

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GERİ DÖNÜŞÜM PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARDA  
ŞARDONLAMANIN KUMAŞ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NURSEDA ŞENGÜN**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GERİ DÖNÜŞÜM PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARDA  
ŞARDONLAMANIN KUMAŞ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NURSEDA ŞENGÜN**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**NURSEDA ŞENGÜN**

## ÖZET

**GERİ DÖNÜŞÜM PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARDA  
ŞARDONLAMANIN KUMAŞ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
NURSEDA ŞENGÜN  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. SEMA PALAMUTCU)  
DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024**

Tekstil üretiminde çevre dostu ve sürdürülebilir üretim yaklaşımları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önem kazanmıştır. Geri dönüşüm elyaf kullanımı tekstilde çevre dostu üretim yöntemlerinden bir tanesi olarak pazarda artan ilgi ile karşılanmaktadır. Tekstil ürünlerinde geri dönüşüm elyaf kullanılarak üretilmiş olan ürünlerin yeni elyaf kullanılmış ürünlere yakın performans sergilemesi ve müşteri memnuniyeti sağlaması beklenmektedir. Temel tekstil ürünlerinden olan çarşaflık kumaşlarda da geri dönüşüm pamuk kullanımı ile üretim, pazarda ilgi gören bir ürün çeşidi olarak dikkat çekmektedir.

Bu tez çalışmasında atkı ipliği olarak Ne 8/1 numarada üç farklı karışım oranında (%65 yeni pamuk %35 geri dönüştürülmüş pamuk, %55 yeni pamuk/%35 geri dönüştürülmüş pamuk %10 yeni poliester ve % 100 yeni pamuk) Open End rotor ipliği ve çözgü ipliği olarak %100 yeni pamuk lifinden üretilmiş Ne20/1 Open End rotor ipliği kullanılarak üretilen üç çeşit bezayağı dokuma kumaş ile çalışılmıştır. Endsütriyel ölçekte üretilen bu numune kumaşlar, şardonlama işleminin kumaş fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacı ile şardonsuz, tek tur şardonlu ve iki tur şardonlu olarak üretilmiştir. Üretim sonrası elde edilen dokuz farklı numune kumaşlara yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, boncuklanma, boyutsal stabilite, dairesel eğilme rijitliği (stiffness), hava geçirgenliği ve kumaş su buharı geçirgenliği testleri uygulanmıştır.

Kumaş performans ölçüm sonuçları istatistiksel olarak iki yönlü varyans analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bağımsız değişkenler olan lif içerikleri ve şardon derecesinin, bağımlı değişkenler olan kumaş eğilme rijitliği, kopma mukavemeti, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Geri dönüşüm pamuk, şardonlama, çarşaf kumaşı, hava geçirgenliği, boncuklanma

## **ABSTRACT**

### **INFLUENCE OF MECHANICAL RAISING PROCESS ON THE FABRIC PROPERTIES OF RECYCLED COTTON WOVEN FABRICS**

**MSC THESIS**

**NURSEDA ŞENGÜN**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:PROF. DR. SEMA PALAMUTCU)**

**DENİZLİ, AUGUST 2024**

Environmentally friendly and sustainable production approaches in textile production have gained importance in our country as well as all over the world. The use of recycled fibers is receiving increasing attention in the market as one of the environmentally friendly production methods in textiles. It is expected that products produced using recycled fibers in textile products will perform close to products using new fibers and provide customer satisfaction. The production of bed sheet fabrics, which are one of the basic textile products, with the use of recycled cotton, attracts attention as a type of product that attracts attention in the market.

In this thesis study, Open End weft yarn was used in three different blend ratios (65% new cotton/35% recycled cotton, 55% new cotton/35% recycled cotton/10% new poliester and 100% new cotton) in number Ne 8/1. Three types of plain fabric produced using Ne20/1 Open End rotor yarn produced from 100% new cotton fiber as rotor yarn and warp yarn were studied. These sample fabrics, produced on an industrial scale, were produced without raising, with one turn of raising and with two turns of raising, in order to examine the effect of the raising process on the physical properties of the fabric. Tear strength, tensile strength, thickness, pilling, dimensional stability, circular bending stiffness, air permeability and fabric water vapor permeability tests were applied to nine different sample fabrics obtained after production.

Fabric performance measurement results were statistically evaluated by two-way analysis of variance method. The effects of fiber contents and raising degree, which are independent variables, on fabric bending stiffness, tensile strength, air permeability and water vapor permeability, which are dependent variables, were examined.

**KEYWORDS:** Recycling, yarn, mechanical raising, bed linen, air permability, pilling

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Geri Dönüşüm .....	2
1.2 Tekstilde Geri Dönüşüm .....	3
1.3 Tekstilde Mikroplastik Riskleri .....	6
1.4 Geri Dönüştürülmüş Pamuk ve Yeni Pamuk .....	9
<b>2. ÇARŞAF ÜRETİM İŞLEMLERİ</b> .....	<b>12</b>
2.1 Dokuma Çarşaf Üretimi .....	12
2.2 Şardonlama İşlemi .....	16
2.3 Şardonlama İşleminin Amacı ve Etkileri .....	18
<b>3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>19</b>
<b>4. MATERYAL METOD</b> .....	<b>25</b>
4.1 Materyal.....	25
4.2 Metod ve Yapılacak Testler.....	30
4.2.1 Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklanma Tayini .....	31
4.2.2 Yıkama ve Kurutmada Boyutsal Stabilite Ölçümü.....	32
4.2.3 Yırtılma Mukavemeti Ölçümü.....	32
4.2.4 Kopma Mukavemeti Ölçümü.....	33
4.2.5 Dairesel Eğilme Direncinin Ölçülmesi (Stiffness) .....	33
4.2.6 Kalınlık Ölçümü .....	34
4.2.7 Su Buharı Ölçümü .....	35
4.2.8 Hava Geçirgenliği Ölçümü .....	36
4.2.9 Mikroplastik Belirleme Çalışması .....	36
<b>5. BULGULAR</b> .....	<b>38</b>
5.1 Martindale Boncuklanma Testi Sonuçları .....	38
5.2 Boyutsal Stabilite Ölçümü.....	44
5.3 Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları .....	46
5.4 Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları .....	48
5.5 Kopma Uzaması Ölçüm Sonuçları .....	50
5.6 Dairesel Eğilme Rijitliği Ölçüm Sonuçları.....	52
5.7 Kalınlık Ölçüm Sonuçları.....	54
5.8 Su Buharı Ölçümü Sonuçları.....	54
5.9 Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları .....	55
5.10 İstatiksel Değerlendirme.....	56
5.11 Mikroplastik Ölçüm Sonuçları .....	57
<b>6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>59</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>64</b>
<b>8. EKLER</b> .....	<b>69</b>
EK A TEST ÖLÇÜM VERİLERİ.....	69

<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>73</b>
--------------------------	-----------

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: 2030 yılına kadar ön görülen elyaf üretim grafiği.....	2
Şekil 1.2: Türkiye'nin 2023 yılına ait kuraklık raporu .....	3
Şekil 1.3: Kapalı çevrim bir hazır giyim tedarik zinciri .....	5
Şekil 1.4: PET şişelerden elyaf eldesi.....	5
Şekil 1.5: Yıllara göre dünya plastik üretimi .....	6
Şekil 1.6: 2023 Alt sektörler bazında plastik mamül üretimi .....	7
Şekil 1.7: Birincil mikroplastikler ve ikincil mikroplastikler.....	8
Şekil 1.8: Geri dönüşümlü kumaşların üretim akış şeması .....	10
Şekil 1.9: Giysi üretim ve geri dönüşüm döngüsü.....	10
Şekil 1.10: Tüketici sonrası ürünlerin elyafa dönüşmesi.....	11
Şekil 1.11: Kırpıntı açma-didikleme makinası .....	11
Şekil 2.1: Çarşaf çeşitleri .....	12
Şekil 2.2: Dokuma akış şeması.....	13
Şekil 2.3: İplik fiksaj makinası .....	13
Şekil 2.4: Haşılama işlemi .....	14
Şekil 2.5: Düz boyalı dokuma çarşaf prosesi.....	14
Şekil 2.6: Şardon makinası çalışma prensibi .....	17
Şekil 2.7: Şardon makinası .....	17
Şekil 4.1: Open-end ve ring iplik görüntüsü.....	27
Şekil 4.2: Martindale test cihazı .....	31
Şekil 4.3: Balistik sarkaç metodu (Elmendorf).....	32
Şekil 4.4: Kopma mukavemeti test cihazı .....	33
Şekil 4.5: Dairesel eğilme direnci test cihazı.....	34
Şekil 4.6: Kalınlık ölçü test cihazı .....	34
Şekil 4.7: Su buharı geçirgenliği test cihazı .....	35
Şekil 4.8: Hava geçirgenliği test cihazı .....	36
Şekil 4.9: Mikroskop .....	37
Şekil 5.1: Boyutsal stabilite sonuç grafiği .....	45
Şekil 5.2: Yırtılma mukavemeti test sonuç grafiği .....	48
Şekil 5.3: Kopma mukavemeti grafiği.....	50
Şekil 5.4: Kopma uzaması grafiği .....	52
Şekil 5.5: Dairesel eğilme rijitliği ölçüm sonucu grafiği.....	53
Şekil 5.6: Kalınlık ölçüm sonuçları grafiği.....	54
Şekil 5.7: Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları grafiği .....	55
Şekil 5.8: Hava geçirgenliği ölçüm sonucu .....	56
Şekil 5.9: Yıkama işleminden sonra tespit edilen mikroplastik görüntüleri.....	58



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1:</b> Çalışmada kullanılan liflere ait test sonuçları.....	26
<b>Tablo 4.2:</b> Çalışmada kullanılan ipliklere ait test sonuçları.....	28
<b>Tablo 4.3:</b> Kumaş Kodları.....	30
<b>Tablo 4.4:</b> Standart listesi.....	30
<b>Tablo 4.5:</b> Kumaş İplik sıklıkları ve gramaj .....	31
<b>Tablo 5.1:</b> Kumaşların 1000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri.....	39
<b>Tablo 5.2:</b> Kumaşların 5000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri.....	40
<b>Tablo 5.3:</b> Kumaşların 10000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri.....	41
<b>Tablo 5.4:</b> Kumaşların 15000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri.....	42
<b>Tablo 5.5:</b> Kumaşların 15000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri.....	43
<b>Tablo 5.6:</b> Boyutsal stabilite ölçüm sonuçları.....	44
<b>Tablo 5.7:</b> İstatiksel analizden elde edilen değerler .....	57
<b>Tablo A.1:</b> Atkı yönü yırtılma mukavemeti ölçüm verileri .....	69
<b>Tablo A.2:</b> Çözümlü yönü yırtılma mukavemeti ölçüm verileri .....	69
<b>Tablo A.3:</b> Atkı yönü kopma mukavemeti ölçüm verileri .....	69
<b>Tablo A.4:</b> Çözümlü yönü kopma mukavemeti ölçüm verileri.....	70
<b>Tablo A.5:</b> Atkı yönü kopma uzaması ölçüm verileri.....	70
<b>Tablo A.6:</b> Çözümlü yönü kopma uzaması ölçüm verileri.....	70
<b>Tablo A.7:</b> Dairesel eğilme rijitliği ölçüm verileri.....	71
<b>Tablo A.8:</b> Kalınlık ölçüm sonuçları.....	71
<b>Tablo A.9:</b> Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları .....	71
<b>Tablo A.10:</b> Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları .....	72

## SEMBOL LİSTESİ

<b>ISO</b>	:	International Organization for Standardization
<b>TSE</b>	:	Türk Standartları Enstitüsü
<b>EN</b>	:	Europeane Norm
<b>ASTM</b>	:	American Society for Testing and Materials
<b>PAGEV</b>	:	Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı
<b>BMP</b>	:	Birincil Mikro Plastikler
<b>İMP</b>	:	İkincil Mikro Plastikler
<b>E/E</b>	:	Elektirik Elektronik
<b>HVI</b>	:	High Volume Instrument

## ÖNSÖZ

Eğitimim boyunca emeğini ve ilgisini hep üzerimde hissettiğim saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Sema PALAMUTCU'ya, sonsuz teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Beni büyüten emek veren canım annem Fadime DURMUŞ ve canım babam Selahattin DURMUŞ'a, lisans eğitimimden beri yanımda olan desteğini esirgemeyen sevgili eşim Faruk ŞENGÜN'e, varlıklarıyla hayatıma renk katan sevgili kızlarım Defne ve Duru'ya ve bu tez çalışması boyunca kızlarıma bakarak bana bu yolda destek olan ikinci annem Fatma ŞENGÜN'e,

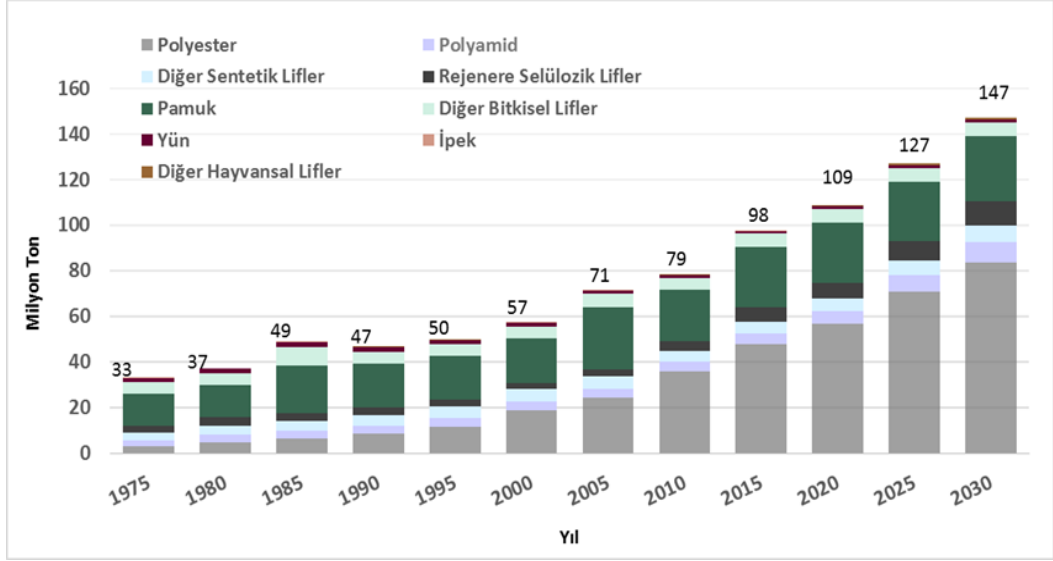
Kumaşların üretilmesini sağlayan Menderes Tekstil A.Ş. firmasına ve Ür-Ge Şefi Serkan ALSAN'a,

Laboratuvar testleri sırasında bana rehber olan sevgili arkadaşım Arş.Gör. Cansu VAR'a teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Doğal kaynakların tüketilip yok olması birçok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe de insanları yeni kaynakları araştırmaya veya dönüştürmeye sevk etmiştir. Bu noktada doğal lifler yerine üretilen sentetik lifler ya da kullanılan doğal veya sentetik liflerin geri dönüştürülerek yeniden kullanımı ve böylece kaynak tüketiminin kontrol altına alınması dünyada yükselen bir trend ve büyük ölçekli potansiyeli olan bir tekstil üretim alanıdır.

Tekstil ürünlerinin tüketimi sürekli olarak artmaktadır. Bu artışın nedenleri arasında artan dünya nüfusu, kişisel tüketim miktarının artması, teknik kullanım amaçlı alanlarda tekstil malzemelerinin kullanımının yaygınlaşması, alım gücü ve refah düzeyindeki artışlar ve tek kullanımlık tekstil ürün çeşitlerinin artması sayılabilmektedir. Örneğin, yaşanan Covid-19 salgının etkisiyle hijyen hayatımızın birinci önceliği haline gelmiş ve tek kullanımlık tekstil yapılı korunma ürünlerinin tüketimi hızla artmıştır. Salgın hastalığın etkisiyle kullanılan tek kullanımlık nonwoven maskeler, giysiler, plastik eldivenler doğada hızla artmakta önüne geçilemeyen çevre kirliliğine ve hızlı lif tüketimine sebep olmaktadır. Salgın hastalıkların yanı sıra değişen moda anlayışı küresel dünyada fast fashion denilen hızlı moda akımı sosyal medya aracılığıyla bütün tüketicilere ulaşmakta ve lif tüketiminin artışında önemli rol oynamaktadır. Şekil 1.1'de 2030 yılına kadar ön görülen elyaf üretim grafiği verilmiştir.



Şekil 1.1: 2030 yılına kadar ön görülen elyaf üretim grafiği (URL\_1)

Artan elyaf talebi ile birlikte tekstil liflerinin neden olduğu çevresel sorunlar da artmaktadır. Tekstil ürünlerinin geri dönüşüm yöntemleri ile lif formuna dönüştürülerek yeniden kullanımı uygulamalarındaki artış tekstil ürünlerine bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sorunların azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

## 1.1 Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm, kullanılmış ya da kullanım dışı atık kaynakların yeniden kullanılabilir hale dönüştürülerek aynı ya da farklı alanlarda değerlendirilmesi sürecidir. (Türemen ve diğ. 2018). 1970'li yılların başında başlayan çevre hareketiyle adından ilk kez söz edilmiş gibi olsa da aslında binlerce yıldır hayatımızda olan geri dönüşüm kavramı, sanayileşmeden önce hızlı ve ekonomik üretilmeyen ürünlerin geri dönüştürülerek kullanılmasına dayanmaktadır. Kıtılık ve savaş döneminde sınırlı kaynakların dönüştürülüp kullanılması geri dönüşüm çalışmalarının başlamasına zemin hazırlamıştır. (Türemen ve diğ. 2018) Günümüzde ise geri dönüşüm herhangi bir kıtlık veya yoksunluğa bağlı sebeplerle değil, yeni üretimin neden olduğu veya olacağı çevresel yükün ortadan kaldırılması veya azaltılması amacı ile önem kazanmıştır.

