



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>



*Derleme Makalesi / Review Article*

## **Tekstil Sektöründe Geri Dönüşüm Olanakları ve Uşak İli'nde Güncel Durum**

Hakan MACİT<sup>1,2\*</sup>, Ayşe Ebru TAYYAR<sup>3</sup>, Ayşe ŞEVKAN MACİT<sup>3</sup>, Gonca  
ALAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

<sup>2</sup>Çalışma ve İş Kurumu, Uşak İl Müdürlüğü

<sup>3</sup>Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 64200, Uşak

*Geliş: 1 Kasım 2019*

*Kabul: 11 Aralık 2019 / Received: 1 Kasım 2019*

*Accepted: 11 Aralık 2019*

### **Abstract**

Nowadays, with the developing technology and changing consumption habits, product diversity occurs in every field of the industry. However, the phenomenon of rapid consumption triggers cycles in production processes, increasing raw material utilization and waste generated in these processes. In this study, approaches and methods related to reuse of textile wastes are examined. Information is given about the current studies in the literature about recycling methods and products obtained in different textile production technologies. At the same time, up-to-date data on the current status of recycling facilities in Uşak province were evaluated in textiles. By using textile wastes as raw materials with innovative and high value-added products to be produced, environmental and economic gains will be achieved. Uşak stands out as a pioneer in recycling. Sectoral development will be provided with the roadmaps determined for the studies to be carried out on this subject. As the evaluations made shed light on forward; as in Uşak, the development of the sector is envisaged throughout the country.

**Keywords:** Recycling, waste, textile sector, blanket, Uşak.

### **Özet**

Günümüzde gelişen teknoloji ve değişen tüketim alışkanlıkları ile endüstrinin her alanında ürün çeşitliliği meydana gelmektedir. Bununla birlikte hızlı tüketim olgusu, üretim süreçlerindeki döngüleri tetikleyerek hammadde kullanımını ve bu süreçlerde açığa çıkan atıkları artırmaktadır. Araştırmacılar atık değerlendirme yöntemlerini hem sektörel hem de teknolojik açılardan ele almaktadır. Bu çalışmada özellikle tekstil atıklarının yeniden değerlendirilmesi ile ilgili yaklaşımlar ve yöntemler incelenmiştir. Farklı

\*Corresponding author:

E-mail: hakan.macit@iskur.gov.tr

tekstil üretim teknolojilerinde uygulanan geri dönüşüm yöntemleri ve elde edilen ürünler hakkında literatürde yer alan güncel çalışmalarla ilgili bilgi sunulmuştur. Aynı zamanda Uşak ili özelinde tekstilde geri dönüşüm olanaklarının mevcut durumu hakkında güncel veriler değerlendirilmiştir. Tekstil atıklarının hammadde olarak kullanılmasıyla üretilen yenilikçi ve katma değeri yüksek ürünler sayesinde çevresel ve ekonomik anlamda kazanç sağlanacağı söylenebilmektedir. Uşak geri dönüşüm alanında öncü bir il olmasıyla dikkat çekmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalar için belirlenmiş yol haritaları ile sektörel kalkınma sağlanabilecektir. Yapılan değerlendirmelerin ileriye ışık tutmasıyla; Uşak ilinde olduğu gibi ülke çapında da sektörün gelişmesi öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri dönüşüm, atık, tekstil sektörü, battaniye, Uşak.

©2019 Usak University all rights reserved.

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte üretim ve tüketimde meydana gelen yükselme, sınırlı kaynakların korunması ve enerji tasarrufunun sağlanması gibi sebeplerle geri dönüşüm kavramını oldukça önemli hale getirmiştir. Geri dönüşüm, çeşitli kaynaklardan meydana gelen atıkların, tekrar değerlendirilebilmesi için farklı işlem basamaklarından geçerek üretime dahil edilmesi olarak tanımlanabilir. Atıkların depolanması için gerekli olan alanların azalması ve lojistik maliyetlerinin artması gibi sebeplerden dolayı atık bertarafı üreticiler ve tüketiciler açısından zorunlu hale gelmiştir. Bununla birlikte yalnızca çevreyle dost yaklaşımlarla yapılan geri dönüşüm uygulamaları tam anlamıyla faydalı olmaktadır.

2014 yılı verilerine göre Türkiye’de bir yılda oluşan tekstil atığı miktarı yaklaşık olarak 800 bin tondur. Bu atıkların 450 bin tonu elyaf tekstil ürünleri ve 350 bin tonu ise evsel atık kaynaklıdır. Tekstil sektörü ayrıca 2014 yılı Türkiye Tehlikeli Atık Beyan Sistemi (TABS) verilerine göre en çok tehlikeli atık meydana getiren sektörler sıralamasında 8. sıradadır. Gerek çevresel gerek finansal maliyetlerin azaltılabilmesi için tekstil sektöründe geri dönüşümün, tekstil atıklarının geri dönüşümü ile elde edilen malzemelerin ve diğer atıkların geri dönüşümüyle üretilen tekstil üretimi girdilerinin kullanımının yaygınlaştırılması önem taşımaktadır [1].

