, 6A(95), 22-27.
44. Gminder, C.U., (2006), *Nachhaltigkeitsstrategien Systemisch Umsetzen: Exploration der Organisationsaufstellung als Managementmethode*, PhD Thesis, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften (HSG), Universität St Gallen, St Gallen.
45. Tadasse, H., Luque, R., (2011), *Advances on Biomass Pretreatment Using Ionic Liquids: An Overview*, Energy and Environmental Science, 4, 10, 3913-3929.
46. Menon, V., Rao, M., (2012), *Trends in Bioconversion of Lignocellulose: Biofuels, Platform Chemicals & Biorefinery Concept*, Progress in Energy and Combustion Science, 38, 4, 522-550.
47. Muthu, S.S., Li, Y., Hu, J.Y., Mok, P.Y., (2012), *Recyclability Potential Index (RPI): The Concept and Quantification of RPI for Textile Fibres*, Ecological Indicators, 18, 58-62.
48. Laura Kathryn Sampson, L.K., (2009), *Consumer Analysis of Purchasing Behavior for Green Apparel*, MSc Thesis, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
49. Kim, F., (2008), *Green Day*, Women's Wear Daily, 195, 2, 6.
50. Connolly, J., Prothero, A., (2008), *Green Consumption: Life-Politics, Risk and Contradictions*, Journal of Consumer Culture, 8, 1, 117-145.
51. SEC, (2009), *Design As a Driver of User-centred Innovation*, Commission Staff Working Document, Brussels, 7.4., Commission of the European Communities.
52. Goworek, H., Fisher, T., Cooper, T., Woodward, S., Hiller, A., (2012), *The Sustainable Clothing Market: An Evaluation of Potential Strategies for UK Retailers*, International Journal of Retail & Distribution Management, 40, 12, 935-955.
53. Jones, P., Comfort, D., Hillier, D., (2010), *Sustainability in the Global Shop Window*, International Journal of Retail & Distribution Management, 33, 12, 882-92.
54. Muslu, D., (2012), *Innovation and Sustainability in Fashion Industry*, MSc Thesis, Fashion Brand Management, The Swedish School of Textiles, Sweden.
55. Vergheese, K., Lewis, H., Fitzpatrick L., (2012), *Packaging for Sustainability*, Springer, New York, USA.