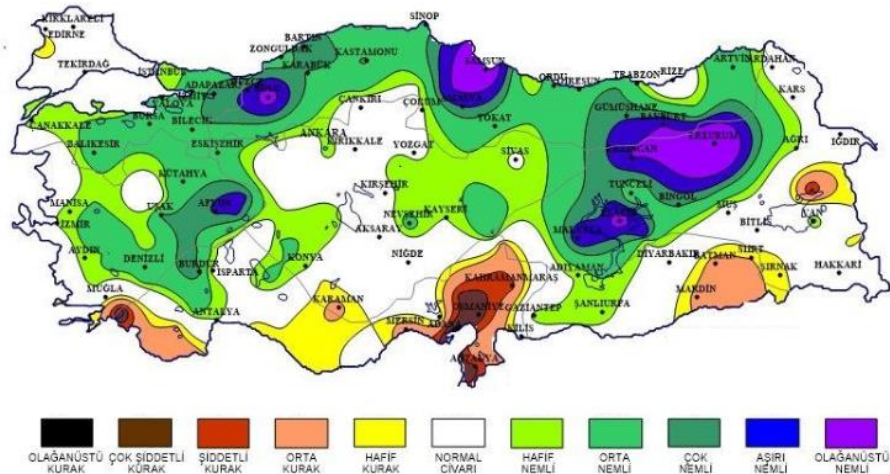
Ancak geri dönüşüm tamamen sorunu ortadan kaldıran bir çözüm olmamakla birlikte her malzemeyi geri dönüştürmeden önce üretmemeyi ya da ihtiyaç fazlası tüketmemeyi amaçlamak hedef olmalıdır (Grabianowski 2008).

## 1.2 Tekstilde Geri Dönüşüm

Tekstil üretim süreçleri doğal kaynakları tüketirken bir yandan da üretim süreçlerinde zararlı kimyasallar kullanılmasına bağlı olarak çevre kirliliğine neden olmakta, üretim süreçlerinde kullanılan ısı ve elektrik enerjisi tüketimi ile ardında büyük karbon ve su ayak izi bırakmaktadır.

Günümüzde oldukça popüler hale gelen tekstil ürünlerinde geri dönüşüm yaklaşımı, pek çok ünlü markayı ‘geri dönüşüm ürünler’ çağrısı yapmaya sevk etmiştir. Hızlı moda – fast fashion akımının aksine yavaş moda-slow fashion akımı gündemde yerini yavaş yavaş almaktadır. Bu konuyla ilgili başta Çin hükûmeti olmak üzere birçok ülke kendi aksiyon planı listelerini açıklamışlardır.

Dünyadaki su kaynaklarına genel olarak bakıldığında; evsel, tarımsal ve sanayi amacı ile güvenli olarak kullanılabilir su kaynakları dünyadaki toplam su kaynaklarının % 2,5 kadarına tekabül etmektedir (Chin 2000). Su kıtlığı gün geçtikçe daha çok kendini göstermektedir. Şekil 1.2’de Türkiye’nin 2023 yılına ait kuraklık raporu bulunmaktadır.



Şekil 1.2: Türkiye'nin 2023 yılına ait kuraklık raporu (URL\_2)

Türkiye’de kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.519 m<sup>3</sup> dür (URL\_3). Bu miktarın önümüzdeki yıllarda gerekli önlemler alınmazsa daha da azalacağı ön görülmektedir.

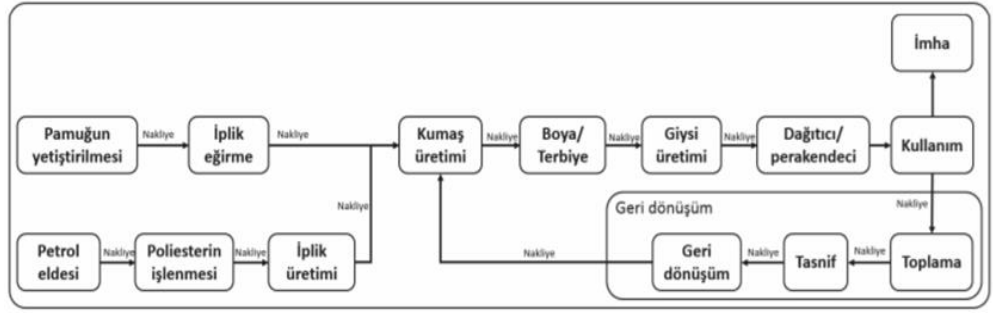
Bir adet pamuklu t-shirt üretimi için gereken su miktarı ortalama olarak 2.700 litredir (Kadem ve Özdemir 2020). 1 kg pamuğu üretmek içinse 20.000 litre suya ihtiyaç vardır (URL\_3). Bu durumda her defasında yeni pamuktan üretilen ürünlerin tonlarca su sarfiyatına neden olması tekstilde geri dönüşümün önemini ön plana çıkarmaktadır.

Covid-19 salgını nedeniyle hijyen kurallarına maksimum derecede önem verilmektedir. Bu sebeple ürünlerin yıkama sıklıkları, yıkama dereceleri ve kullanılan kimyasal miktarı artmıştır. Özellikle toplu yaşam alanlarında (otel, öğrenci yurtları, misafirhaneler) tek kullanımlık olmayan tekstillerin yüksek sıcaklıkta yıkanması enerji tüketimini oldukça olumsuz etkilemiştir. Tekstil ürünlerinin kullanımında tüketici davranışlarına bağlı enerji tüketiminin de arttığı bu dönemde tekstilde geri dönüşüm için yapılan çalışmalara daha çok ilgi duyulmuştur.

Tekstilde geri dönüşüm faydaları;

- Az enerji harcanarak gerçekleşir.
- Malzeme satın alma maliyetlerini düşürür.
- Bertaraf ve arıtma maliyetlerini azaltır.
- Yeni hammadde kullanımını azaltarak ekolojik olarak iyileşme sağlar.

Tekstil ürünlerinin üretim süreci diğer ürünlere göre daha uzun ve çeşitlidir. Doğal, sentetik ya da rejenere liflerin, farklı iplik üretim şekillerinden, dokuma, örme ya da dokusuz yüzeylere dönüşmesi, farklı bitim işlemlerine tabi tutulması birçok çeşitliliği beraberinde getirmektedir. Bu çeşitlilikle birlikte geri dönüşüm başlamadan önce sınıflandırmak, tasnif etmek gerekmektedir. Şekil 1.3’de tekstilin geri dönüşüm sürecinin öncesinde ve sonrasında geçtiği aşamalara yer verilmiştir.

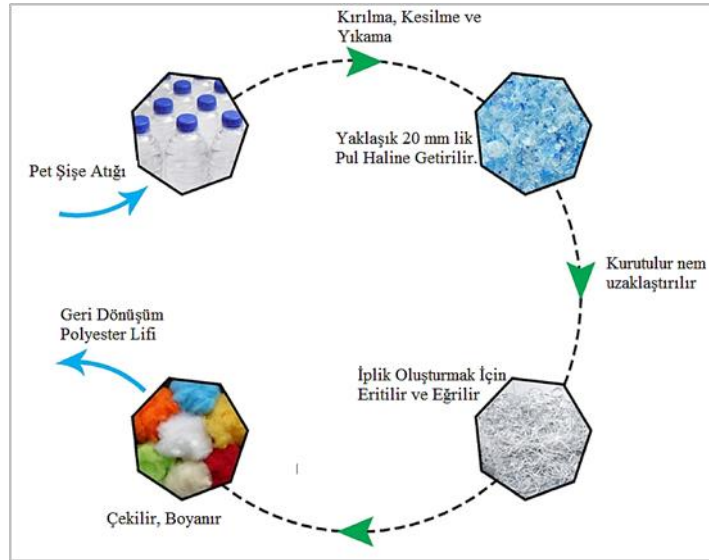


Şekil 1.3: Kapalı çevrim bir hazır giyim tedarik zinciri (Eser ve diğ. 2016)

Geri dönüşüm poliester tekstil lifi üretim süreçlerinde kullanılan hammaddeler tekstil ürünleri içindeki lifler olabildiği gibi, PET (Poli etilen tereftalat) şişelerin geri dönüşümü ile de gerçekleştirilmektedir. Geri dönüşüm PET liflerinin üretiminde mekanik ve kimyasal geri dönüşüm yöntemleri uygulanmaktadır.

### Mekanik Geri Dönüşüm

Atık haldeki ürünlerin sınıflandırıldıktan sonra temizlenerek eriyikten lif çekim işleminin uygulanmasıdır. Eriyikten filament çekim işleminden hemen önce pul formundaki atıklar işlenmemiş poliester lif içerikli ürünlerin hammaddesi olarak da kullanılabilir. PET şişelerden dönüştürülen lifler bu yöntemle elde edilmektedirler (Şekil 1.4)



Şekil 1.4: PET şişelerden elyaf eldesi (Sadeghi ve diğ. 2021)

Mekanik geri dönüşüm sürecinin birinci dezavantajı termoplastik ürünler üzerindeki renklerin çıkarılamaması ya da iyi temizlenmemesidir. Bu durumda geri dönüştürülen atıklarda sınırlamalar meydana gelmektedir. Bir diğer dezavantajı ise



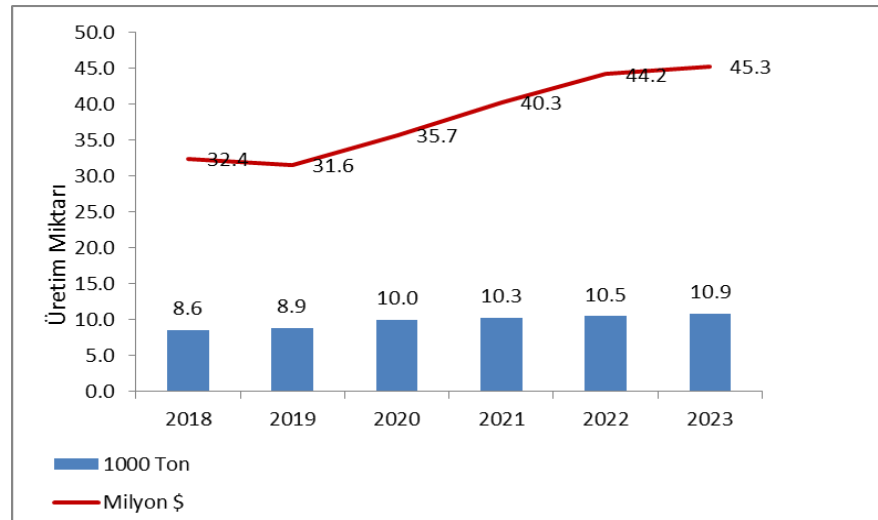
eriyik hale gelen liflerin teknik özelliklerinin iyileştirilmesi için çapraz bağlarla işlem görmesi sağlansa da yeni lifler kadar iyi teknik özelliklerde üretimin mümkün olmamasıdır.

### ***Kimyasal Geri Dönüşüm***

Yüksek sıcaklık ve basınç altında polimerlerden oligomer ya da monomer elde edilerek tekrar polimerizasyon sonucu lif eldesi sağlanır. Mekanik yönetime nazaran daha kaliteli lifler elde edilebilir. Bu yöntem ile geri dönüşüm olarak üretilen PET lifler kalite açısından yeni PET lifleri ile kıyaslanabilecek niteliktedir.

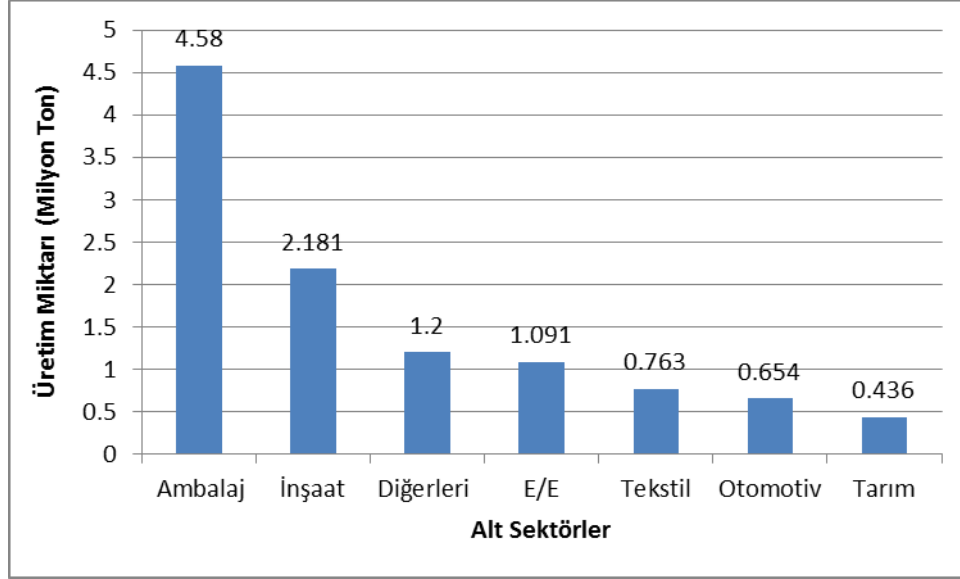
### **1.3 Tekstilde Mikroplastik Riskleri**

Plastikler 150 yılı aşkın süredir hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Hafif, esnek, kolay işlenebilir, ekonomik, korozyona karşı dayanıklı, elektrik ve ısı yalıtkanlığı yüksek, kullanımı kolay ve ekonomik olması kullanım alanlarını genişletmiştir. Ambalaj malzemelerinden plastik mutfak gereçlerine, tek kullanımlık servis ürünlerinden duş bonelerine, iplik bobinlerinden otomobil aksamlarına, dekorasyon ürünlerinden yalıtım malzemelerine, eldiven gibi koruyucu malzemelerden bantlara kadar geniş yelpazesi bulunan plastikler hayatımızın her alanında karşımıza çıkmaktadır (Yurtsever 2015). Şekil 1.5’de 1950 yılından itibaren artan dünya plastik üretimi grafiğine yer verilmiştir.



Şekil 1.5: Yıllara göre dünya plastik üretimi (PAGEV 2023)

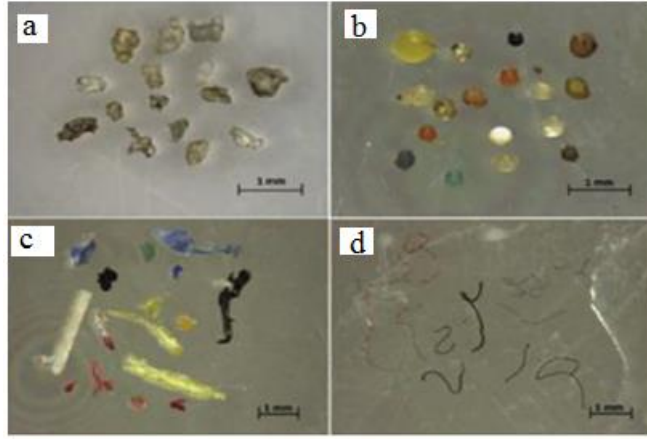
Plastikler, günlük yaşantımızda birçok alanda kullanılmaktadır. 150 yılda 9 milyar tonun üzerinde plastik üretilmiştir. PAGEV raporundan alınan verilere göre 2023 dönemine ait plastik tüketimine ait sektörler Şekil 1.6’da verilmiştir.



Şekil 1.6: 2023 Alt sektörler bazında plastik mamül üretimi (PAGEV 2023)

Üretilen plastiklerin %30 u atık olarak doğaya salınmaktadır. Atık plastiklerin bir kısmı zamanla bozunup ikincil mikroplastikleri (İMP) oluşturmakta; diğer bir kısmı da farklı sektörlerde kullanılarak doğada atık olarak varlıklarını birincil mikroplastikler (BMP) olarak sürdürmektedir.

Mikroplastiklerin okyanuslardaki dağılımı; 1 metreküpte 1 milyondan fazla parça bulunabileceği gibi 100 metreküpte 1 parçadan daha az da bulunabilmektedir. Çevre mikroplastik birikimine ve taşımına katkıda bulunmakta, ayrıca mikroplastikler absorpsiyon nedeniyle ortamda bulunan mikro kirleticileri ve bazı ağır metalleri bünyesinde tutarak yayılmasına neden olmaktadır. Bu da mikroplastiklerin çevre yükü etkisinin katlanarak arttığı ve tehlike oluşturmaya devam ettiği anlamına gelmektedir (Esmeray ve Armutçu 2020). Şekil 1.7’de farklı boyutlardaki mikroplastiklere örnekler verilmiştir. Birincil mikroplastiklere örnek olarak a ve b resimleri kişisel bakım ürünlerinden elde edilen mikro boncuklar, c ve d resimlerinde ise İkincil mikroplastiklere örnek olarak daha büyük plastiklerin ve sentetik tekstil liflerinin parçalanmasından kaynaklanan parçalar gösterilmektedir.



**Şekil 1.7:** Birincil mikroplastikler ve ikincil mikroplastikler; a) ve b) Kişisel bakım ürünlerinden elde edilen mikro boncuklar, c) ve d) İkincil mikroplastikler (Esmeray ve Armutçu 2020)

Tekstil ürünleri ambalaj plastiklerinin neden olduğu mikro plastik kirliliğinin yanında bir diğer mikroplastik kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Tekstil ürünlerinde yaygın olarak kullanılmakta olan termoplastik esaslı polimerlerden üretilen lif çeşitleri (poliester, polipropilen, poletilen vb.) de üretim süreçleri, kullanım süreci, atık olarak doğaya terk edilmeleri ve/veya geri dönüşüm işlemleri boyunca mikro plastik üretim kaynakları arasında yer almaktadır. Üretim süreçleri boyunca iplik, örme, dokuma işletmelerinde havada uçan, terbiye bitim işlemlerinde kumaşa bağlanamayıp kumaş yüzeyinden ayrılan suya karışan, mekanik bitim işlemleri sırasında kumaşa dâhil olmayan lifler ve bu lif yapılarından çok daha küçük boyuttaki mikroplastik parçacıkları bu kapsamda çevre kirleticiler arasında yer alabilmektedir. Ayrıca nihai müşterinin tekstil ürünlerini kullanım sonrası yıkaması esnasında suya karışan elyaf parçaları ve mikro ölçekte plastik yapılar dikkat çeken atık kaynakları arasında yer almaktadır.

Birincil mikroplastik (BMP), evde yıkama işlemi sırasında açığa çıkan elyaf parçalarını da içeren küçük plastik parçacıklar (< 5 mm boyut) halinde doğrudan çevreye salınan tekstil kaynaklı plastik ve mikro plastik atıklar arasında yer almaktadır (Periyasamy ve Bagha 2022).

Mikroplastik atık oluşturma riski geri dönüştürülen kumaşlarda yeni kumaşlara göre daha yüksektir. Geri dönüştürülen pamuk elyafından iplik üretimi yapılmak istendiğinde ipliklere mukavemet kazandırmak için sentetik lifler taşıyıcı lif olarak kullanılabilir, bu tür ürünler sonrasında mikroplastik atık üretebilecek tekstil ürünlerine dönüşmektedir. Benzer şekilde sentetik liflerin ve tekstil

ürünlerinin geri dönüşüm işlemi ile life dönüştürülme sonrasında ya da kullanılan termoplastik lifleri yeniden eritip yeniden iplik haline getirerek dönüşüm yapılabilir. Bu durumda tekrar tekrar kullanılan liflerin kolayca kumaştan ayrılma ve mikroplastik oluşturarak yıkama sularına karışma riski de artmaktadır.