Tekstil sektörü hem geleneksel hem de teknik alanlarda kullanılacak ürünlere olan ihtiyacı karşılaması bakımından oldukça geniş bir ürün çeşitliliğine sahip olan bir sektördür. Tekstilde başlıca üretim yöntemleri, iplikçilik, örme, dokuma ve dokusuz yüzeyler olarak sayılabilir. Üretim basamaklarında ortaya çıkan veya kullanım sonrası oluşan atıkların yeniden değerlendirilebilmesi bakımından tekstil sektörü geri dönüşüm için en uygun sektörler arasındadır. Bununla birlikte gelişen teknolojik imkanlar dahilinde farklı çeşitlerde üretilen tekstil ürünlerinin geri dönüşümünün sağlanması karmaşık bir çalışma alanı olarak görülmektedir. Bu noktada üretim süreçlerinde ve tüketim sonrası oluşan atıkların, başka bir üretim sürecinin girdisi olacak şekilde yeniden değerlendirilmesi sayesinde tüm sistemin birbirini destekleyen ve atık çıkarmayacak şekilde planlanmasını öngören dögüsel ekonomi yaklaşımı gerçekleşmiş olacaktır [1].



**Şekil1.** Döngüsel ekonomi yaklaşımı [1]

Geri dönüşüm, üretim süreçlerinde (tüketici öncesi) ya da sonrasında (tüketici sonrası) tekstil atıklarının yeniden değerlendirilmesi sonucu tekrar tekstil ya da tekstil dışı ürünler elde edilmesini ifade etmektedir [2]. Geri dönüşüm yöntemiyle tekstil atıkları yeni üretim süreçlerine hammadde veya yarı mamul olarak dahil olabileceği gibi tekstil dışı üretim süreçlerinin atıkları da tekstil üretimine katkı sağlayabilir. Tekstilde geri dönüşüm, literatürde çeşitli sınıflandırmalarla açıklanmaktadır. Bu sınıflandırmalarda geri dönüşüm için kullanılan yöntem, elde edilen geri dönüşüm ürününün son hali ve değeri, elde edilen geri dönüşüm ürünün muhtemel kullanım alanları gibi kavramlar belirleyici olmaktadır. Bu sınıflandırma yöntemleri araştırmacıların çalışmalarına da yön vermiştir.

## 2. Geri Dönüşüm Yöntemleri

Tekstil sektörü açısından bakıldığında geri dönüşümü yapılacak hammaddeler öncelikle ayırma işleminden geçmektedir. Tekrar kullanıma uygun olan ürünler ayırma işleminden sonra ikinci kullanım için uygun şekillerde uygun yerlere ulaştırılmaktadır. Diğer ürünler ise ayırma işleminden sonra çeşitli yöntemlerle geri kazanılabilir hale dönüştürülmektedir. Bu yöntemler mekanik, termomekanik, kimyasal ve enerji dönüşümü yöntemleri olarak sıralanabilir [3].

Mekanik yöntemde, toplanan atıkların kesme, garnet, şifonöz vb. makinalarla parçalama, taraklama ve diğer mekanik işlemler ile tekrar liflere dönüştürülmesi sağlanabilmektedir [4]. Bu yöntemle elde edilen geri kazanılmış atıklar, iplik, dokuma, örme ve dokusuz yüzeylerin üretiminde kullanılabilen lifli bir hale getirilmektedir. Termomekanik yöntemde, atıklar eritilerek granül haline getirilir ve bu granüller plastiklerin ve liflerin üretiminde kullanılır [3]. Kimyasal yöntemde, özellikle sentetik içerikli atıklar, genel itibarıyla kimyasal depolimerizasyon yöntemleri ile hammaddeye veya ara ürüne geri dönüştürülür ve bu yolla elde edilen ürünler çeşitli alanlarda kullanılabilir [3]. Geri kazanılarak tekrar kullanıma uygun olmayan atıklar yakılarak enerji eldesinde kullanılabilir. Bu yöntemler dışında öngörülen yöntemler ise atıkların depolanması, saklanması veya temizlik bezi gibi ürünler olarak kullanılmasını kapsamaktadır [4].

### 3. Geri Dönüşüm Olanakları ve Kullanım Alanları

#### 3.1. Tekstil Dışındaki Sektörlerde Geri Dönüşüm Olanakları

Çeşitli sektörlerde geri dönüşümde ortak amaç; atıkların ayrıştırılıp gerektiği şekilde yeniden kullanımıyla atık çöp miktarının azaltılmasıdır. Farklı maddelerin tekrar kullanılması ve geri dönüşümü tabii kaynakların tükenmesini önlemektedir. Geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş ürünlerde endüstriyel işlem sayısı daha az olduğu için bu şekilde enerji tasarrufu da sağlanmış olacaktır. Örnek verilecek olursa; **metal** içecek kutularının geri dönüşümünde metal doğrudan eritilir ve yeni ürün haline dönüştürülür. Dolayısıyla hem üretimde kullanılan maden cevherine hem de madenin saflaştırmasında uygulanan işlemlere gerek kalmaz. Bu yolla elde edilmiş bir alüminyum kutunun geri dönüşümüyle %96 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Yine bir başka üretim alanından örnek verilecek olursa; katı atıklarda ayrılan kâğıdın geri kazanılması amacıyla yeniden işleme sokulması için gereken enerji normal süreçteki işlemler için gerekli olan enerjinin %50'si kadardır. Benzer şekilde cam ve plastik atıkların geri dönüşümünden de kayda değer miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir [5].

Tekstil sektörü dışında; cam, motor yağı, kâğıt, akümülatörler, alüminyum, elektronik atıklar, demir, diğer metaller, ahşap, plastik, solvent bazlı atıklar ve pillerin yaygın bir şekilde geri dönüştürüldüğü bilinmektedir. Bu sayede hem enerji tasarrufu sağlandığı hem de bu ürünlerin yeniden kullanımıyla atık çöp miktarının azaltıldığı görülmektedir [6].

#### 3.2. Tekstil Sektöründe Geri Dönüşüm Olanakları

Geri dönüşüm yöntemleri, uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından hem tekstil dışı sektörlerde hem de tekstil sektöründe geniş kullanım alanı bulmaktadır. Tüm çalışma alanları birlikte ele alındığında Türkiye'de tekstil atıklarının başlıca kullanım alanları aşağıdaki gibi gruplandırılabilir [3]:

- a) Tekstil atıklarından plastik malzeme üretimi.
- b) Polyester esaslı atıkların PET şişelerle beraber, yeniden eritilerek iplik üretiminde kullanılması.
- c) Tekstil atıklarının açılarak elyaf haline getirilmesi.
- d) Atıkların açılarak iplik üretiminde kullanılması (Yaygın olarak open-end iplikçilik)
- e) Atıkların açılarak dokusuz yüzeylerin üretiminde kullanılması

Dokusuz yüzeylerin üretimi kısmında yaygın olarak keçe üretiminden bahsedilebilir. Elde edilen bu dokusuz yüzeyler; keçe olarak yatak, otomotiv tekstillerinde, inşaat sektöründe, kulak pamuğu, temizlik bezleri üretiminde yer almaktadır. Open-end iplik üretiminde elde edilen iplikler ise; döşemelik kumaş üretiminde, triko ve çorap sektöründe, masa örtüsü, kilim, battaniye vb. üretiminde yerini almaktadır [3].

Bahsedilen katı atıkların geri kazanımı dışında, tekstil sektöründe boya ve terbiye işlemleri sırasında geri kazanılan atık suların yeniden kullanımı da söz konusudur. Atık suyun geri kazanımı ve kullanılması konusu tekstil endüstrisi için oldukça caziptir. Tekstil endüstrisi suyun en çok kullanıldığı endüstrilerin başında gelir ve 1 kg kumaş için yaklaşık 200-400 lt su kullanılır [7]. Dolayısıyla hem enerji tasarrufu açısından, hem de ekonomik ve çevresel açılardan bu alandaki atık suların geri kazanımı büyük öneme sahiptir.

Uşak ilinde geri dönüşüm liflerin en yoğun olarak dokusuz yüzey ve battaniye üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Bu noktada boyutları iplik eğirmeye elverişli olmayan geri dönüşüm elyaf, genellikle dokusuz yüzeylerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. İplik

eğirme sürecindeki işlemlerde sorun çıkarmayacak durumda olanlar ise iplik haline getirilerek çoğunlukla dokuma battaniye üretiminde kullanılmaktadır. Türkiye’de battaniye üreten şehirler arasında öncü olan Uşak’ta yıllık ortalama 6 milyon adet battaniye üretilmektedir ve bu değer battaniye üretiminde Uşak’ın ülke genelinde %80’lik bir paya sahip olmasını sağlamaktadır [8].

Uşak ili geri kazanım sektöründe başlıca lokasyonlardan biridir. Sektörün daha yüksek karlarla çalışabilmesi, il ekonomisine daha fazla katkı yapabilmesi, ulusal ve uluslararası düzeyde rekabet gücünün artırılabilmesi için hem teknolojik hem de kentsel politikaların geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların etkinliğinin artırılabilmesi için; geri dönüşüm sektöründeki alım satım işlemlerinde düzenli ve sistematik kayıtların tutulması, elde edilen ürünlerin ulusal ve uluslararası piyasalarda tanınırlığının ve güvenilirliğinin sağlanması için gerekli sertifikasyon işlemlerinin yapılması, katma değeri yüksek nihai ürünlerin üretilmesinin hedeflenmesi, entegre üretim tesisi sayısının artırılması ve bu alanda çalışacak kalifiye iş gücünün sağlanması gerekmektedir [9]. Resim 1’de Uşak İlinde geri dönüşüm ipliklerden dokunan battaniye örnekleri gösterilmiştir.



**Resim 1.** Uşak ilinde geri dönüşüm ipliklerden dokuma battaniye üretimi.

#### **4. Tekstilde Geri Dönüşüm Konusunda Yapılan Çalışmalar**

Geri dönüşüm alanında yürütülen araştırmaların bir kısmı sektörün güncel durumunu çeşitli açılardan inceleyen ve sayısal veriler sunan rapor niteliğinde çalışmalardan oluşmaktadır. Diğer kısmı ise tekstil üretim teknolojilerinde elde edilmiş farklı formlardaki geri dönüşüm ürünlerin kullanım ve dayanım performanslarına yoğunlaşan çalışmalardan oluşmaktadır. Araştırmacılar bu teknik incelemelerde iplik, dokuma, örme, dokusuz yüzeyler, kompozit malzeme üretimi gibi alanlarda çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Inoue ve Yamamoto (2004) çalışmalarında Pet şişeden termomekanik yolla geri dönüştürülmüş poliester içerikli dokuma kumaşların kullanım ve dayanım özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmaya göre geri dönüşüm poliester içeren kumaşlar geri dönüşüm lif

oranı arttıkça kumaşların daha sıkı bir yapı gösterme eğiliminde olduğu ve bu durumun da eğilme ve kesme dayanım özelliklerini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir [10].