#### **1.4 Geri Dönüştürülmüş Pamuk ve Yeni Pamuk**

Tekstil ürünlerinin geri dönüşümünde kullanılan atık ürünler tüketici öncesi ve sonrası olarak iki grupta toplanmaktadır. Geri dönüştürülmüş pamuk üretim sürecinde kullanılan atık tekstiller de tüketim öncesi ve tüketim sonrası atık pamuklu ürünlerden oluşmaktadır.

- Tüketici Öncesi Atıklar: Tüketici öncesi atıklar, tüketicinin kullanımına hazır olmadan üretim aşamasında atık haline gelen tekstil yapılarıdır. Genellikle elyaf, iplik, tekstil ve hazır giyim üretim süreçlerinden elde edilen atık yan ürünlerdir (Öner 2023).
- Tüketici Sonrası Atıklar: Tüketici sonrası tekstil atığı genellikle, bireyin artık ihtiyaç duymadığı ve yıpranma ya da hasar nedeniyle atmaya karar verdiği ve normal olarak kullanılmış veya yıpranmış giysileri, yatak çarşafı, havluları ve diğer tüketici tekstillerinden oluşan ürün çeşitleridir (Öner 2023).

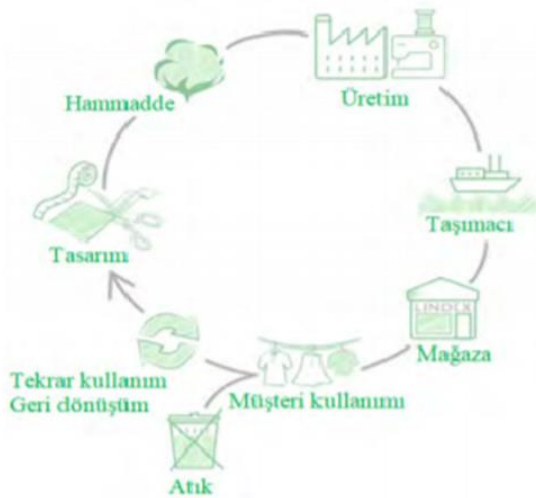
Şekil 1.8'de tüketici öncesi ve sonrası atık tekstil ürünlerinin iş akış şeması verilmiştir.

## AKIŞ ŞEMASI



Şekil 1.8: Geri dönüşümlü kumaşların üretim akış şeması

Bilinçli tüketiciler, üreticilerin geri dönüştürülmüş ya da geri dönüştürülebilir ürünleri üretmelerini desteklemektedirler. Üretim sırasında ambalajda ya da ürünün üzerindeki etiketlerde kullanılan geri dönüşüm logosu tüketicilerin dikkatini çekmektedir. Şekil 1.9’da giysi üretim ve geri dönüşüm döngüsü yer almaktadır.



Şekil 1.9: Giysi üretim ve geri dönüşüm döngüsü (Yücel ve Tibet 2018)

Benzer lif özelliği ve kumaş yapısındaki ürünler gruplandırılarak elyaf elde edilene kadar tekstil ürünleri tekrarlı ayrıştırma işleme tabi tutulmaktadır. Şekil 1.10’de tüketici sonrası tekstil ürünlerinin geri dönüşüm aşamalarına ait görseller yer almaktadır. Belediye geri dönüşüm kutuları gibi toplama alanlarında biriktirilen kullanılmış tekstil ürünleri balyalar halinde stoklanarak geri dönüşüm tesisine gönderilir; sonrasında kumaş özelliği ve renk grubuna göre ayrıştırma işlemi yapılır, küçük kırpıntılar halinde kesim işleminin yapıldığı giyotin makinasında kesim yapılır. Kesilen küçük kırpıntı halindeki kumaşlar, üzeri testere dişı formunda ve iğne dişı formunda tellerle kaplı olan açıcı silindirler arasından geçirilerek açılıp didiklenen kırpıntı kumaşlar elyaf formuna dönüştürülür.



Şekil 1.10: Tüketici sonrası ürünlerin elyafa dönüşmesi (Kadem ve Özdemir 2020)

Şekil 1.11’de mekanik yolla açma-didikleme yöntemi ile elyaf geri dönüşüm makinası görülmektedir.



Şekil 1.11: Kırpıntı açma-didikleme makinası (Yuksekkaya ve diğ. 2016)

## 2. ÇARŞAF ÜRETİM İŞLEMLERİ

Ev tekstil ürünleri arasında olan çarşaf; uyumak, dinlenmek amaçlı olarak kullanılan yatak üzerinde yatağı koruma, yatan kişi için konfor sağlama amacıyla serilen örtü çeşitlerini tanımlamak için kullanılan bir tekstil ürün adıdır. Çarşafların yumuşak tutum, yüksek aşınma dayanımı, düşük boncuklanma derecesi, yüksek yıkama/sürtme haslığı, boyutsal stabilite gibi teknik özellikleri taşıması istenmektedir. Ayrıca estetik ve tasarım özelliklerinin göze hitap etmesi ve sağlığa zararlı olmayan materyallerden üretilmiş olması aranan özellikler olarak dikkat çekmektedir.



Dokuma Çarşaf



Örme Çarşaf



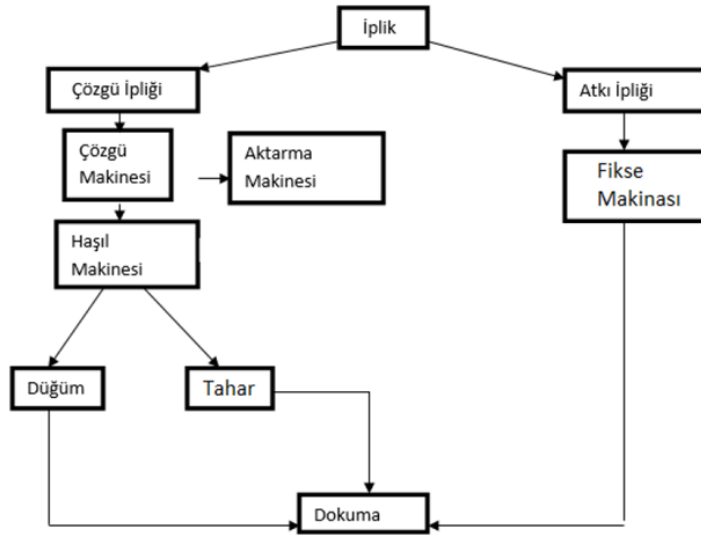
Nonwoven Çarşaf

Şekil 2.1: Çarşaf çeşitleri

Kullanım amaçları, üretim yöntemleri, lif içerikleri, boyutları ve teknik özelliklerine göre birçok çarşaf çeşidi bulunmaktadır (Şekil 2.1).

### 2.1 Dokuma Çarşaf Üretimi

Dokuma kumaş, çözgü ve atkı ipliklerinin belirli bir sistemle birbirlerine dik açı yaparak birbirinin altından ve üstünden geçirilmesiyle oluşturulan tekstil yüzeyidir. Dokuma işlemi sırasında iplikler yüksek gerginliklere maruz kalmaktadır. Bu nedenle çözgü iplikleri sürtünme ve gerginliklere dayanabilmesi için dokuma işleminden önce haşıl işlemine tabi tutulmakta, atkı iplikleri için de iplik bükümünün sabitlenmesi için fikse işlemi yapılmaktadır. Dokuma işlemine ait iş akış şeması Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.2: Dokuma akış şeması

- Atkı İplikleri İçin Fiksaj İşlemi: Atkı ipliklerinin atımı sırasında bükümlerinin açılmaması için belirli bir neme ulaşması gerekmektedir. Bu fikse işlemi  $65\pm 5$  °C 30-35dk veya  $65-70$  °C da 50-55dk işlem süresinde gerçekleşebilmektedir. Bu işlem ile iplik üzerindeki bükümün sabitlenmesinin yanında statik elektriklenmeyi de azaltmak mümkün olmaktadır. Fiksaj makinası Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3: İplik fiksaj makinası

- Çözü Çekme İşlemi: Çözü makinesinde bobinler halindeki çözgü iplikleri cağlık denilen metal sehpalara yerleştirilerek paralel olarak çözgü leventlerine sarılmaktadır.



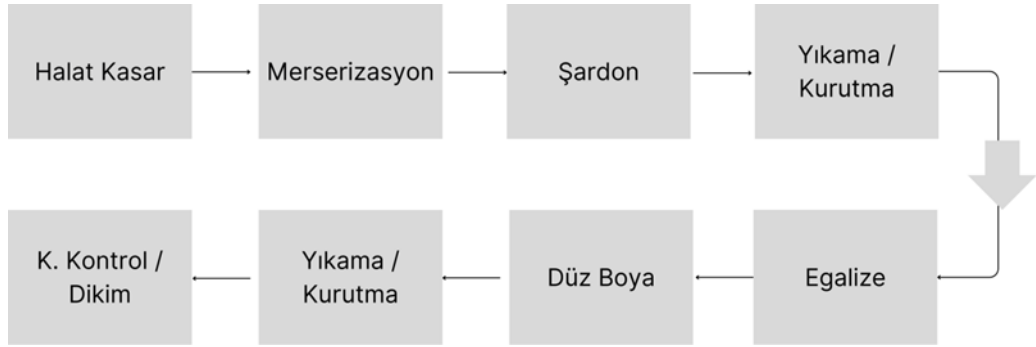
- Haşılama İşlemi: Çözümlü iplikleri dokuma sırasında yüksek gerilimlere dayanabilmesi için haşıl çözümleriyle kaplanır. Bu işlem ipliklere ekstra mukavemet kazandırır. Dokuma işleminden sonra haşıl maddesi sökülür. Haşıl işlemi Şekil 2.4’de gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Haşılama işlemi

- Taharlama: Çözümlü ipliklerinin dokuma raporuna göre tarak, gücü ve lamelden geçirilmesi işlemine denir. Amaç dokuma sırasında aynı hareketi yapacak çözümlü ipliklerini aynı çerçeveye toparlamak, desen oluşturmak ve çözümlü sıklığını ayarlamaktır.

Aşağıdaki akış şemasında (Şekil 2.5’de) düz boyalı dokuma çarşafın dokuma tezgahından alındıktan sonraki üretim aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Düz boyalı dokuma çarşaf prosesi

- Kasar: Doğal lifler doğal hallerinden gelen renk pigmentlerine sahip olduğu için kendi içinde dahi farklı renkte olabilirler. Kasar işlemi bu renk farklılıklarını gidermek, beyazlatmak ve lifin doğal yapısından kaynaklanan hidrofob yapıları uzaklaştırmak amacıyla yapılmaktadır.
- Merserizasyon: İşlemin amacı pamuklu iplikleri ya da kumaşı derişik NaOH ortamda şişirmek ve gerdirmektir. Böylece boyarmaddelerin bağ yapacağı uç

gruplar artar. Bu işlem sonunda kumaş daha parlak, boyarmadde alımı daha iyi ve kopma dayanımı daha yüksek yapılar elde edilir. Çarşaf üretiminde düz boyalı çarşafklar için genellikle tercih edilmeyen mercerizasyon işlemi, reaktif baskı yapılacak çarşafklar kumaşlara uygulanır.

- Şardonlama: Kumaşın yüzeyine metal iğnelerin teması sonunda oluşan kumaş yüzeyindeki tüylendirme işlemidir. İğnelerinin kumaş yüzeyindeki ipliklerin yüzeyini ters yönde yolmasıyla işlem gerçekleşir. Şardon makinasında kullanılan silindirler üzerindeki iğne uç yapıları ve iğne açıları yolucu ve tarayıcı olmak üzere iki tipte bulunur. Yolucu iğne, adından da anlaşılacağı gibi atkı ipliklerini yolar; tarayıcı iğneler ise yolunan atkı ipliklerini aynı yöne tararlar. Dökülen lifler şardon makinasındaki hava emişi vasıtasıyla atık lif borularından uzaklaştırılır.
- Yıkama: Yıkama işlemi tekstil yaş işlemleri sırasında pek çok işlemde sonra yapılmaktadır. Şardon işleminden geçmiş kumaş üzerindeki fazla tüyleri atmak ya da reaktif baskı-boya sonrası kumaşa bağlanamamış boyaları uzaklaştırmak için yapılabilir.
- Kurutma: Kurutma, ısı transferi etkisiyle yaş tekstil materyali üzerindeki suyu buharlaştırarak uzaklaştırmak amacıyla yapılmaktadır.
- Aktarma: Kumaşı kontrol amaçlı ya da sonraki işlem için yön çevirme amacıyla başka bir doka aktarma işlemidir.
- Egalize: Egalize atkı ve çözgü iplikleri arasındaki açığı 90° yapmayı amaçlar. Makine üzerinde bulunan silindirlerdeki sensörler ile kumaş birim karesindeki atkı sayısına göre kumaşın atkı açısı düzeltilerek çözgü iplikleri ile arasındaki açı 90° 'ye getirilir.
- Düz Boya: Boyama işlemi emdirme ve çektirme olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır.

Çektirme: Tekstil materyalinin, boyarmadde, yardımcı maddelerin içinde bulunduğu bir banyo içerisinde uzun flotte oranında ve uzun süre muamele edilmesiyle gerçekleşir.

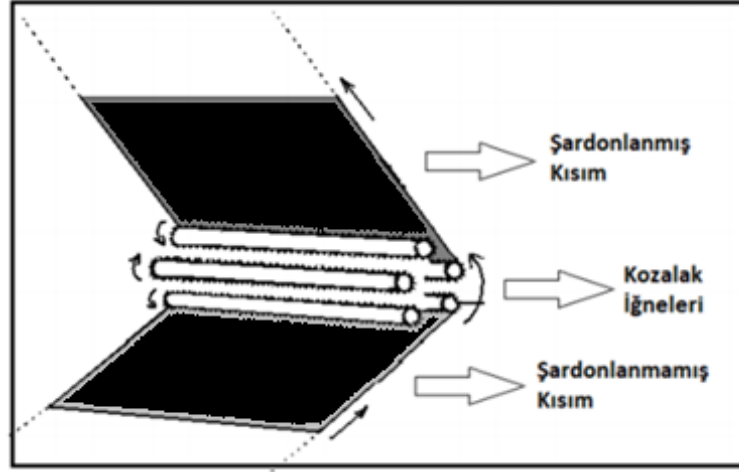
Emdirme: Tekstil mamulü, flotte bulunan fulard teknesinde daldırılmakta ve daha sonra sıkma silindirlerinden geçirilerek üzerindeki fazla flotte sıkılmaktadır. Sıkılan flotte tekrar tekneye dönmektedir ve aktarılan

flotte ile birlikte kimyasal maddelerde düzgün bir şekilde kumaşa aktarılmaktadır.

- Apre: Kumaşa buruşmazlık, anti bakteriyellik, yağ iticilik, güç tutuşurluk gibi özellikleri kazandırmak amacıyla yapılan kimyasal bitim işlemidir.
- Sanfor: Sanfor, kumaşın yıkama ile boyutsal özelliklerinin değişmesine engel olmak için metrekarede istenen gramaj değerinin sabitlendiği işlemdir.
- Kalite Kontrol: Bu aşamada ürünler standartlarına uygun şartlarda kontrol edilerek üründe hatalı bölüm olup olmadığı kontrol edilir ve olası hataların sonraki işlemlere geçilmeden önce belirlenip nihai üründe ikinci kalite ürün riskini azaltmak amacı ile yapılmaktadır. Işıklı masalarda kontrol işlemi yapıldıktan sonra kumaşlar konfeksiyona sevk edilmektedir.
- Kesim-Dikim-Paket: Müşterinin istek ve taleplerine uygun şekilde ürünün kesilme, birleştirme ve montajının yapıldığı aşamadır. Ürünler dikilme işlemleri tamamlandıktan sonra ütüleme ve paketleme sonrası sevkiyata hazırlanmaktadır.

## 2.2 Şardonlama İşlemi

Şardon işlemi kuru bitim işlemleri veya mekanik bitim işlemleri arasında tanımlanan bir kumaş terbiye işlemidir. Kumaş yüzeyinde bulunan ipliklerin metal iğne uçları ile temas ettirilerek iplik içerisinde liflerin şardon makinasının silindir yüzeylerinde bulunan metal iğneler yardımıyla çıkarılması işlemidir. Kozalak adı verilen şardon silindirleri yüzeyinde bulunan iğneler kumaş atkı ipliklerine ters yönde hareket ederek iplik yüzeylerindeki liflerin yolunup çıkarılmasıyla şardon işlemi gerçekleşir. Şardon silindirlerinin yüzeyinde bulunan silindir iğne yönleri yolucu ve tarayıcı işlevi için kullanılmak üzere iki tiptedir. Yolucu iğne adından da anlaşılacağı gibi atkı ipliklerinin yüzeyini yolar, tarayıcı iğneler ise yolunan atkı ipliklerini aynı yöne tararlar. İplik gövdesinden yolunarak alınan lifler dökülerek, şardon makinasının elyaf hava emiş kanalları vasıtasıyla borular ile uzaklaştırılır. Böylece kumaş yüzeyi yumuşak tüylü hale getirilir. Şekil 2.6'da temel şardonlama işleminin prensibi verilmiştir.



Şekil 2.6: Şardon makinası çalışma prensibi

Şardon işlemi için kumaş nem seviyesi çok önemlidir. Nem %8-12 arasında olmalıdır. Fazla nem tüylendirmeyi olumsuz etkilemekte, az nem ise kuruluştan dolayı liflerde zarar oluşması ve kumaş hataları meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle şardon öncesi kumaşlara nemlendirme amaçlı özel içerikli emülsiyon verilmesi gerekmektedir. Emülsiyon içeriği ve sonrasındaki kurutma işlemi şardon kalitesi açısından oldukça önemlidir. Şardonlama işleminden sonra yıkama işlemi yapılır.