Üstün Çetin (2010) çalışmasında orijinal poliester ve rPet (Pet şişeden termomekanik yolla geri dönüştürülmüş poliester) kullanarak farklı karışım oranları ile farklı tülbent katsayılarında iğneleme yolu ile dokusuz yüzey kumaş üretmiştir. Kumaşların yalıtım amaçlı kullanılmasının hedeflendiğini belirten araştırmacı kumaşların mekanik dayanım özellikleri ile geçirgenlik özelliklerini incelemiştir. Dökümlülük, hava geçirgenliği gibi özelliklerde geri dönüşüm lif kullanımının etkisinin önemsiz olduğu belirtilmiştir. Araştırmacı bağıl su buharı geçirgenliğinde %100 rPet hammaddeli ürünün değerlerinin istatistiksel olarak diğer harman karışım oranlarındaki ürünlerden farklı olduğunu rapor etmiştir [11].

Tayyar ve Üstün (2010) çalışmalarında Pet şişelerden geri kazanılmış poliester lifleri hakkında bilgi vermişlerdir. Araştırmacılar plastiklerin tanımlanması ve sınıflandırılması ile ilgili detaylı literatür verisi içeren kısımlara ek olarak çalışmalarında Pet şişelerin geri kazanımını ve geri dönüşüm PET liflerinin tekstilde kullanım olanaklarını izah etmişlerdir. rPET liflerinin tekstil dışı ve tekstil sektöründeki kullanımından bahseden araştırmacılar sürdürülebilirlik açısından geri dönüşüm liflerin kullanımının önemini vurgulamışlardır [12].

Yavaşcaoğlu (2012) çalışmasında atıkların yeniden kullanılması, hammadde veya yararlı ürünler olarak geri kazanımı, geri dönüşümü ve çevre kirliliğine yol açmayacak şekilde yok edilmesi konusunda yapılan çalışmaların öneminden bahsetmiştir. Tekstil sektörünün, en fazla su, hava, kimyasal madde ve enerji tüketen endüstri dalları arasında yer aldığını belirten araştırmacı yaş terbiye işlemlerinin fazla enerji tüketimine yol açtığını, hava ve su kirliliğine sebep olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda iplik eğirme, dokuma, örme ve dokusuz yüzey üretimi basamaklarında oluşan tekstil katı atıklarının da üretim süreçlerine yeniden kazandırılması gerektiğine vurgu yapmıştır [13].

Altun (2012) ülkemizde tekstil ve konfeksiyon katı atıklarının resmi rakamlarla incelenmesi hakkında anketler ve fabrika görüşmeleri içeren analizler yapmıştır. Çalışmada tüketici öncesi atıklar incelendiğinde iplik üretim basamağında değerlendirilmesi mümkün olmayan kısa liflerin ağırlıkta olduğu belirtilmiştir [14].

Rajamanickam ve Vasudevan (2014) çalışmalarında farklı karışım oranlarında Lyocell ve Pet şişeden termomekanik yolla geri dönüştürülmüş elyaf kullanarak iplik elde etmişlerdir. Lyocell ve geri dönüşüm poliester karışımları ile üretilen ring iplikleri mukavemet ve uzama değerleri bakımından tatmin edici nitelikte bulunmuştur. Kitosan ile işlem görmüş tüm karışım iplik numuneleri kontrol gruplarına göre daha iyi antibakteriyel özellikte bulunmuştur [15].

Gün ve arkadaşları (2014) geri dönüşüm liflerden üretilen çorapların boyutsal ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. Lif tipinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi oldukça önemli bulunurken patlama mukavemeti üzerinde geri dönüşüm ve orijinal ürünler arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Geri dönüşüm olanların hava geçirgenliği daha düşük ve boncuklanma eğilimi daha yüksek bulunmuştur. Aşınma dayanımında ise kütle kaybı yoluyla yapılan değerlendirmede geri dönüşümden olanlar daha düşük kütle kaybına sahip ve renk dayanımında ise daha yüksek değerlere sahip bulunmuştur [16].

Yelkovan (2015) üretim sürecinde oluşan atıkların değerlendirilmesine detaylı bir örnek teşkil eden çalışmada, iplik eğirme sürecinden önce meydana gelen halı, şapka ve pnomofil teleflerini kullanmıştır. Bu telefleri ham pamuk ile farklı oranlarda karıştırılmış şekilde kullanarak iplik üretmiştir. Elde ettiği ipliklerin kalite özelliklerini telef cinsi ve kullanım oranını göz önünde bulundurarak incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, telef cinsi ve oranının iplik özellikleri üzerinde etkili olduğu, pnomofil telef içeren ipliklerin diğer telef cinslerine göre daha iyi ve telefiz ipliklerle benzer kalite değerlerinde olduğunu gözlemlemiştir [17].

Awais ve arkadaşları (2015) geri dönüştürülmüş PPTA (Poli parafenil tereftal amid) liflerinden kesilmeye karşı dayanıklı eldivenler geliştirmek üzere çalışmışlardır. PPTA, mekanik ve ısıya dayanıklı özelliklere sahip yüksek performanslı bir elyaftır. Orijinal ve geri dönüşüm PPTA liflerinden üretilen kesilmeye dayanıklı örgü yapıdaki eldivenler çelik öz içerecek ve içermeyecek şekilde elde edilerek kullanım performansları incelenmiştir. Geri dönüşüm elyaftan yapılan iplikle mekanik geri dönüşüm sırasındaki fibrilasyona bağlı olarak daha yüksek sürtünme katsayısı sergilemişlerdir. %50 geri dönüşüm lif içeren eldivenler fibrillerden kaynaklı enerji dağılımına bağlı olarak önemli derecede daha iyi kesilme direnci göstermişlerdir [18].

Telli (2016) çalışmada pamuk, iplik eğirme sürecinde meydana gelen geri dönüşüm pamuk ve geri dönüşüm PET (r-PET) kullanarak iplikler ve bu ipliklerden denim kumaşlar üretmiştir. Araştırmacı, üretilen ipliklerin kullanım performanslarının belirlenmesi için yapılan mekanik dayanım test sonuçlarında karışımlardaki r-PET miktarının artmasıyla kopma dayanımı ve kopma uzamasında artış, düzgünlük, iplik hataları ve tüylülük değerlerinde ise azalma eğilimi olduğunu belirtmiştir. Son ürün halinde bulunan denim kumaşlarda geri dönüşüm pamuk kullanımı kopma ve yırtılma mukavemetinde düşüşe neden olmuştur. Benzer bakışla; r-PET lifinin ise kopma dayanımı, kopma uzaması ve yırtılma dayanımına katkı sağlarken, yumuşaklığı ters yönde etkilediği gözlemlenmiştir [19].

Wanassi ve arkadaşları (2016) geri dönüşüm liflere katma değer sağlayarak düşük maliyetli iplik üretimi üzerinde çalışmışlardır. %50-50 oranında pamuk ve atık pamuk kullanarak farklı numaralarda iplik üretmişlerdir. Bu ipliklerin özellikleri kontrol grubu olarak üretilen %100 pamuk iplikle kıyaslandığında benzer fiziksel özellikler gösterdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte %100 pamuk ipliği üretim maliyetinden %33,5 daha düşük maliyetle iplik üretimi sağlanmıştır [20].

Gün ve arkadaşları (2016) geri dönüşüm liflerden elde edilen örülmüş çorapların ısı özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada iki tipte iplikten örme kumaş elde eden araştırmacılar birinci tipte geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliesterden %50-50 oranında karışım iplik kullanırken ikinci tipteki iplik ise %100 orijinal pamuktan oluşmaktadır. Üretimde çorapların özelliklerinin geliştirilmesi bakımından elastan ipliği de kullanılmıştır. Sonuçta geri dönüşüm liflerden üretilen çorapların ısı iletkenlik ve ısı emicilik değerleri %100 orijinal pamuktan üretilenlere göre daha düşük bulunurken ısı direnç değerleri daha yüksek gelmiştir. Buradan yola çıkarak geri dönüşüm liflerden üretilen çorapların soğuk hava koşulları için ılık hava koşullarına göre daha uyumlu olduğu belirtilmiştir [21].

Khan ve arkadaşları (2017) çalışmalarında koruyucu (kesilmeye dayanıklı) eldiven üretiminde orijinal ve geri dönüşüm kevlar ipliklerini %50 orijinal/%50 geri dönüşüm oranında kullanmışlardır. Denemeler sonucunda 3 katlı ipliklerin eldiven üretiminde sorunsuz çalışabileceğini gören araştırmacılar %50 orijinal/%50 geri dönüşüm Kevlar

hammaddeli eldivenin kesilme direncinin %100 geri dönüşüm Kevlar ile üretilmiş olana göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [22].

Vadicherla ve Saravanan (2017) mekanik geri dönüşüm poliester pamuk karışımı ipliklerin karakteristik özelliklerini incelemişlerdir. 3 farklı numarada ve kontrol grupları hariç 3 farklı karışım oranında iplik üretmişlerdir. Geri dönüştürülmüş poliester içeriğinin artırılması mukavemet, kopma uzaması ve tüylülüğü artırırken düzgünlüğü, ince yerleri, kalın yerleri ve nepsleri azaltmıştır. Geri dönüşüm poliester oranı, geri dönüştürülmüş poliester / pamuk karışımı ipliğin genel kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Geri dönüştürülmüş poliester ve pamuğun harmanlanması, çeşitli son kullanımları karşılamak için optimize edilebilir [23].

Can ve Ayvaz (2017) çalışmalarında tekstil ve moda sektöründe sürdürülebilirlik kavramını ekolojik açıdan ele almışlardır. Araştırmacılar tekstil ürünlerinin kullanım ömrünün daha uzun olmasının ve geri dönüşümünün sağlanabilmesinin sürdürülebilirlik açısından oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir [24].

Türker ve Dönmez (2017) tekstil atıklarının güncel durumu hakkında detaylı veri sunmuşlardır. Araştırmacılar tekstil atıklarının yalıtımla ilgili muhtemel kullanım alanları hakkında bilgi vermişler ve özellikle elektromanyetik kalkanlama hakkındaki çalışmalar üzerinde durmuşlardır. Bu noktada panel yapıda katmanlı kompozit yapıların geri dönüşüm liflerden üretilerek değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır [25].

Rathinamoorthy (2018) konfeksiyonda giysi üretimi sırasında önlenemeyen bir şekilde atık malzeme oluştuğunu belirtmiştir. Konfeksiyonda farklı aşamalarda meydana gelen atık türlerine değinen araştırmacı özellikle kesim sırasında değerlendirilecek atıklar sayesinde sağlanacak maliyet kazancının genel üretimde sağlanacak maliyet kazancını etkileyeceğini vurgulamıştır. Son ürün olarak elde edilen paketlenmiş konfeksiyon ürünün de herhangi bir sebeple satılamaz durumda olması halinde atık olarak değerlendirilebilirliği üzerinde durulmuştur [26].