Şekil 2.7: Şardon makinası

Yıkama işlemi fazla emülsiyonu ve yolucu silindirler tarafından çıkarılan ölü lifleri uzaklaştırmak için gerçekleştirilmektedir. Şardon makinası Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

### **2.3 Şardonlama İşleminin Amacı ve Etkileri**

Şardonlama işlemi kumaşa tüylülük kazandırdığından Türkçe de tüylendirme olarak da ifade edilmektedir. Tüylendirme işlemi sonrasında kumaş daha dolgun ve yumuşak bir görünüm kazanmaktadır. Kumaşlar şardon sonrası daha hacimli bir hale gelmekte, lifler arasında hapsedilen hava hacmi artmakta, böylece kumaşların ısı yalıtımı özelliği artmaktadır.

Şardonlama işlemi kumaş içindeki liflerin açığa çıkarılmasıyla oluştuğundan sürtünme sonucu kumaşlarda boncuklanma eğiliminde artışa neden olmaktadır.

### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde geri dönüşüm lifleriyle ilgili çok çeşitli çalışmalar olduğu bilinmektedir. Bu tez çalışmasında ise geri dönüşüm pamuk, yeni pamuk ve yeni poliester lif içeriklerine sahip çeşitli çarşaflık kumaşların şardon derecelerine göre performansları değerlendirilmiştir.

Geri dönüşüm tekstiller ile ilgili çalışmaların birçoğu poliester ya da pamuk hammadde esaslı olup şardon derecesinin incelendiği bilimsel çalışma sayısı çok sınırlıdır. Aşağıda konuya yakın çalışmalara yer verilmiştir

Çetin (2007) yaptığı çalışmada mekanik bitim işleminin kumaş mukavemetini olumsuz yönde etkilediğini savunmuştur. En riskli grubun olarak reaktif boyama yapılan çift taraflı mekanik işlem görmüş kumaşlar olduğunu belirtmiştir.

Güngör ve diğ. (2009) yaptıkları yaşam döngü analiz çalışmasında bir bornozun pamuk üretiminden başlayıp yok olana kadar ki sürede ortaya çıkardığı atık, telef ve tüm diğer üretim faktörleri değerlendirilerek çevreyle etkileşimini incelemişlerdir. Pamuk doğal bir lif olmasına rağmen üretim sürecinde tüketilen doğal kaynaklar nedeniyle çevreye olumsuz etkileri olduğunu saptamışlardır. 1,5 kg ağırlığındaki bornoz üretimi sırasında 150 litre su, çok fazla kimyasal ve birçok enerji kaynağı (LGP, doğal gaz, fuel oil) tüketildiğini tespit etmişlerdir. Bu tablo sonunda geri dönüşümü üretimin her aşamasında açığa çıkan teleflerin değerlendirilmesini, nihai kullanıcıların yüksek sıcaklık ve kimyasallarla yıkamaması konusunda bilinçlendirilmeyi, atık su arıtımının önemini, organik pamuk üretiminin yaygınlaşmasını, atıkların her aşamada değerlendirilip sınıflandırılması gerektiğini önermişlerdir.

Kurtoğlu ve diğ. (2013) yaptığı çalışmada %50 geri dönüştürülmüş pamuk ve %50 PES karışım ipliklerden üretilmiş, %50 orijinal pamuk ve %50 PES karışım ipliklerden üretilmiş süprem kumaşların yıkama haslığı, boncuklanma, boyutsal stabilitesi, dönme değerleri karşılaştırmışlardır. Yapılan test sonuçlarında kırpıntıdan üretilen geri dönüşüm lifleri ile üretilen ipliklerden oluşan giysilerin performans

özellikleri itibarı ile kabul edilebilir düzeyde olduğu ve hazır giyim sektöründe kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Üçgül ve Turak (2015) tekstil atıklarının binalarda kullanılması sonucu esnek ve konforlu yapılar inşa edileceğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 4 farklı içerikte çimento blokları hazırlamış ve ısı iletim katsayılarını ölçmüşlerdir. Isı iletim katsayısı düşüktüğü izolasyon artar. Sadece çimento, yün atıkları+çimento, pamuk atıkları+çimento, kâğıt+PES+pamuk atık kumaşları+çimento içerikli bloklar arasında ısı iletim katsayısı en düşük olan blok yün atıklarıyla hazırlanan blok olduğunu tespit etmişlerdir. Çimento kullanılmadan değerlendirildiğinde kâğıt ve kumaş şiltesi en düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğunu belirtmiş, tek başlarına kullandıklarında daha yüksek yalıtma sağladığını açıklamışlardır. Yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisi atıklarının yalıtım amaçlı izolasyon maddesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Telli (2016) çalışmasında %100 geri dönüştürülmüş polietilenteraftelat liflerini ve pamuk poliester karışımıyla elde edilen kumaş ve iplik özelliklerini karşılaştırıp incelemiştir. Geri dönüştürülmüş PET kumaşların %100 yeni PES kumaşlara göre kopma mukavemetinin daha düşük olduğunu ancak uzama yüzdelерinin daha yüksek olduğunu saptamıştır. İnce-kalın yer iplik hatalarının geri dönüştürülmüş kumaşlarda daha kötü olduğunu ancak belirli oranlarda PES karışım ipliklerde bu hataların kabul edilebilir derecede olduğunu gözlemlemiştir. İki kumaş arasında gözle görülür düzeyde boncuklanma farklılığı olmadığını belirtmiştir. Dairesel eğilme direncinin geri dönüşüm kumaşlarda, %100 yeni PES olan kumaşa göre daha yüksek olduğunu açıklamıştır.

Celep ve diğ. (2016) geri dönüşüm liflerden oluşan süprem kumaşlarla yaptığı çalışmada iplik yapısı ve özelliklerin; iplik tüylülüğü, hacimliliği, iplik inceliği ve çapı kumaşların hava, su buharı ve ısı geçirgenlik değerleri üzerinde etkili parametreler olduğunu belirtmişlerdir.

Altun (2016) Uşak Ticaret Odası Raporunda tekstil atıklarının geri dönüşüm sürecini incelemiş, teleflerin nasıl değerlendirildiğiyle ilgili çalışma yapmıştır. Firmaların telefleri %65 iplik halde, %16 granül halde, %19 nonwoven olarak dönüştürdüklerini saptamıştır. Ayrıca geri dönüştürülmüş elyaf, iplik ve kumaşlardan

dolgu malzemeleri, temizlik bezleri, open-end iplik ve inşaat, otomotiv, yatak sanayiide kullanılmak üzere keçe üretildiğini raporlarda belirtmiştir.

Akyürek (2016) şardon işleminin elastik kumaş yapısına zarar vererek kopma dayanımını düşürdüğünü ve kumaşın gramajını azalttığı yönde bulgular elde etmiştir. Şardon işleminin doğasında olan liflerin kumaştan ayrılmasıyla boncuklanma dayanımının düşmesine neden olduğunu, şardon esnasındaki mekanik hareketlerin kumaşın kopma dayanım değerleri üzerinde olumsuz etkilerini tespit etmiştir.

Yuksekkaya ve diğ. (2016) ham ve geri dönüşüm pamuk ve poliester liflerinden üretilen iplik ve kumaşların mekanik özelliklerini incelemiş ve karşılaştırmışlardır. Geri dönüşüm iplik ve kumaşların özellikleri, açma ve temizleme verimliliği, geri dönüşüm sürecinin kalitesi ve geri dönüştürülmüş elyaf özellikleriyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Geri dönüştürmüş liflerden üretilen iplikler ve kumaşlar yeni pamuk ve poliesterden üretilen iplik ve kumaşlara göre daha düşük mukavemet değerleri gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Kumaş mekanik özelliklerindeki bozulmanın kabul edilebilir düzeyde olduğu ve geri dönüşüm liflerden gündelik kıyafetlerin üretilebileceğini önermişlerdir.

Wanassi ve diğ. (2016) optimum değerlerde ancak maliyeti minimize etmek amacıyla %50 geri dönüşüm %50 yeni pamuk karışım 3 farklı numarada iplik üretmişler ve bu ipliklerin fiziksel özelliklerini %100 yeni pamuktan üretilen ipliklerle kıyaslamışlardır. İpliğin kopma dayanımı özelliği, tüylülük, ince yer, kalın yer değerlerinin %100 yeni pamuk ipliğine göre yaklaşık %16- %25 daha az olduğunu belirlemiştir. Bu olumsuzluğa rağmen iplik maliyetinin %33.5 daha az olduğunu saptamışlardır.

Telli ve Babaarslan (2017) çalışmalarında tüketici öncesi tekstil atıklardan elde edilen geri dönüşüm pamuk (r-CO) ve PET şişe atıklarından dönüştürülen r-PET elyafla üretilen open-end iplikleri kullanmışlardır. Bu ipliklerle birlikte yeni pamuk lifi de kullanılarak 16 farklı oranda hazırlanan harman çeşitlerinden üretilen OE ipliklerin özellikleri karşılaştırılmıştır. %50 yeni pamuk ve %50 r-PET karışımının en düşük neps, ince yer, kalın yer ve düzgünsüzlük değerlerine sahip olduğunu bulmuşlardır. %25 r-CO ve %75 r-PET karışımının optimum iplik değerlerine sahip olduğunu ve kopma uzamalarının %100 yeni pamuktan daha fazla



olduğunu belirtmişlerdir. Bu ipliklerle %100 yeni pamuk ipliği karşılaştırıldığında geri dönüşüm elyaf içeren numune ipliklerin kopma mukavemeti, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük açısından çok farklı olmadıklarını belirtmişlerdir. Düşük maliyetlerle çevre dostu ipliklerin üretilebileceğini önermişlerdir.

Can ve Ayvaz (2017) yaptıkları çalışmada tekstil ve moda sektörünün ekolojik sorunlarını ele almışlardır. Doğal lifleri üretirken kullanılan tarım ilaçlarının, sentetik lifleri üretirken kullanılan kimyasalların azaltılması çevresel etkilerini minimuma indirmek amacıyla tekstilin kullanım ömrünün uzun olması gerektiğini belirtmişlerdir. Geri dönüşüm ile tonlarca tekstil atığından doğanın kurtulabileceğini vurgulamışlardır.

Ersoy ve Şenol (2017) yaptıkları çalışmada geri dönüşüm elyaf kullanarak 3 farklı numarada ürettikleri iplikleri incelemişlerdir. Kullanılan hammadde cinsi ve üretim parametrelerinin iplik kalitesini doğrudan etkileyen faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

Gün ve Öner (2019) yaptıkları çalışmada geri dönüşüm elyaf ile open-end iplik üretmişlerdir. İplik numarasının iplik kalitesini etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. İplik numarası kalınlaştıkça geri dönüşüm elyaf içeriğinin kademeli olarak arttırılabileceğini belirtmişlerdir. Karışım oranı, iplik numarası ve büküm sayısının kaliteyi etkileyen önemli faktörler olduğunu tespit etmişlerdir.

Kadem ve Özdemir (2020) çalışmalarında tüketici sonrası geri dönüştürülmüş (post-consumer re-cycle) elyaftan üretilen denim kumaş ile orijinal pamuk elyafından elde edilen denim kumaşı karşılaştırmışlardır. Geri dönüştürülmüş (PC) denim, orijinal (REF) denime oranla çözgü yönü çekmezliği daha yüksek olduğundan yıkama sonrasında gramajında artış gözlemlemişlerdir. Ayrıca PC denim iplik numaraları orijinal denime göre daha kalın olduğu için hava geçirgenliği de daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hava geçirgenliğini etkileyen bir diğer faktör ise PC kumaşın içeriğinde PES bulunma ihtimalinin olduğunu belirtmişlerdir. Dairesel eğilme direnci her iki kumaş için de yakın değerlerde tespit edilmiştir.

Frost ve diğ. (2020) çalışmalarında geri dönüştürülmüş lif içerikli dokuma ve örme kumaşların yıkama sırasında mikroplastik liflerin suya karışmasını

araştırmışlardır. Toplamda 9 farklı kumaş değişen oranlarda geri dönüştürülmüş pamuk, yeni pamuk ve poliester içerikli olarak üretilmiştir. %20 ve %40 geri dönüşüm pamuk içerikli kumaşlar, yeni pamuklu kumaşlara oranla daha uzun lifler döktüğü tespit edilmiştir. Bu durumu kesikli lif özelliklerine bağlı olarak açıklamışlardır. %70 r-PES, işlenmemiş PES ve %40 r-PES e göre daha uzun lifler dökmüştür. Bu da r-PES liflerinin yüksek kopma uzama değerlerine sahip olmasıyla açıklamışlardır. Genel olarak geri dönüştürülmüş liflerin yıkama sırasında önemli ölçüde lif salımına neden olmadığını açıklamışlardır.

Pamuk ve Yıldız (2021) yaptıkları çalışmada yeni pamuk ipliği ve geri dönüşüm pamuk iplikten üretilen kumaşların iki farklı dokuma konstrüksiyonları üzerinde kumaş mukavemeti, dairesel eğilme rijitliği ve aşınma dayanımı testlerini gerçekleştirmişlerdir. Geri dönüşüm pamuk içeren kumaşların daha yumuşak değerlerde olduğunu, kopma mukavemeti test sonuçlarında geri dönüşüm pamuk içeren kumaşların çözgü yönü kopma mukavemetlerinin daha düşük olduğunu ve geri dönüşüm pamuk içeren kumaşların boncuklanma eğiliminin daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Kumar ve Raja (2021) yaptıkları çalışmada geri dönüştürülmüş poliester ve yeni pamuğu farklı oranlarda harmanlayarak üretilen çoraplar için hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, termal konfor özellikler, termal iletkenlik, termal direnç testleri uygulamışlardır. Geri dönüştürülmüş PES içerikli çorapları yeni pamuğa göre yüksek termal direnç, düşük termal iletkenlik göstermişlerdir. %70 geri dönüştürülmüş PES ve %30 yeni pamuk içerikli çorapların ise daha aktif spor uygulamaları için uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Awgichew ve diğ. (2021) çalışmalarında yeni pamuk ve geri dönüşüm pamuktan elde edilen iplikleri farklı oranlarda karıştırarak dokunan kumaşları test etmişlerdir. Open-end ipliklerden üretilen kumaşların kısa elyaf oranının fazla olması nedeniyle sık dokunmamış olan %75 geri dönüşüm elyaf içeren kumaşlarda hava geçirgenlik değeri diğer karışımlara oranla daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. %75 e kadar geri dönüşüm elyaf kullanılarak üretilen ürünlerin kullanım alanına göre (duvar halısı, masa örtüleri ve yastık kılıfı) ekonomik ve çevre dostu olduğunu belirtmişlerdir.

Karadağ (2022) %100 geri dönüşüm poliester ve klasik poliesterden elde edilen atkı ipliklerinden oluşan dokuma kumaşların performans özelliklerini araştırmış, boncuklanma dayanımı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Ancak kalınlık, kopma uzaması, atkı yönünde kopma mukavemeti ve hava geçirgenliği bakımından anlamlı sonuçlar elde etmiştir. Kumaşın yapısal özelliklerinden atkı sıklığının örgünün ve bu faktörlerin kesişimlerinin deneysel kumaşların performans özellikleri üzerinde etkilerini olduğunu gözlemlemiştir.

## 4. MATERYAL METOD

Tez çalışması kapsamında tekstil ürünlerinde sürdürülebilir üretim çalışmalarına katkı sağlamak ve ürün karakterizasyonu yapmak amacı ile şardonlu çarşaflik kumaşlarda mekanik geri dönüşüm ile geri dönüşüm yapılmış pamuk liflerinin kullanımının çarşaflik kumaş özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada endüstriyel ölçekte üretilmiş olan kumaş çeşitleri kullanılmıştır.

Kumaşlara çarşaf üretim aşamalarında bahsedilmiş olan egalize işlemi uygulanmamıştır. Egalize işlemi atkı ve çözgü iplikleri arasındaki açının 90° olmasını sağlayan bir adımdır. Dolayısıyla test kumaşlarının atkı ve çözgü iplikleri arasındaki açı 90° değildir.

Bu çalışmada test sonuçlarına, lif içeriği ve şardon derecesinin etkisini saptamak amacıyla iki yönlü varyans analizi yöntemi kullanılmıştır. Varyans analizi (ANOVA), farklı gruplar arasındaki ortalamaların birbirinden anlamlı derecede farklı olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Çalışmada bağımsız değişken olarak lif içeriği ve şardon derecesi; bağımlı değişken olarak yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kopma uzaması, eğilme rijitliği, kalınlık ölçümü, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği ölçüm sonuçları seçilmiştir. İstatistiksel analiz %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir.

### 4.1 Materyal

Bu çalışmada içeriğinde geri dönüştürülmüş pamuk lifi bulunan pamuk-poliester karışımı ipliklerden dokunmuş ve şardon işleminden geçirilmiş çarşaflik kumaşlar kullanılmıştır.

Kumaşların atkı iplikleri Ne 8/1 numarada Open End rotor ipliklerinden oluşmaktadır. Yeni pamuk, geri dönüştürülmüş pamuk ve poliester elyaf içermektedir. 3 farklı karışım oranında (%65 yeni pamuk %35 geri dönüştürülmüş pamuk, %55 yeni pamuk %35 geri dönüştürülmüş pamuk %10 yeni poliester ve %100 yeni pamuk) bulunur. Çözgü ipliği %100 yeni pamuk lifinden üretilmiş Ne

20/1 Open End rotor ipliğidir. Kumaş dokuma örgüsü bez ayağı dokumadır. Toplamda 3 farklı atkı ipliği kullanılarak 3 çeşit dokuma kumaş endüstriyel ölçekte üretilmiş ve bu numune kumaşlar, şardonlama işleminin kumaş fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacı ile şardonsuz, tek tur şardonlu ve iki tur şardonlu olarak üretilmiştir. Çalışma kapsamında toplam 9 farklı yapıda numune kumaş üretilmiştir.

İplik içeriğini oluşturan lif çeşitlerine ait testler Menderes Tekstil A.Ş. laboratuvarında yapılmıştır, sonuçları Tablo 4.1’de verilmektedir. İplik içeriğinde kullanılan geri dönüştürülmüş pamuk lifleri tüketim öncesi kumaş atıklarından mekanik yolla elde edilmiş geri dönüşüm lifleridir.

Geri dönüşüm pamuk ve yeni pamuk için verilen lif özellikleri Uster HVI 1000 cihazı ile ölçülmüş olan veriler, poliester lifi için verilen lif parametreleri ise tek lif mukavemet ve kopma uzama ölçüm yöntemleri ile elde edilen verilerdir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde geri dönüşüm pamuk lif özelliklerinin, yeni pamuk lif özelliklerine göre daha düşük kalitede pamuk özellikleri gösterdiği belirlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk lif özellikleri ile yeni pamuk lif özellikleri karşılaştırıldığında geri dönüşüm pamuğun daha ince, daha kısa şapel lif boyunda ve daha düşük kopma mukavemeti değerinde olduğu, kopma uzaması değerinin ise daha yüksek olduğu görülmüştür.