Atakan ve arkadaşları (2018) çalışmalarında orijinal ve PET şişeden geri dönüşüm rPET kullanılmışlardır. Otomotiv döşemeliği olarak kullanılmak üzere rPET ve orijinal PET liflerinin karışımlarından önceden belirlenmiş üretim ve kalıplama parametrelerinde kumaşlar üretilmiştir. Geliştirilen döşemelikler aşınma dayanımı yönünden karşılaştırıldığında lif kaybı ve görünüş bakımından rPET içeren döşemeliklerin içermeyenlere göre neredeyse aynı performans özelliğinde olduğu gözlenmiştir [27].

Sarıoğlu (2019) çalışmasında Pet şişeden termomekanik yolla geri dönüştürülmüş poliester ve orijinal poliester liflerinden süprem kumaşlar elde etmiştir. Bu kumaşların patlama, hava geçirgenliği ve ıslanma özellikleri üzerinde çalışmıştır. Optimum lif karışım oranına sahip iplikten süprem kumaş üretiminin sağlanabilmesi için ayrıca optimizasyon analizi yapılmıştır. Sonuçta karışım tipi, karışım oranı ve iplik üretim teknolojisinin patlama mukavemeti ve hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar geri dönüşüm poliesterin iplik haline getirilip örme kumaşlarda kullanılmasının tavsiye edilir bir durum olduğunu belirtmişlerdir [28].

Chauhan ve arkadaşları (2019) orijinal ve rPET kullanarak iğneleme yolu ile farklı üretim parametrelerinde dokusuz yüzey kumaşlar üretmişlerdir. Ürünlerin kopma özellikleri incelendiğinde çalışma sonucunda orijinaline kıyasla geri dönüşüm liflerden elde edilen ürünün kopma mukavemeti yalnızca %8-10 daha düşük bulunmuştur [29].



El Wazna ve arkadaşları (2019) tekstil atıklarından yalıtım amaçlı kullanılacak dokusuz yüzeyler elde etmişler ve bunların ısı özelliklerini incelemişlerdir. Akrilik ve yün atıkları içeren kumaşlar iğneleme yöntemi ile üretilerek termofiziksel özellikler bakımından test edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında araştırmacılar üretilen geri dönüşümlü dokusuz yüzeylerin geleneksel olanlarla yarışabilecek kadar mükemmel yalıtım özelliği gösterdiğini belirtmişlerdir [30].

Gün ve Öner (2019) çalışmalarında kumaş kırpıntılarında elde edilen atık elyaf yığınının karışık liflerden oluşması ve farklı uzunluklarda lifler içermesinden dolayı iplik üretim sürecinin ve elde edilen iplik kalitesinin olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu durumda geri dönüşüm iplik özelliklerinin iyileştirilmesi adına çalışmalarında orijinal poliester ve kumaş kırpıntı liflerini farklı karışım oranlarında kullanarak open end geri dönüşüm iplikler elde etmişlerdir. İplik numarası, karışım oranı, atık elyaf cinsi, büküm katsayısı ve rotor çapı parametrelerinin elde edilecek geri dönüşüm ipliklerin kalite özelliklerine etkisini istatistiksel olarak incelemişlerdir. İstatistiksel sonuçlara göre özellikle karışım oranı, iplik numarası ve büküm katsayısının iplik kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Karışımlarda orijinal poliesterin iplik kalite özelliklerini iyileştirme yönünde etki yaptığını rapor etmişlerdir [31].

Uyanık (2019) çalışmasında virjin poliester (PET), geri dönüşüm poliester (rPET) ve viskon (CV) liflerini kullanarak Ne 10, Ne 20, Ne 30, Ne 40 olmak üzere 4 farklı iplik numarasında ve %100- %65-35, %50-50, %35-65 karışım oranlarında iplikler elde etmiş ve rPET lifinin hangi iplik numarası ve karışım oranı için daha uygun olduğunu araştırmıştır. Araştırmacı, ipliklere uygulanan testler ve yapılan istatistiksel analiz sonucunda, rPET elyafının, geri kazanımı sırasında oluşan fiziksel ve kimyasal bozulma nedeniyle, özellikle ince ipliklerde iplik özellikleri üzerinde genellikle olumsuz etkileri olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak rPET lifinin %100 halde ve tüm karışım oranlarında Ne 10 ve Ne 20 gibi kalın numaralı ipliklerde kullanımının uygun olduğunu belirtmiştir. İplik numarası incelendiğinde; Ne 30 için % 65'ten düşük ve Ne 40 için ise % 35'ten daha düşük oranlarda kullanılmasının uygun olduğunu rapor etmiştir [32].

Geri dönüşüm ile ilgili iplik, dokuma, örme ve dokusuz yüzeyler alanında çalışmalar yapıldığı gibi, kompozit alanında da geri dönüşüm konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır ve bu alanda da atıkların değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Aral (2009) çalışmasında %100 pamuklu ve %100 poliester (PET) dokuma kumaş atıklarını takviye malzemesi olarak kullanmıştır. Bu malzemelerle doymamış poliester reçine kullanarak kompozit plakalar üretmiştir. Takviye hammaddesinin, kumaşların boyut ve oryantasyonunun ve takviye ağırlık oranının kompozit performansı üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada atık kumaş takviyeli kompozitlerin saf reçineye kıyasla kompozit ürünlerin dayanımlarında gelişmeler gözlemiştir [33].

Ahrabi ve arkadaşları (2012) çalışmalarında plastik malzemelerin yeniden kullanımının önemine değinmişlerdir. Atık PET (Polietilen tereftalat) şişelerden elde edilen parçacıkları mermer tozu ile karıştırarak levha halinde değerlendirilmesi mümkün olan kompozit malzeme üretiminde kullanmışlardır. Ürünlerin test sonuçlarında en düşük sertlik değeri katkısız PET örneğinde bulunurken mermer oranının ağırlıkça %30 olduğu örnekte bu değer yaklaşık iki katına yükselmiştir [34].