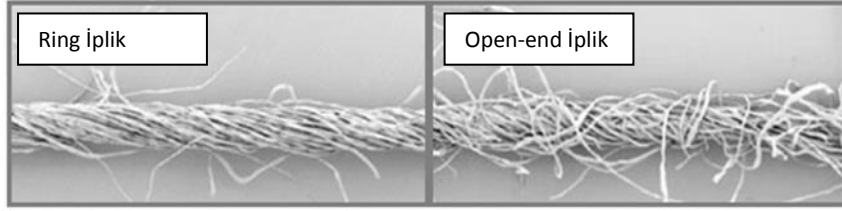
**Tablo 4.1:** Çalışmada kullanılan liflere ait test sonuçları

Lif Tipi	İncelik	Ortalama lif stapel uzunluğu (mm)	Uzunluk üniformite indeksi (%)	Kısa lif indeksi (%)	Mukavemet (cN/tex)	Kopma uzaması (%)	Renk (HVI)
Geri Dönüşüm Pamuk	3,8 Mikron	29,5	82,2	11,2	31,0	7,3	41-1
Yeni Pamuk	4,5 Mikron	31,2	69,9	16,6	33,0	6,1	31-3
Poliester	0,8 denye	34,2	-	-	45,0	30,0	-

Üç farklı lif karışım içeriğinde eğrilen atkı ipliklerinin elyaf karışım çeşitleri, karışım oranları ve ipliklere ait test sonuçları Tablo 4.2’de verilmektedir.

Open-end iplik üretiminin daha kısa proseste gerçekleşmesi, üretim hızının yüksek olması, üretim maliyetlerinin düşük olması geri dönüşüm liflerin işlenmesi için gerekli koşulları oluşturmaktadır. Open-end makinaları geri dönüşüm elyaftan iplik üretiminde önemli bir yere sahiptir. Ring iplik üretimine kıyasla daha kısa liflerle çalışmak mümkündür. Bu nedenle geri dönüşüm elyaf için en etkili iplik üretim sistemidir (Yapıcılar 2005).

OE iplikler ring ipliklerine göre daha hacimli yapıdadır. Ring ipliklerindeki lifler verilen büküme bağlı olarak iplik eksenine helise yakın şekilde yerleşirken, open-end ipliklerin üretim yöntemi farklılığı nedeniyle lifler iplik eksenine rastgele sarılmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Open-end ve ring iplik görüntüsü (URL\_4)

Tablo 4.2’de üretilen ipliklerin fiziksel özelliklerine ait ölçümler verilmektedir. Ölçümler Uster HVI 1000 cihazı ile Menderes Tekstil A.Ş. laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 4.2:** Çalışmada kullanılan ipliklere ait test sonuçları

	Elyaf çeşidi ve karışım oranı	İplik (Ne)	Öçülen İplik Numarası (Ne)	Ne CV	USTER CV	İplik Hata Sayısı			İplik Mukavemeti cN/tex	Kopma Uzaması %	Tüylülük (H)
						İnce Yer	Kalın Yer	Neps			
Atkı İplikleri	1. GRUP %65 Yeni Pamuk %35 Geri Dönüştürülmüş Pamuk	8/1	7,52	0,82	12,58	0,00	27,25	10,75	11,53	7,16	9,06
	2. GRUP %55 Yeni Pamuk %35 Geri Dönüştürülmüş Pamuk %10 Poliester	8/1	7,70	0,57	12,60	0,00	14,00	6,00	12,50	9,20	6,40
	3. GRUP %100 Yeni Pamuk	8/1	7,98	0,81	11,58	0,50	2,37	0,21	12,40	8,35	6,35
Çözümlü İpliği	Yeni pamuk %100	20/1	20,09	1,04	13,38	2,87	22,24	4,29	11,57	6,77	4,86

İplik mukavemet değerleri incelendiğinde, iplik içeriğindeki geri dönüşüm lif kullanım oranı ile ilişkili değerlendirme yapılabilecektir. Geri dönüşüm pamuk lifi varlığı iplik mukavemet değerinde düşüşe neden olmakta, poliester lif varlığı ise bu düşüşü telafi edecek katkı sağlamaktadır. %100 yeni pamuk kullanılarak eğrilen iplik mukavemet değerinin geri dönüşüm pamuk lifi içeren iplik çeşitlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk lifinin Ne8/1 kalınlığındaki ipliklerde iplik mukavemetini olumsuz yönde etkilediği ifade edilebilecektir.

İplik kopma uzaması değerleri incelendiğinde, iplik içeriğindeki geri dönüşüm lif kullanım oranı ile ilişkili değerlendirme yapılabilecektir. Geri dönüşüm pamuk lifi varlığı iplik kopma uzaması değerinde düşüşe neden olmakta, poliester lif varlığı ise bu düşüşü telafi edecek katkı sağlamaktadır. %100 yeni pamuk kullanılarak eğrilen iplik kopma uzaması değerinin geri dönüşüm pamuk lifi içeren iplik çeşitlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk lifinin Ne8/1 kalınlığındaki ipliklerde iplik kopma uzaması değerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilebilecektir.

İplik tüylülük değerleri incelendiğinde, iplik içeriğindeki geri dönüşüm lif kullanım oranı ile ilişkili değerlendirme yapılabilecektir. Geri dönüşüm pamuk lifi varlığı iplik tüylülük değerinde artışa neden olmakta, poliester lif varlığı ise bu bozulmayı telafi edecek katkı sağlamaktadır. %100 yeni pamuk kullanılarak eğrilen iplik tüylülük değerinin geri dönüşüm pamuk lifi içeren iplik çeşitlerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk lifinin Ne8/1 kalınlığındaki ipliklerde iplik tüylülük değerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilebilecektir.

Yeni pamuk kullanılarak eğrilen Ne8/1 ve Ne 20/1 pamuk ipliklerinin fiziksel özellikleri incelendiğinde iplik numarasının incelenmesi ile tüm iplik özelliklerinin olumsuz yönde değişim gösterdiği görülmüştür.

Tanımlanan atkı ve çözgü iplikleri kullanılarak üç farklı lif içeriği olan 14 tel/cm atkı sıklığı, 23 tel/cm çözgü sıklığında, bez ayağı örgü raporunda üç farklı dokuma kumaş endüstriyel ölçekte üretilmiştir. Bu kumaşlar öncelikle ön terbiye işlemlerinden (haşıl sökme, kasar) geçirilmiş sonrasında her kumaş çeşidi üç eşit parçaya ayrılmış, A grubu şardon işlemi yapılmadan, B grubu tek pasaj şardon işlemi yapılarak ve C grubu ise çift pasaj şardon işlemi yapılarak üretilmiştir.



Çalışmada birbirinden farklı karakterde toplam dokuz çeşit çarşaf kumaşı üretilmiş ve karakterizasyon testlerine tabi tutulmak üzere hazırlanmıştır. Atkı ipliği çeşidine göre 1, 2 ve 3; şardon durumuna göre A, B ve C olarak tanımlanan numunelere verilen kodlar Tablo 4.3'te gösterildiği şekilde tanımlanmıştır. Karakterizasyon çalışmalarında bu kodlar kullanılacaktır.

**Tablo 4.3:** Kumaş Kodları

Kumaş Kodu	Şardon Derecesi	Kumaş İçeriği	
		Atkı İpliği	Çözümlü İpliği
1A	Şardon Yok	Ne 8/1 %65 Yeni Pamuk %35 Geri Dönüştürülmüş Pamuk	Ne 20/1 %100 Yeni Pamuk
1B	Tek Pasaj		
1C	Çift Pasaj		
2A	Şardon Yok	Ne 8/1 %55 Yeni Pamuk %35 Geri Dönüştürülmüş Pamuk %10 PES	
2B	Tek Pasaj		
2C	Çift Pasaj		
3A	Şardon Yok	Ne 8/1 %100 Yeni Pamuk	
3B	Tek Pasaj		
3C	Çift Pasaj		

## 4.2 Metod ve Yapılacak Testler

Hazırlanan 9 çeşit numune kumaş teknik özellikleri ve mikro plastik salımı açısından Tablo 4.4'te verilen testlere tabi tutulmuştur. Testlerden boyutsal stabilite testi ve mikroplastik belirleme çalışması dışındaki tüm testler %65± %2 bağıl nem ve 20 °C ±2 sıcaklıkta standart laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 4.4:** Standart listesi

Standart No	Standart Adı
TS 240 EN 20139	Kondisyonlama ve deneyler için standart atmosfer şartları
TS EN ISO 12945-2	Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkinliğinin tayini
INHOUSE METOD	Yıkama ve kurutmada boyutsal stabilite ölçümü
TS EN ISO 13937-1	Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini
TS EN ISO 13934-1	En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini-Şerit metodu
TS 1409	Dokunmuş tekstil mamullerinin eğilme dayanımı tayini
TS 7128 EN ISO 5084	Tekstil ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini
TS EN ISO 11092	Kararlı şartlarda ısı direncin ve su buharına karşı direncin ölçülmesi
TS 391 EN ISO 9237	Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini
INHOUSE METOD	Mikro plastik belirleme çalışması

Kumaşların metrekare ağırlığı, atkı ve çözgü sıklıkları Tablo 4.5’de verilmiştir.

**Tablo 4.5:** Kumaş İplik sıklıkları ve gramaj

Kumaş Kodları	Gramaj (m <sup>2</sup> )	Atkı Sıklık (tel/cm)	Çözgü Sıklık (tel/cm)
1A	175.4	12 tel/cm	22 tel/cm
1B	169.5		
1C	167.7		
2A	181.5		
2B	177.5		
2C	176.1		
3A	185.7		
3B	175.3		
3C	172.8		

#### 4.2.1 Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklanma Tayini

Boncuklanma kumaş üzerindeki serbest liflerin sürtünme sonucu bir araya gelerek gruplanmasıdır. Lifler zamanla kumaş yüzeyinden gruplar halinde koparak ayrılırlar. Boncuklanma sonucunda tekstil ürününün tutumu ve görünümü olumsuz etkilenirken kullanım ömrü de kısalmaktadır (Özdil 2003). Tüm şapeli elyaf çeşitleri sürtünme sonucu boncuklanmaktadır. Dolayısıyla elyaf boyu, iplikte tüylülük oranı, uygulanan bitim işlemleri gibi süreçler kumaşlarda boncuklanmayı doğrudan etkileyen parametreler arasında yer almaktadır (Telli ve Özkan 2018).



**Şekil 4.2:** Martindale test cihazı

Bu çalışmada kumaşlarda boncuklanma özelliği TS EN ISO 12945-2 standardına göre 9 kPa ağırlık altında 1000, 5000, 10000, 15000, 20000 tur sayılarında Martindale test cihazı (Şekil 4.2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 4.2.2 Yıkama ve Kurutmada Boyutsal Stabilite Ölçümü

Boyutsal stabilite ölçümü, yıkama ve kurutma sonrası kumaşların boyutsal değişimlerini tayin etmek için yapılacak olan testtir.

Bu çalışmada kumaşlar ev ortamındaki çamaşır ve kurutma makinasıyla inhouse metod yöntemiyle test edilmiştir. Kumaşlar 50\*50 cm ölçülerindeki boyutsal Stabilite şablonuyla işaretlenmiştir. Ev tipi çamaşır makinasında 30°C de 30 dk da kimyasal kullanılmadan yıkanmıştır. Yıkanan kumaşlar ev tipi kurutma makinasında 1 saat tamburlu kurutma yapılarak kurutulmuştur. Kurutma sonrası ölçülen kumaşların en ve boy yönünde kısalma (çekme) ve uzama (yayıma) değerleri hesaplanmıştır.

#### 4.2.3 Yırtılma Mukavemeti Ölçümü

Yırtılma mukavemeti yırtığın başlamasına ya da sürdürülmesine karşı koyma kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Kumaşı oluşturan ipliklerin mukavemeti, kumaş konstrüksiyonu ya da uygulanan terbiye işlemleri yırtılma mukavemetini etkileyebilmektedir (Özgül ve Özçelik 2006).



Şekil 4.3: Balistik sarkaç metodu (Elmendorf)

Bu çalışmada kumaşların yırtılma mukavemeti ISO 13937-1 standardına göre balistik sarkaç yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Prowhite marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 4.3).

#### 4.2.4 Kopma Mukavemeti Ölçümü

Kopma Mukavemeti kumaşın yük uygulandığındaki direnci olarak tanımlanmaktadır (Çetinaslan ve diğ. 2013). Dokuma kumaşlarda kopma mukavemetine etki eden faktörler, hammaddenin cinsi, iplik özellikleri, dokuma sırasında maruz kalınan gerilimler, kimyasal bitim işlemleri ve mekanik bitim işlemleri olarak sıralanır (Çetin 2007).



Şekil 4.4: Kopma mukavemeti test cihazı

Bu çalışmada kopma mukavemeti ölçümü TS EN ISO 13934-1 standardına göre yapılmıştır. Tinius Olsen firmasına ait H10KT modeli kullanılmıştır (Şekil 4.4).

#### 4.2.5 Dairesel Eğilme Direncinin Ölçülmesi (Stiffness)

Dairesel eğilme direnci kumaşın sertliği olarak değerlendirilmekte ve dökümlülükle ters orantılıdır. Kumaşa uygulanan basıncın miktarı o kumaşa ait yumuşaklık derecesi için bir gösterge olarak kullanılabilir (Kalebek ve Babaaslan 2009).



**Şekil 4.5:** Dairesel eğilme direnci test cihazı (Stiffness)

Bu çalışmada kumaşların dairesel eğilme direnç testi 25 kg basınç altında gerçekleştirilmiştir. TS 1409 standardına göre yapılmıştır. Dijital sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.5).

#### 4.2.6 Kalınlık Ölçümü

Kumaşların ön ve arka yüzeyleri arasındaki mesafenin belli bir basınç altında ölçülmesidir.



**Şekil 4.6:** Kalınlık ölçü test cihazı

Bu çalışmada kumaş kalınlığı ölçümü TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre yapılmıştır. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı (Şekil 4.6) ile mm cinsinden ölçülmüştür.

#### 4.2.7 Su Buharı Ölçümü

Su buharı geçirgenliği su buharının kumaş kalınlığı boyunca gerçekleşen difüzyon oranıdır (Kaplan 2009).

Kumaşlar standart atmosfer şartlarında 24 saat kondisyonlandıktan sonra numune kesici şablon ile kesilir. Kesilen kumaşlar su buharı geçirgenliği ölçüm cihazında 1 saat döndürüldükten sonra hassas terazide tartılır. Tartılan kumaşlar 24 saat daha cihazda döndürülür ve tekrar tartılır. Aradaki kütle kaybına göre su buharı geçirgenliği (4.1) eşitliğine göre hesaplanır.

$$\text{Su Buharı Geçirgenliği} = \frac{24M}{At} \quad (4.1)$$

M: Ağırlık kaybı (g)

t: Süre (saat)

A: Test yapılan kumaşın alanı

Su buharı geçirgenliği birimi = g/(m<sup>2</sup> gün)



Şekil 4.7: Su buharı geçirgenliği test cihazı

Bu çalışmada kumaşlarda su buharı geçirgenliği TS EN ISO 11092 standardına göre yapılmıştır. Prowhite firmasının ürettiği su buharı geçirgenliği test cihazı (Şekil 4.7) kullanılmıştır.

#### 4.2.8 Hava Geçirgenliği Ölçümü

Hava geçirgenliği kumaşın içerisinde hava geçişine ne derece izin verildiğinin bir ölçüsüdür. Hammaddenin yapısı, iplik kalınlığı, dokuma sıklığı, kumaş kalınlığı hava geçirgenliğini etkileyen faktörlerdir (Çeven 2011; Oral 2011).



Şekil 4.8: Hava geçirgenliği test cihazı

Bu çalışmada kumaşlarda hava geçirgenliği ölçümü TS 391 EN ISO 9237 standardına göre yapılmıştır. Karl Schröder marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 4.8).

#### 4.2.9 Mikroplastik Belirleme Çalışması

Mikroplastikler 5 mm den küçük olan plastik parçacıklardır (Yurtsever 2015). Evde yıkama işlemi sırasında açığa çıkan elyaf parçalarını da içeren küçük plastik parçacıklar (< 5 mm boyut) halinde doğrudan çevreye salınan mikroplastikler birincil mikroplastiklerdir (Periyasamy ve Bagha 2022).

Bu çalışmada mikroplastik belirleme testi için sadece poliester içerikli 2. grup kumaşlar (%55 yeni pamuk, %35 geri dönüştürülmüş pamuk, %10 poliester) kullanılmıştır. Ev tipi çamaşır makinasında 2A (şardon yapılmamış), 2B (tek pasaj şardonlu) ve 2C (çift pasaj şardonlu) kumaşları birlikte kimyasal kullanılmadan 30°C de 30 dk süreyle yıkama işlemine tabii tutulmuştur. Yıkanan kumaşlar (2A, 2B, 2C) ev tipi kurutma makinasında 1 saat tamburlu kurutmaya tabii tutulmuştur. Çamaşır makinasından tahliye edilen su süzöldükten sonra elde edilen elyaflar kurumaya bırakılmıştır.



**Şekil 4.9:** Mikroskop

Süzülüp kuruyan ve kurutma makinasının filtresinden alınan elyaflar (Şekil 6.9) BEL marka BIO3T model mikroskop (Şekil 4.9) altında 20 kat büyütülerek görüntülenmiş, içeriğindeki poliester tespit edilmiştir.



## 5. BULGULAR

### 5.1 Martindale Boncuklanma Testi Sonuçları

Martindale boncuklanma testine ait sonuçlar Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4, Tablo 5.5’de gösterilmektedir. Tablolarda 1000, 5000, 10000, 15000 ve 20000 tur seviyelerinde test edilmiş kumaş yüzeylerinin fotoğrafları ve boncuklanma derecelerini gösteren rakamlar bulunmaktadır.

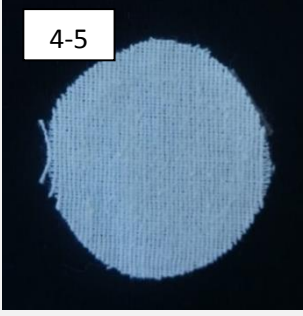
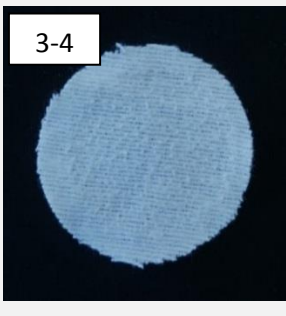
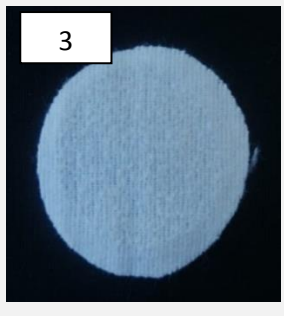
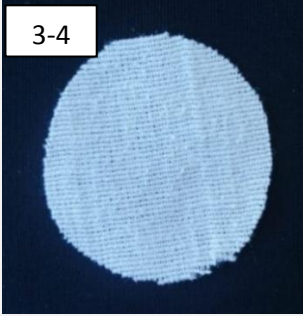
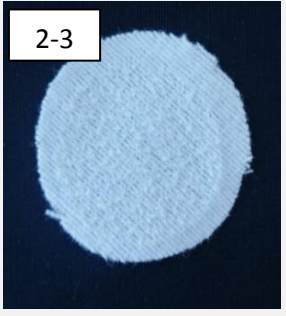
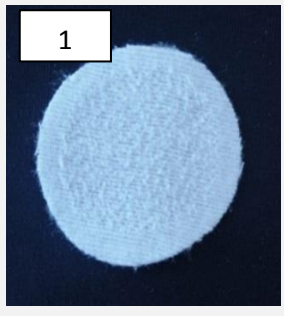
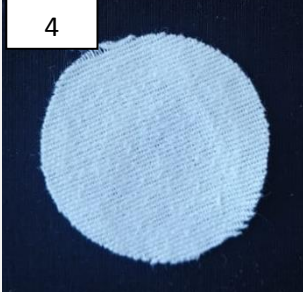
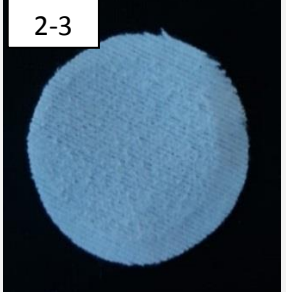
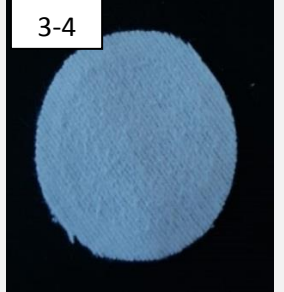
Şardonlama işlemi ve lif içeriğinin kumaş boncuklanma eğilimi üzerindeki etkileri incelendiğinde en yüksek düzeyde boncuklanma, tablo 5.1’de 1000 turda 2. Grup (%55 yeni pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk, %10 poliester) C tipi (çift pasaj şardonlu) 2C kumaşında görülmüştür. 2C kumaşı içindeki poliester liflerinin şardon sırasında ve geri dönüşüm sebebiyle oluşan kısa elyafları yüzeyde tutarak boncuklu görüntüye neden olması beklenen bir sonuçtur. Boncuklanma etkisinin en düşük olduğu kumaş Tablo 5.5’de 20.000 turda 3. Grup (%100 yeni pamuk) A tipi (şardonsuz) kumaş olduğu görülmektedir. Bu kumaşta 1000 turda boncuklanma meydana gelmiş ancak tur sayısı arttıkça boncuklanan kısım sürtünmenin de etkisiyle yüksek devirlerde kumaş yüzeyinden ayrılmıştır. Bu sonuç, 3A kodlu kumaşta hiç şardon yapılmamış olması ve bu kumaşın ne geri dönüşüm elyaf, ne de poliester elyaf içermemesi nedeniyle beklenen bir sonuçtur.

Kumaşları kendi içinde değerlendirdiğimizde şardon derecesi yüksek olan çift pasaj şardonlu C tip kumaşların aynı devirdeki A (şardonsuz) ve B (tek pasaj şardonlu) tip kumaşlara göre daha fazla boncuklandığını görmekteyiz. Elyaf içeriği olarak ele alındığında poliester içerikli 2. Grup (%55 yeni pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk, %10 poliester) kumaşların 1. Grup (%65 yeni pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk) ve 3. Grup (%100 yeni pamuk) kumaşlara göre kendi devri içinde daha fazla boncuklandığı görülmektedir.

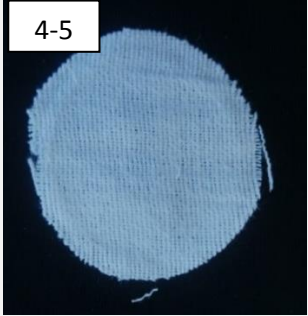
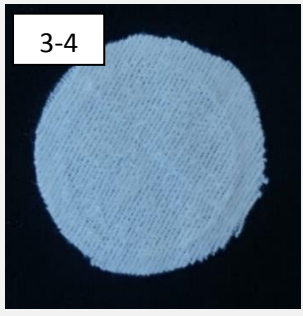
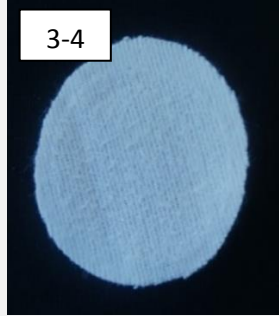
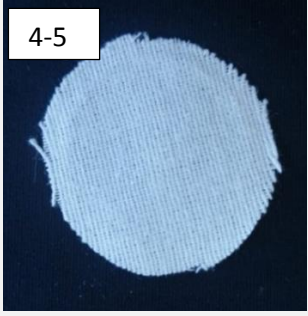
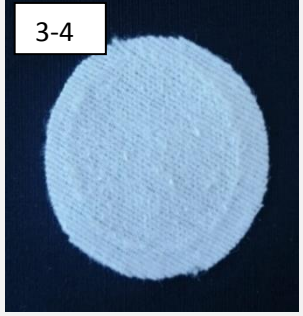
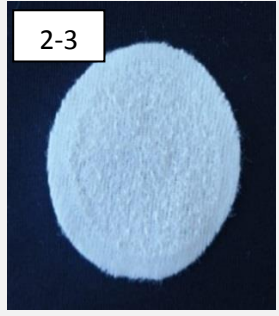
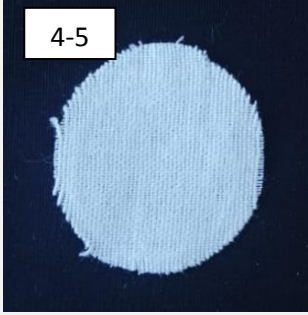
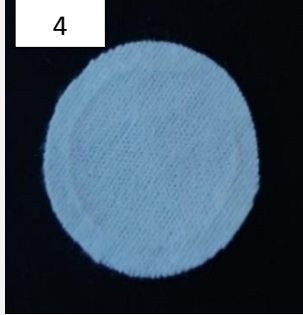
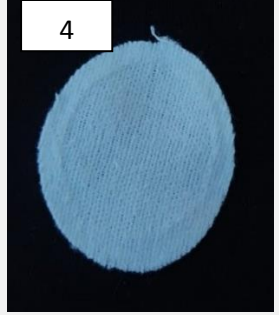
A tip şardonsuz kumaşların diğer kumaşlara göre aynı devirde değerlendirildiğinde daha az boncuklandığı görülmektedir. Şardon işleminin her üç

farklı içerikli elyaf karışımı kumaşlar için boncuklanma etkisi oluşturduğu ifade edilebilecektir.

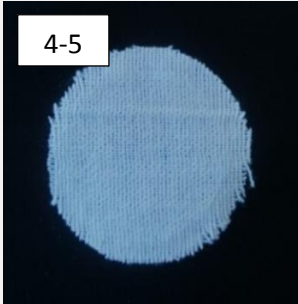
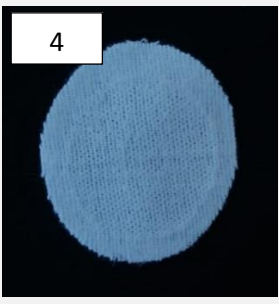
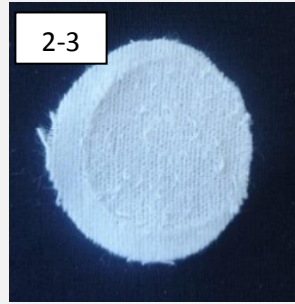
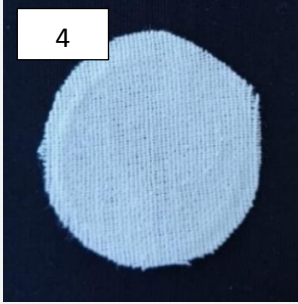
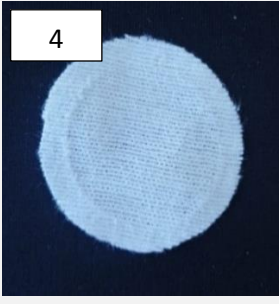

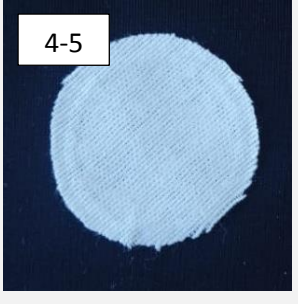

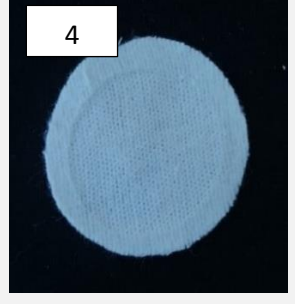
**Tablo 5.1:** Kumaşların 1000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri

	A	B	C
1000 TUR	1 	3-4 	3 
	2 	2-3 	1 
	3 	2-3 	3-4 

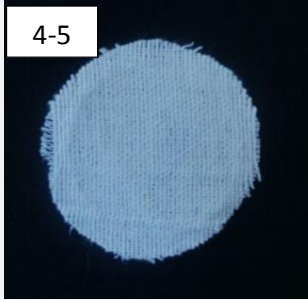
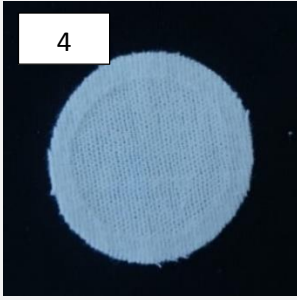
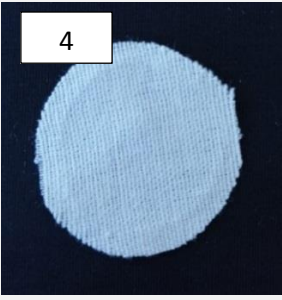
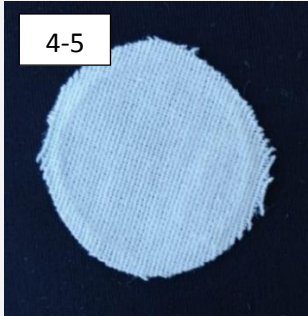

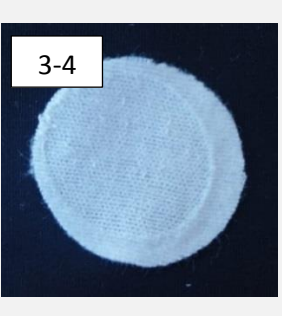
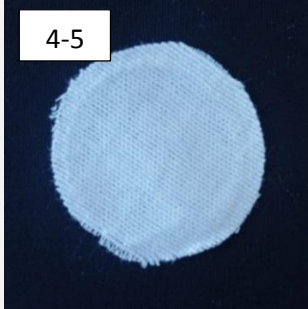
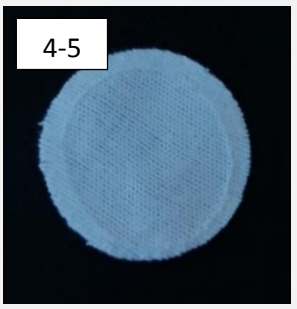
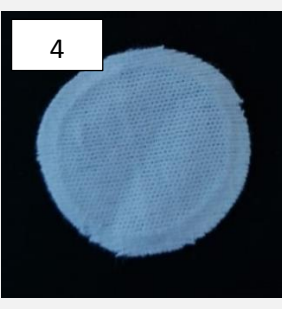
**Tablo 5.2:** Kumaşların 5000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>5000 TUR</b>	<b>1</b> 	<b>3-4</b> 	<b>3-4</b> 
	<b>2</b> 	<b>3-4</b> 	<b>2-3</b> 
	<b>3</b> 	<b>4</b> 	<b>4</b> 

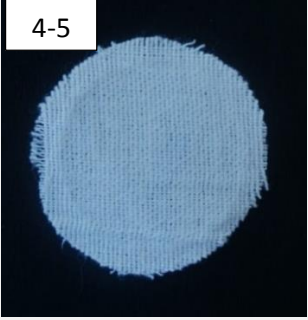
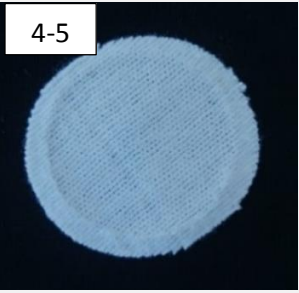
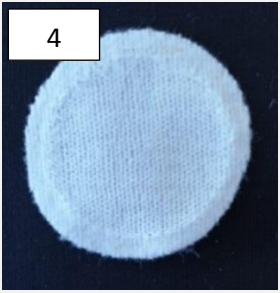
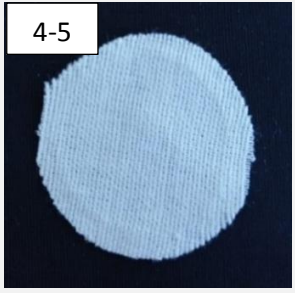
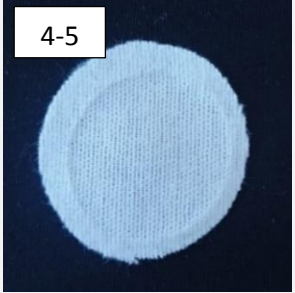
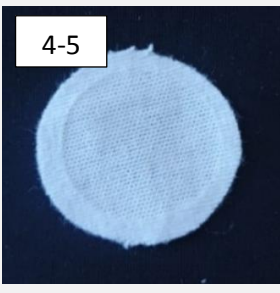
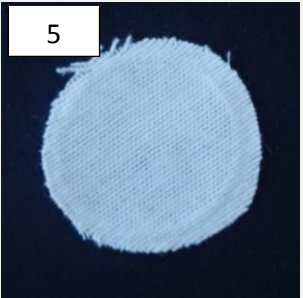
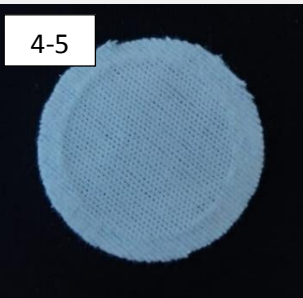
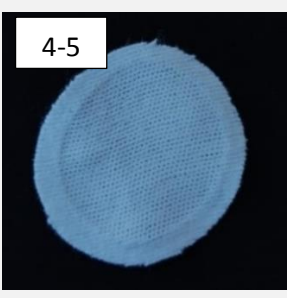
**Tablo 5.3:** Kumaşların 10000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri

	A	B	C
10000 TUR	1 	4 	2-3 
	4 	4 	3-4 
	4-5 	4-5 	4 

**Tablo 5.4:** Kumaşların 15000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri

	A	B	C
15000 TUR	1 	4 	4 
	2 	4 	3-4 
	3 	4-5 	4 

**Tablo 5.5:** Kumaşların 20000 tur sonrası boncuklanma görüntüleri

	A	B	C
20000 TUR	1 	1 	1 
	2 	2 	2 
	3 	3 	3 

## 5.2 Boyutsal Stabilite Ölçümü

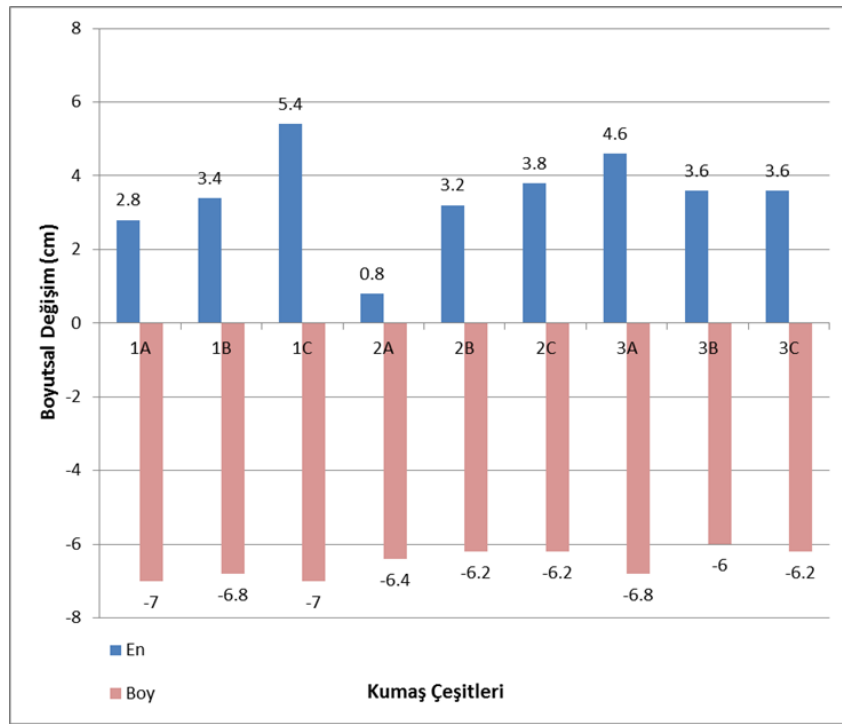
Boyutsal stabilite ölçüm sonuçlarına ait değerler Tablo 5.6’da, tablo verilerine göre grafik ise Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Ev tipi çamaşır yıkama ve kurutma makinalarında yapılan işlemlerde boyutsal stabilite ölçüm şablonu ile işaretlenen kumaşların boyutu kurutma sonrası tekrar ölçülerek aradaki farklılıklar belirlenmiştir. Kumaş boyutundaki çekme (kısalma) değerleri yüzde olarak eksi (-), uzama (genişleme) değerleri ise artı (+) belirtilmiştir.