İlik (2018) çalışmasında ticari değeri düşük olan sanayi atığı şeklinde %100 kenevir, %100 tinsel, %100 modal , %100 viskon ve %100 mikro modal hammaddeli beş kumaş kompozitler için takviye malzemesi olarak, epoksi reçineyi ise matris malzemesi olarak

kullanmıştır. Araştırmacı, kompozit üretiminde geleneksel olarak kullanılan kuvvetli elyaflarla kıyaslanamayacak sonuçlara karşın çekme ve basma mukavemetleri yönünden alternatif ekolojik kompozitlerle kıyaslandığında gelişmiş mekanik dayanım istenmeyen (masa sehpa süs eşyaları vb.) uygulamalarda kullanılabileceğini belirtmiştir [35].

## 5. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde endüstriyel üretim basamaklarında oluşan ve kullanım sonrası meydana gelen atıkların yeniden değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmada tekstil sektörünün farklı üretim aşamalarında oluşan hem üretici hem de tüketici sonrası açığa çıkan atıkların geri dönüşüm yöntemleri ile değerlendirilme olanakları ilgili literatürler ışığında incelenmiştir. Oluşan atıkların boyut, renk, hammadde gibi özelliklerine göre sınıflandırılarak üretim süreçlerine yeniden girdisi sağlandığında alternatif ürünler geliştirilebileceği görülmüştür. Elde edilen geri dönüşüm ürünleri için uygun kullanım alanları ve koşulları belirlenerek çevresel ve ekonomik fayda sağlamak kaçınılmazdır.

Geri dönüşümde, etkin bir tedarik zincirinin oluşturulması ve geri dönüşümü yapılacak ürünlerin sınıflandırılması oldukça önemlidir. Bu noktada geri dönüşüm elyaftan elde edilen ürünlerde kalite ve standartizasyon sağlanabilmesi açısından üretim parametrelerinin arşivlenmesi gerekmektedir. Elde edilen son ürünün fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesine yönelik araştırmalar ve uygulamalar sayesinde üretimde devamlılık sağlanabilecektir.

Uluslararası rekabet özellikleri değerlendirildiğinde ise Uşak ilinin fiyat ve telef erişim potansiyeli konusunda oldukça avantajlı olduğu ön plana çıkmaktadır. Türkiye tekstil geri dönüşümü sektöründe yaklaşık %80'lik paya sahip Uşak'ta bulunan fabrikalarda yılda 450 bin ton tekstil atığı işlenmektedir. Bu atıklardan elde edilen farklı numara ve hammadde yapısındaki iplikler battaniye üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu noktada geliştirilen ürünlerin özelliklerinin standardizasyonu ve katalog niteliğinde sınıflandırılabilmesi için gerekli çalışmaların yapılması geri dönüşüm ürün sürekliliği açısından önem arz etmektedir [1].

2019 yılı başında çevresel bilincin artırılması adına Uşak'ta geri dönüşüm sektörünün durumunu ortaya koyacak ve kısa-orta-uzun vadede sektöre yol haritası oluşturacak nitelikte bilgilerin olduğu Uşak Tekstil Geri Dönüşüm Sektör Raporu hazırlanmıştır. Uşak ilinde geri dönüşüm üzerine çalışan fabrikalarda ortaya çıkan ürün çeşitliliği öncelik sırasına göre ev tekstili – döşemelik kumaş, dokusuz yüzey (keçe), otomotiv tekstilleri, jeotekstiller, yalıtım malzemeleri, medikal tekstil ürünleri ile antibakteriyel tekstiller olarak belirtilmiştir [1].

Geri dönüşüm ürünlerin elde edilmesinde Uşak ili ürün çeşitliliği ve üretim olanakları bakımından öncü olan bir durumdadır. Atıkların değerlendirilmesi yoluyla atık depolama alanlarının azaltılması çevresel bilince katkı sunmaktadır. Ayrıca geri dönüşümle daha düşük maliyetli yeni ürünlerin elde edilmesi, sektörün sunduğu istihdam olanakları ve nitelikli iş gücünün değerlendirilmesi de bu ilin ülke ekonomisine önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Bu katkıların büyüyerek ve gelişerek ilerlemesi adına araştırma geliştirme ve ürün geliştirme (Ar-Ge ve Ür-Ge) çalışmalarının yürütülerek katma değeri yüksek geri dönüşümlü ürünlerin üretilmesi sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