**Tablo 5.6:** Boyutsal stabilite ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	EN			BOY		
	Yıkama Öncesi (cm)	Kurutma Sonrası (cm)	Değişim (%)	Yıkama Öncesi (cm)	Kurutma Sonrası (cm)	Değişim (%)
1A	50	51,4	2,8	50	46,5	-7
1B	50	51,7	3,4	50	46,6	-6,8
1C	50	52,7	5,4	50	46,5	-7
2A	50	50,4	0,8	50	46,8	-6,4
2B	50	51,6	3,2	50	46,9	-6,2
2C	50	51,9	3,8	50	46,9	-6,2
3A	50	52,3	4,6	50	46,6	-6,8
3B	50	51,8	3,6	50	47,0	-6
3C	50	51,8	3,6	50	46,9	-6,2

Kumaşların çekme ve uzama değerleri Şekil 5.1’deki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.1: Boyutsal stabilite sonuç grafiği

Kumaşların en yönündeki değişiminin artmasını atkı ipliğinin lif içeriğinde bulunan geri dönüşüm pamuk liflerinin katkıda bulunduğu gözlenmiştir. Geri dönüşüm pamuk ve open end rotor ipliklerinin bükümü kolayca açılıp enine yönde yayılmaya neden olabilir. Şardon esnasında atkı iplikleri yıprandığı için bükümlerinin kolayca açılması da etkindir. Ayrıca üretim aşamasında Sanfor gerginliklerinin ve aktarma sırasında sarım gerginliklerinin etkisini de görebiliriz.

Geri dönüşüm pamuk lifinin karakteristik özellikleriyle yeni pamuk lifinin karakteristik özellikleri karşılaştırıldığında geri dönüşüm pamuk lifinin incelik, ortalama lif boyu, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri dikkate alındığında yeni pamuk lifine göre daha düşük kalitede olduğu görülmüştür. (bkz Tablo 4.1) lif karakteristiğindeki bu farklılık OE rotor ipliği yapısında ve kumaş yapısında farklılığa sebep olmaktadır. Geri dönüşüm ve yeni pamuk birlikte kullanıldığı 1. Grup kumaşların boyutsal stabilitesindeki farklılık atkı ipliklerinin lif karışım oranlarıyla ilişkilendirilebilir.

Geri dönüşüm pamuk lifinin kullanıldığı 2. Grup ipliklerin atkı ipliği olarak kullanıldığı kumaşların boyutsal stabilitesinin %6 civarında olması bu ipliklerin poliester lif bileşeniyle açıklanabilir. Atkı ipliklerindeki poliester lifleri şardonlamanın atkı iplikleri üzerindeki etkisini azaltmıştır.



Kumaşların boy yönündeki değişimi atkı ipliği içeriğine göre değişmektedir. En yüksek kısıalma (çekme) geri dönüşüm pamuk içeren 1. Grupta görülmüştür. Yeni pamuk kullanılan 3. grupta görülen çekme ortalama düzeyde olup PES içerikli 2. grupta ise en düşük düzeyde kısıalma görülmüştür. Bu durum 1998 de Seventekin'in yaptığı çalışmada da ifade edildiği gibi "pamuk ve poliester liflerinin birlikte kullanılması sonucunda çekme sonuçlarının daha iyi olduğu gözlenmiştir".

Şardonlamanın kumaş boy yöndeki çekme davranışına etkisi incelendiğinde ise genel olarak şardon yapılmayan kumaşlarda çekme oranı şardon sayısı arttıkça çekme değerleri artış göstermiştir.

1C grubunun en yüksek çekme değerine sahip olması literatüre paralel olarak Akyürek'in 2016 da yaptığı çalışmada ki gibi mekanik etkilerin nedeniyle önceki çalışmalar bölümünde bahsedildiği gibi "şardonlama işlemi sırasında mekanik etkiyle çekmelerin olumsuz etkilenmesi" beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Ancak aynı mekanik bitim işlemi uygulanmış olan kumaşların farklı çekme ve/veya uzama davranışı göstermesini açıklayabilmek için lif çeşitleri ve karışım oranları ile ilişkilendirme yapılabilecektir.

### **5.3 Yırtılma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları**

Yırtılma mukavemeti test sonuçlarına ait değerler Şekil 5.2'de grafikte verilmiştir. Detaylı ölçüm sonuçları ekler bölümünde yer almaktadır.

Yırtılma anında ipliklerin tek tek ya da gruplar şeklinde kopması beklenmektedir. Yırtılmanın gerçekleşmesini sağlayan iplik kopma davranışı atkı ve çözgü iplik sıklıkları; atkı ve çözgü ipliklerinin mukavemet, kopma uzaması özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu sebeple iplik mukavemeti başta olmak üzere, iplik kopma uzaması, atkı ve çözgü sıklık değerleri kumaş yırtılma mukavemetini etkileyen nedenler arasında sayılmalıdır. Ayrıca kumaşa uygulanan terbiye işlemleri de kumaş yırtılma özelliğini etkilemektedir (Özdil ve Özçelik 2006).

Kumaşların atkı yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri çözgü ipliklerinin maruz kaldığı, çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri ise atkı yönü ipliklerinin maruz kaldığı gerilmelere karşı dayanımı ile ilişkilidir. Aşağıdaki tablo

bu bakış açısıyla incelendiğinde kumaş çözgü yönü yırtılma mukavemetinin kumaş atkı yönü yırtılma mukavemetlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

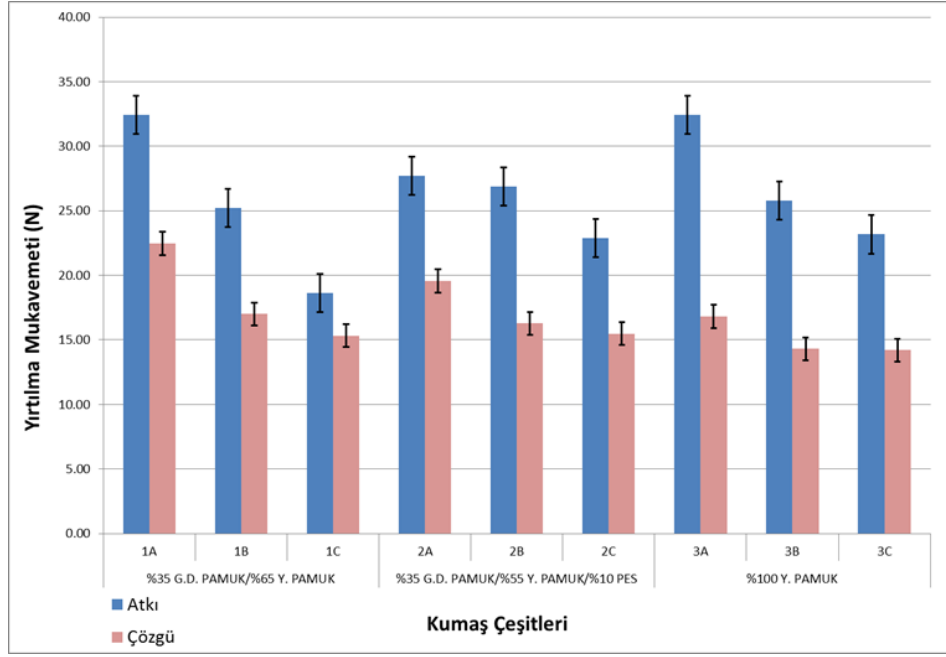
Çözgü yönü mukavemetin yüksek olması nedenlerinden biri iplik sıklığı ile ilişkilendirilebilir. Tablo 5.2’de belirtildiği gibi atkı ipliklerinin sıklığı 12 tel/cm iken çözgü ipliklerinin sıklığı 22 tel/cm dir. Yırtılma esnasında atkı ipliklerinden 12 tel iplik koparken, çözgü ipliklerinden 22 tel kopması gerekir. Bu durumda çözgü iplik mukavemetinin daha yüksek olması ön görülmektedir.

Şardon derecelerine göre incelendiğinde; atkı ipliklerinin maruz kaldığı mekanik aşınma etkisi (şardon derecesi) arttıkça kumaş yırtılma mukavemeti değerleri olumsuz etkilenmiştir. Genel tablo itibarıyla A tip kumaşlar (şardon yapılmamış), B (tek pasaj şardon) ve C tip (çift pasaj şardon) kumaşlara göre daha yüksek yırtılma mukavemeti sergilemişlerdir. Şardon işlemi sırasında elyaf kayıpları mukavemette gözle görülür bir düşüşe neden olmaktadır.

Atkı yönü yırtılma mukavemeti istatistiksel anlamda değerlendirildiğinde; lif içeriği etkisi anlamlı bir sonuç vermezken, lif içeriği etkisi ve şardon derecesi etkisiyle birlikte anlamlı sonuçlar vermiştir (bkz. Tablo 5.7).

Çözgü yönü yırtılma mukavemeti istatistiksel anlamda değerlendirildiğinde; lif içeriği etkisi ve şardon derecesi bakımından anlamlı bir sonuç vermezken, lif içeriği etkisi ve şardon derecesiyle birlikte anlamlı sonuçlar vermiştir (bkz. Tablo 5.7).

Test sonuçlarına ait değerler Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2: Yırtılma mukavemeti test sonuç grafiği

#### 5.4 Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları

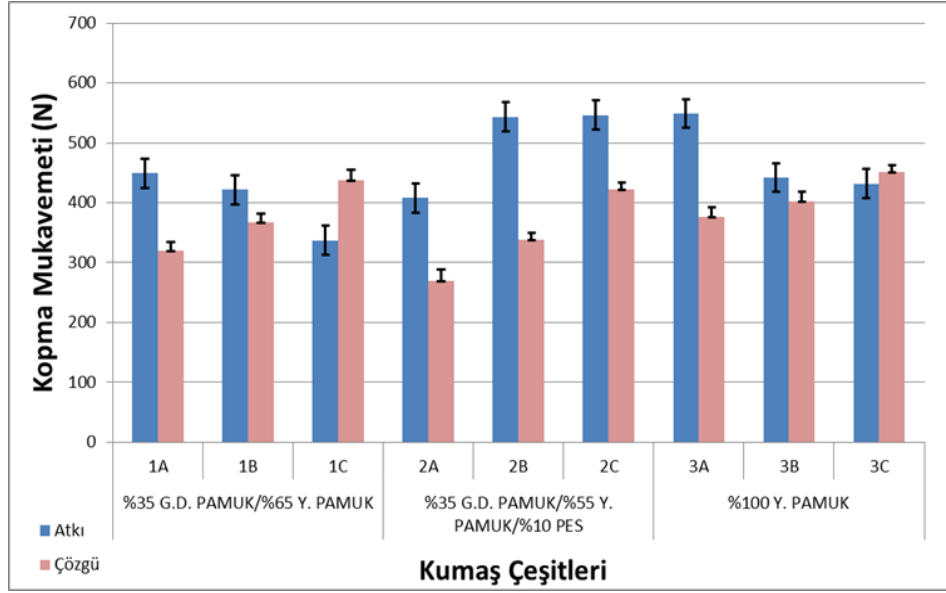
Kopma mukavemeti test sonuçlarına ait atkı yönü ve çözgü yönü değerleri Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Şardon derecelerine göre inceleme yapıldığında; şardon işleminin mekanik etkilerinin hangi iplik yapısında yıpratıcı etkisinin daha yüksek olduğunun anlaşılması önemlidir. Kumaş konstrüksiyonu incelendiğinde kalın atkı iplikleri ile ince çözgü ipliklerinden oluşan bez ayağı dokuma kumaş yüzeyinde atkı yoğun bir yapı olduğu bilinmektedir. Bu durumda şardon işleminin de atkı iplikleri üzerinde daha yoğun etkiye neden olması beklenmelidir. Ayrıca kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemeti değerlerinin çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerlerinden yüksek olması iplik kalınlıkları ve kumaş konstrüksiyonu da dikkate alınmalıdır. Kumaş atkı yönündeki kopma mukavemeti için atkı yönündeki tüm iplikleri koparmak; kumaş çözgü yönündeki kopma mukavemeti için çözgü yönündeki tüm ipliklerini koparmak için gerekli kuvvetler dikkate alınmalıdır. Bu bakış açısı ile değerlendirildiğinde kumaş atkı mukavemetinin çoğunlukla çözgü mukavemetinden yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.3). Bu durum poliester içerikli atkı iplikleri için geçerli değildir.

Atkı yönündeki kopma mukavemeti verileri incelendiğinde en yüksek düzeydeki kopma mukavemeti verilerinin poliester içerikli atkı ipliklerinin kullanıldığı numunelerde (2.grup) gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum poliester içerikli atkı ipliklerinin göreceli olarak diğer atkı ipliği çeşitlerine göre yüksek kopma mukavemet değeri ile ilişkilendirilebilmektedir. Geri dönüşüm pamuk içeren atkı ipliği ile yeni pamuk ipliğinden üretilen atkı iplikleri karşılaştırıldığında ise geri dönüşüm pamuk içeren atkı ipliklerinin kumaş atkı mukavemetini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemetinin şardon işlemi ile azalmasının nedeni şardonlama işlemi ile kumaş içinden ayrılan liflerin sadece pamuk içerikli atkı ipliğinin kopma dayanımını azaltması ve bu azalmaya bağlı olarak da kumaş kopma mukavemetinin azalması ile açıklanabilecektir. Şardon işlemi genellikle atkı ipliklerine yapılmaktadır. Bu mekanik işlem sırasında atkı ipliklerinin yıpranması ve şardon sayısı arttıkça yıpranma değerleri artacağı için, kopma mukavemetlerinin A tipi (şardonsuz) ipliklerinden C tipi (çift pasaj şardonlu) ipliklerine doğru gidildikçe azalma yönünde etki göstereceği beklenmektedir. 2016 da Akyürek'in yaptığı çalışmada da şardon işleminin mekanik hareketlerinin kumaşın kopma dayanımı değerleri üzerinde olumsuz etkileri tespit edilmiş ve bu çalışmaya benzer bulgular elde edilmiştir.

Atkı yönü ve çözgü yönü kopma mukavemetleri lif içeriği etkisi, şardon derecesi etkisi ve her ikisinin birden etkisi istatistiksel analizde anlamlı sonuçlar vermiştir.



Şekil 5.3: Kopma mukavemeti grafiği

Çözü yönündeki kopma mukavemeti verileri incelendiğinde şardon sayısının artması kumaşların çözü yönündeki kopma mukavemetini arttırmıştır. Her üç atkı ipliği çeşidi için geçerli olan mukavemet artışı şardon işlemi yapılan kumaşların atkı ipliklerinde görülen gevşeme ile açıklanabilecektir. Atkı ipliklerinin şardonlama ile zayıflaması ve çözü iplikleri üzerindeki kesme kuvvetinin azalması nedeni ile çözü ipliklerine uygulanan radyal kuvvetlerin kesme etkisi azalmakta; çözü ipliklerinin aksel yöndeki (koparma kuvveti yönündeki) dayanımı artmaktadır. Bu yaklaşım yüksek kopma mukavemet değeri olan poliester içerikli atkı ipliklerinin kullanıldığı 2.grup kumaş numunelerinde pamuk içerikli atkı ipliği olan numunelere göre (1. Grup ve 3. Grup) daha düşük çözü yönlü kopma mukavemeti oluşmasını da açıklamaktadır.

## 5.5 Kopma Uzaması Ölçüm Sonuçları

Kopma uzaması, kumaşın kopma gerçekleştiği anda plastik deformasyon sırasında ipliğin ne kadar uzadığını ifade eden bir değerdir. Kopma uzama değerleri Şekil 5.4'de gösterilmektedir.

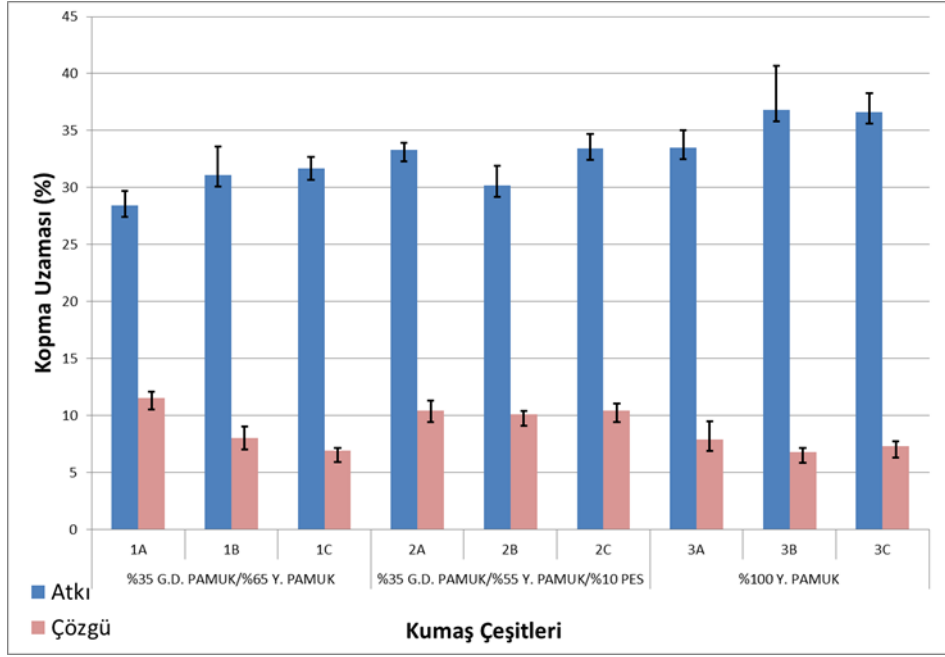
Kopma uzama değerlerinin atkı ipliklerine ait değerlerin çözü ipliklerine ait değerlerden belirgin bir farkla daha yüksek olduğu grafikte açıkça görülmüştür. Atkı ipliklerinin kopma uzaması değerlerinin çözü ipliklerinin kopma uzaması

değerlerinden daha yüksek olmasının nedeni iplik kesitinde bulunan lif sayılarının fazla olması ilişkilendirilebilir. 2019 yılında Vuruşkan'ın yaptığı çalışmada da benzer bulgular elde edilmiştir (Vuruşkan 2019).

Atkı ipliklerini oluşturan geri dönüşüm pamuk elyafı ve yeni pamuk elyafı içeren atkı ipliklerinin kumaş atkı yönündeki kopma uzama değerleri üzerindeki etkisi ipliği oluşturan ortalama lif boyu ve ipliklerin kopma uzaması değerleri ile ilişkilendirilebilecektir. Ortalama lif boyu kısa olan pamuk liflerinden oluşan atkı iplikleri (1.grup), kumaşın atkı yönündeki kopma uzamasının düşük olmasına neden olmakta; ortalama lif boyu uzun olan pamuk liflerinden oluşan atkı iplikleri (2.grup) ise kumaşın atkı yönündeki kopma uzamasının daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Atkı ipliği içeriğindeki poliester lif içeriği kumaş atkı yönündeki kopma uzamasında artış sağlamaktadır.