1. Zafer Kalkınma Ajansı, Uşak İli Tekstil Geri Dönüşüm Sektör Raporu, 2019.
2. Sandin G. & Peters G. M. Environmental impact of textile reuse and recycling - A review. *Journal of Cleaner Production*, 2018; 184: 353-365.
3. Altun Ş. Tekstil Üretim ve Kullanım Atıklarının, Geri Kazanımı, Çevresel ve Ekonomik Etkileri, Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu, 2016.
4. Türemen M., Demir A., Özdoğan E. Tekstil Endüstrisi İçin Geri Dönüşüm ve Önemi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2018.
5. Geri Dönüşüm ile Hem Para Kazanılıyor Hem Çevre!  
<http://www.endustriotomasyon.com/tr/icerik/sayfa/geri-donusum-ile-hem-para-kazaniliyor-hem-cevre>, Erişim Tarihi: 25.10.2019.
6. TÜDAM, Geri Dönüşüm Sektörü Teşvik Raporu, Değerlendirilebilir Atık Malzemeler Sanayicileri Derneği, 2016.
7. Yıldız Töre G., Kaykioğlu G., Gürkan R. Membran Teknolojisi İle Geri Kazanılmış Tekstil Atıklarının Ürün Kalitesine Olan Etkisinin Değerlendirilmesi- Mem-Tek, Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Bap Proje Kapanış Raporu, 2006.
8. T.C. Ekonomi Bakanlığı, Ekonomik Araştırmalar ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Uşak İl Raporu, Nisan 2017.
9. Öztürkcan H. B. Uşak Rejenere (Yeniden Üretilmiş) Tekstil Sektörü Değer Zinciri Analizi, Zafer Kalkınma Ajansı, Abigem Uşak. 2015.
10. Inoue M. & Yamamoto S. Performance and durability of woven fabrics including recycled polyester fibers. *Journal of Textile Engineering*, 2004; 50(2): 25-30.
11. Üstün Çetin S. "İnşaat alanında Kullanılan Dokusuz yüzeylerde rPet Performansı", Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak, 2010.
12. Tayyar A. E. & Üstün S. Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2010; 16(1): 53-62.
13. Yavaşcaoğlu A. Tekstil Katı Atıkları, Katı Atık Oluşumunun Azaltılması ve Geri Kazanımı, *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)*, 1(2), 137-148.
14. Altun S. "Prediction of Textile Waste Profile and Recycling Opportunities in Turkey", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 2012; 5 (94): 16-20.
15. Rajamanickam S. & Vasudevan K. Study of antibacterial activity of chitosan on lyocell and recycled polyester yarns. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2014; 3(2): 9480-9486.
16. Gun A. D., Akturk H. N., Macit A. S. & Alan G. Dimensional and physical properties of socks made from reclaimed fibre. *The Journal of The Textile Institute*, 2014; 105(10): 1108-1117.
17. Yelkovan S. "Pamuk ve Geri Dönüşüm Pamuk Liflerinden Eğrilen İpliklerin Özelliklerinin İncelenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ISPARTA, 2015.
18. Awais M., Tausif M., Ahmad F., Jabbar, A. & Ahmad S. Inclusion of recycled PPTA fibre in development of cut-resistant gloves. *The Journal of The Textile Institute*, 2015; 106(4): 354-358.
19. Telli A. " Geri Dönüşüm Pamuk, R-Pet ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA, 2016.
20. Wanassi B., Azzouz B. & Hassen M. B. Value-added waste cotton yarn: Optimization of recycling process and spinning of reclaimed fibers. *Industrial crops and products*, 2016; 87: 27-32.
21. Gun A. D., Alan G., & Macit A. S. Thermal properties of socks made from reclaimed fibre. *The Journal of The Textile Institute*, 2016; 107(9): 1112-1121.

22. Khan H., Jamshaid, H., Mishra R., Militky J., & Sramek R. Development of cost effective cut resistant gloves by using virgin and recycled PPTA. *Novelties In Fibrous Material Science*, 273.
23. Vadicherla T. & Saravanan D. Effect of blend ratio on the quality characteristics of recycled polyester/cotton blended ring spun yarn. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2017.
24. Can Ö. & Ayvaz K. M. *Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik*. *Tekstil*, 2017; 1(3): 110-119.
25. Dönmez E. T. & Türker E. *Tekstil Atıkları İçeren Yüzeylerin Sahip Olduğu Elektromanyetik Kalkanlama, Ses ve Isı İzolasyonu Özellikleriyle İlgili Literatür İncelemesi*. *Tekstil ve Mühendis*, 2017; 24(106): 124-135.
26. Rathinamoorthy R., *Sustainable apparel production from recycled fabric waste*. In *Sustainable Innovations in Recycled Textiles*. Springer, Singapore, 2018: 19-52.
27. Atakan R., Sezer S., & Karakas H. Development of nonwoven automotive carpets made of recycled PET fibers with improved abrasion resistance. *Journal of Industrial Textiles*, 1528083718798637, 2018.
28. Sarıoğlu E. An investigation on performance optimization of r-PET/cotton and v-PET/cotton knitted fabric. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2019; 31(3): 439-452.
29. Chauhan V. K., Singh J. P. & Debnath S. Tensile behavior of virgin and recycled polyester nonwoven filter fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 1528083719833976, 2019.
30. Wazna M. E., Gounni A., Bouari A. E., Alami M. E. & Cherkaoui O., Development, characterization and thermal performance of insulating nonwoven fabrics made from textile waste. *Journal of Industrial Textiles*, 2019; 48(7): 1167-1183.
31. Demiroz Gun A. & Oner E. Investigation of the quality properties of open-end spun recycled yarns made from blends of recycled fabric scrap wastes and virgin polyester fibre. *The Journal of The Textile Institute*, 2019: 1-11.
32. Uyanık S. A study on the suitability of which yarn number to use for recycle polyester fiber. *The Journal of The Textile Institute*, 2019; 110(7): 1012-1031.
33. Aral N. "Tekstil Atıklarından Oluşturulan Kompozitlerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
34. Ahrabi A., Bilici İ. & Bilgesü A. Y. Pet Atıkları Kullanılarak Kompozit Malzeme Üretiminin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2012; 27(3).
35. İlik Z. "Bioliflerden Üretilmiş Atık Tekstil Kumaşların, Kompozit Malzemelerde Takviye Elamanı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2018.