Kumaşların atkı yönündeki kopma uzamasının şardon işlemi ile artmasının nedeni şardonlama işlemi ile kumaş içinden ayrılan liflerin atkı ipliğinin yapısını gevşetmesi, ipliklerin kopma uzaması değerlerinin arttırması ve bu artışa bağlı olarak da kumaş kopma uzamasının artması ile açıklanabilecektir. Şardon işlemi genellikle atkı ipliklerine yapılmaktadır. Bu mekanik işlem sırasında atkı ipliklerinin yıpranması ve şardon sayısı arttıkça yıpranma değerleri artacağı için, kopma uzamasının A tipi (şardonsuz) ipliklerden C tipi (çift pasaj şardonlu) ipliklere doğru gidildikçe artış yönünde etki gösterdiği belirlenmiştir.

Çözgü yönü kopma uzaması ve atkı yönü kopma uzaması istatistiksel anlamda değerlendirildiğinde; lif içeriği etkisi ve şardon derecesi bakımından anlamlı bir sonuç vermezken, lif içeriği etkisi ve şardon derecesiyle birlikte anlamlı sonuçlar vermiştir.

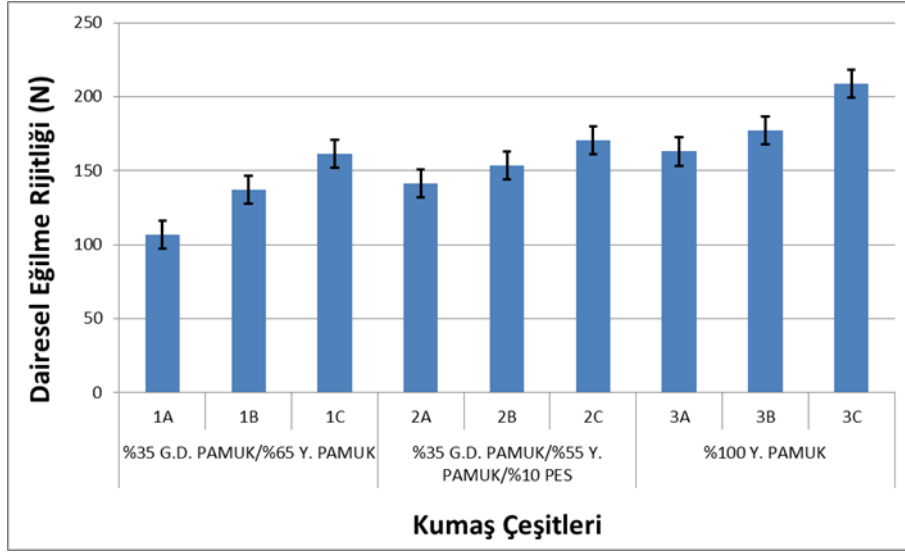


Şekil 5.4: Kopma uzaması grafiği

Çözgü yönündeki kopma uzaması verileri incelendiğinde şardon sayısının artması kumaşların çözgü yönündeki kopma uzaması değerlerini genel olarak azaltmıştır. Geri dönüşüm ve yeni pamuk içerikli atkı iplikleri kullanılan kumaş tipleri için (1. Grup ve 3. Grup) geçerli olan kopma uzamasındaki azalma davranışı poliester içerikli atkı iplikleri kullanılan 2. Grup için geçerli bulunmamıştır.

## 5.6 Dairesel Eğilme Rijitliği Ölçüm Sonuçları

Dairesel eğilme rijitliği ölçüm sonuçlarına ait değerler Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Dairesel eğilme rijitliği ölçüm sonucu grafiği

Lif içeriklerine göre kumaş eğilme rijitliği ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek sertlik değerinin %100 yeni pamuk lifinden oluşan atkı ipliklerinin kullanıldığı 3. Grup numunelerde görülmüştür. Tablo 1 de verilen lif özellikleri tablosunda yeni pamuk liflerinin geri dönüşüm pamuk liflerine göre kalın olması (4,5 mikroner) ve ortalama lif uzunluğunun yüksek olması nedeniyle bu ipliklerin daha rijit olması, dolayısıyla atkı ipliği olarak kullanıldığı kumaşların da rijit olması beklenmelidir. 3.grup kumaşları oluşturan yeni pamuk içerikli atkı ipliklerinde kesitteki lif sayısının az olması ve ortalama lif uzunluğunun yüksek olması open end rotor ipliklerinde rijitlik artışına neden olmaktadır. İplik kesitinde diğer grup kumaş içeriklerine göre daha az lif olması sertlik değerinin yükselmesine neden olmaktadır.

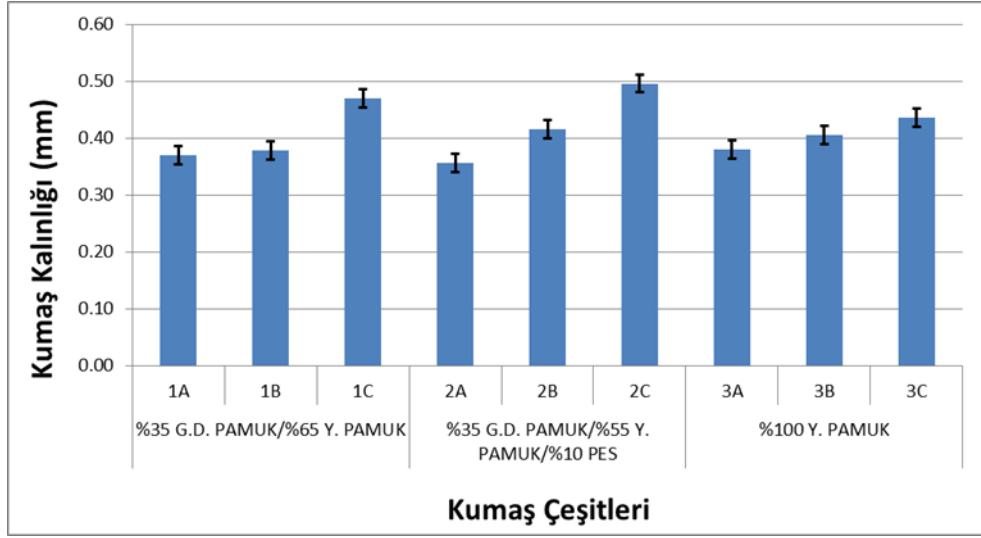
Sertlik ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak oluşturulan grafik verilerine bakıldığında tüm kumaşların şardon derecesi arttıkça, sertlik derecelerinin de arttığı görülmektedir. Şardon işlemi sırasında kumaşın mekanik yıpranması sonucunda kumaşa dâhil olan elyafların kumaş dışına çıkararak havlı bir yapı oluşturması ve kumaş yüzeyini ek bir katman gibi kaplaması kumaş eğilme direncini arttıran yönde bir etkiye sebep olmuştur.

Dairesel eğilme rijitliği istatistiksel anlamda incelendiğinde şardon derecesi etkisi, lif içeriği etkisi ve şardon derecesiyle birlikte lif içeriği etkisi anlamlı sonuçlar vermiştir.



## 5.7 Kalınlık Ölçüm Sonuçları

Kalınlık ölçüm test sonuçlarına ait değerler Şekil 5.6'da gösterilmektedir. Kumaş kalınlık değerlerine genel olarak bakıldığında şardon sayısının artması kumaş kalınlığında belirgin düzeyde artışa neden olmaktadır. Kumaş kalınlığı üzerinde aynı kalınlıkta, farklı lif içeriğinde atkı ipliği kullanımının etken olmadığı belirlenmiştir.



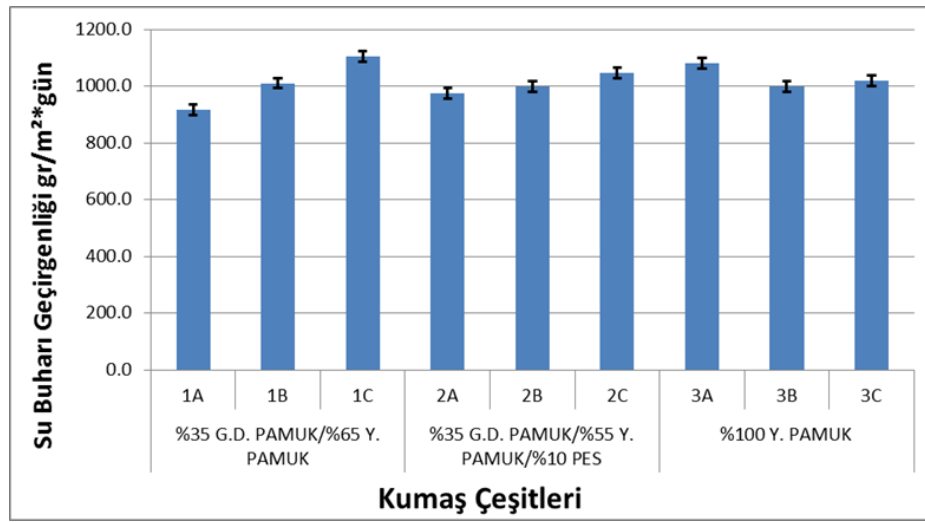
Şekil 5.6: Kalınlık ölçüm sonuçları grafiği

Kalınlık ölçüm sonuçları incelendiğinde lif içerik etkisi tek başına istatistiksel analizde anlamlı olmazken, şardon derece etkisi ve şardon derece etkisiyle birlikte lif içerik etkisi anlamlı sonuçlar vermiştir.

## 5.8 Su Buharı Ölçümü Sonuçları

Su buharı geçirgenliği, su buharının kumaş içerisinden ne kadar geçtiğiyle ilgilidir. Ölçüm sonuçları Tablo 5.15 de verilmektedir. Tablo verilerine ait grafik Şekil 5.7'de gösterilmektedir.

Kumaşlar şardon derecesine göre değerlendirildiğinde genellikle şardon derecesi yüksek olan C grup kumaşlarda su buharı geçirgenliği özelliklerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 5.7: Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları grafiği

Şardon derecesi arttıkça kumaştaki gözenek sayısı arttığından su buharı geçirgenliğinin de daha yüksek olması beklenmelidir. Kumaşlarda kullanılan atkı ipliği içeriğinin ortalama lif boyu ve iplik yapısı içindeki yoğunluğu değerlendirildiğinde, iplik özgül ağırlığı yüksek olan uzun lifli, poliester içerikli atkı ipliklerinin; geri dönüşüm pamuk içeren atkı ipliklerine göre su buharı geçirgenliğini zorlaştırdığı; şardon işlemi ile kumaş kompakt yapısında gevşeme gerçekleşmesi ile şardon işleminin genel olarak su buharı geçirgenlik özelliğinde iyileşme sağladığı belirlenmiştir.

İstatiksel analiz bakımından su buharı test sonuçları incelendiğinde, şardon derecesi etkisi ve lif içerik etkisi ayrı ayrı ya da birlikte anlamlı sonuçlar vermemiştir.

## 5.9 Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

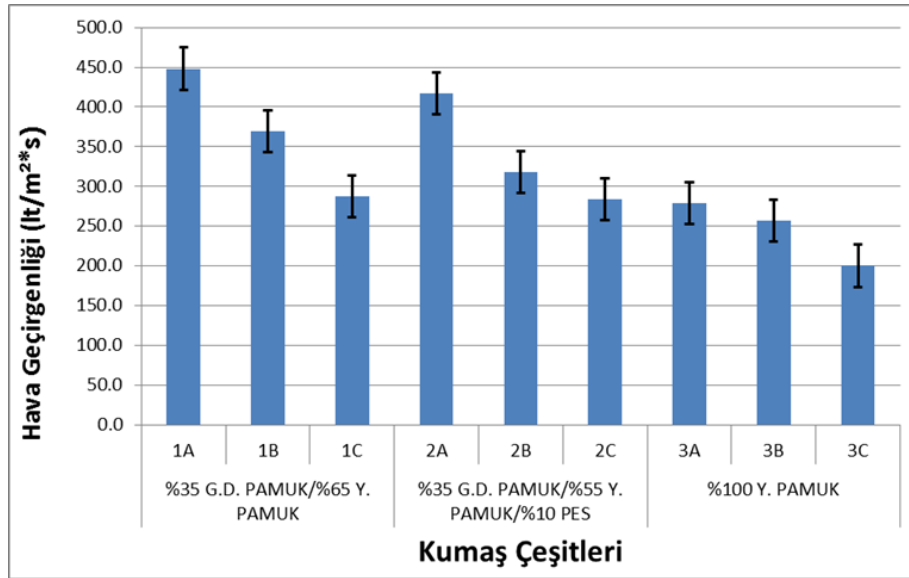
Kumaşlarda hava geçirgenliği test sonuçlarına ait değerler Tablo 5.18'de gösterilmiştir. Tablo verilerine ait grafik Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Kumaşların hava geçirgenliği lif içeriği bakımından değerlendirildiğinde, en düşük hava geçirgenlik değerlerinin %100 yeni pamuktan oluşan 3. Grup kumaşlarla elde edildiği görülmüştür. İplik yoğunluk değeri yönünden en yoğun yapıda olan yeni pamuk lifi içerikli atkı ipliklerinin kullanıldığı 3. Grup kumaşların hava geçirgenliği en düşük olan kumaşlar olduğu görülmüştür.

Şardon derecelerine göre incelendiğinde ise şardon sayısının artışı hava geçirgenliğini azaltıcı yönde etkilemiştir. Çünkü şardon sırasında kumaş içinden çıkan liflerin kumaş üzerinde bir tabaka daha varmış gibi konumlanması hava geçirgenliğini olumsuz etkilemektedir.

En yüksek hava geçirgenliği değerleri geri dönüşüm pamuk içeren ve şardon yapılmamış kumaşlarda görülmesi hem lif boylarının kısa hem de kumaş gözeneklerin yeni pamukla üretilen kumaşa göre daha büyük olması ile açıklanabilecektir.

İstatiksel analiz bakımından hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, şardon derecesi etkisi ve lif içerik etkisi ayrı ayrı ve birlikte anlamlı sonuçlar vermektedir.



Şekil 5.8: Hava geçirgenliği ölçüm sonucu

## 5.10 İstatiksel Değerlendirme

Bağımlı ve bağımsız değişkenler üzerinde yapılan iki yönlü varyans analizine ait değerlendirmeler Tablo 5.7’de verilmektedir. Tablonun sütun kısmında bağımsız değişkenler olan lif içeriği, şardon derecesi ve ikisinin interaksiyonuna ait test istatistik değerleri ve olasılık değerleri verilmektedir. Tablonun satır kısmında ise bağımlı değişkenlere ait ilgili veriler yer almaktadır.

Bağımsız değişken olan lif içeriğinin, bağımlı değişkenler içerisinde atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü yönü kopma mukavemeti, dairesel eğilme rijitliği ve hava geçirgenliği üzerinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Bağımsız değişken olan şardon derecesinin bağımlı değişkenler içerisinde atkı yönü yırtılma mukavemeti, atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü yönü kopma mukavemeti, dairesel eğilme rijitliği, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Şardon derecesinin ve lif içeriğinin etkisinin birlikte su buharı dışındaki tüm testlerde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

İki yönlü ANOVA yapılmadan önce değişkenlerin varyans homojenliklerine bakılmıştır. Dairesel eğilme rijitliği ve kalınlık dışındaki tüm bağımlı değişkenler anlamlı çıkmıştır ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 5.7:** İstatiksel analizden elde edilen değerler

Test Çeşitleri	Lif İçeriği Etkisi		Şardon Derecesi Etkisi		Lif İçeriği*Şardon Etkisi	
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti	0,393	(0,698)	10,571	(0,025)**	7,380	(0,000)**
Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti	1,174	(0,397)	0,145	(0,869)	150,540	(0,000)**
Atkı Yönü Kopma Mukavemeti	8,980	(0,033)**	26,610	(0,005)**	8,780	(0,000)**
Çözgü Yönü Kopma Mukavemeti	8,980	(0,033)**	26,610	(0,005)**	8,780	(0,000)**
Atkı Yönü Kopma Uzaması	6,877	(0,051)	1,169	(0,398)	4,124	(0,007)**
Çözgü Yönü Kopma Uzaması	4,106	(0,107)	1,742	(0,286)	12,915	(0,000)**
Dairesel Eğilme Rijitliği	32,861	(0,003)**	26,943	(0,005)**	7,014	(0,000)**
Kalınlık	0,436	(0,674)	12,910	(0,018)**	13,158	(0,000)**
Su Buharı Geçirgenliği	0,130	(0,882)	0,885	(0,480)	1,146	(0,367)
Hava Geçirgenliği	18,764	(0,009)**	17,655	(0,010)**	13,878	(0,000)**

\*Varyanslar homojendir ( $p$ -değeri  $> 0,05$ )

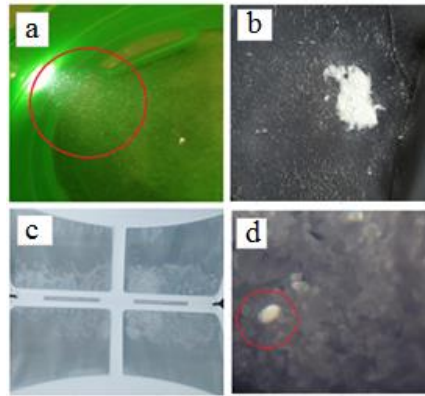
\*\* 0,05 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p$ -değeri  $< 0,05$ )

## 5.11 Mikroplastik Ölçüm Sonuçları

Kumaşların mikroplastik salımı ile ilgili ölçümler sadece poliester lif içeriğine sahip olan 2. Grup kumaşlara yapılmıştır. Kumaşlar yıkanmadan önce hassas terazide tartılmıştır. 2A, 2B ve 2C kumaşlarının toplam ağırlığı 413.56 gramdır. Tartım işleminden sonra 2A (şardonsuz), 2B (tek pasaj şardonlu) ve 2C (çift pasaj şardonlu) kumaşları birlikte ev tipi çamaşır makinasında yıkanmıştır. Yıkama başladıktan sonra çamaşır makinasının su tahliye borusu ayrı bir kaba alınarak yıkama suları boşaltılmıştır. Tahliye su içerisindeki elyaflar Şekil 5.9 a'da gösterilmektedir. Tahliye suyu süzülmüştür. Süzülen su içerisindeki elyaflar ise fotoğraflanmıştır (Şekil 5.9 b).

Çamaşır makinasından alınan 2A, 2B ve 2C kumaşların tamamı ev tipi kurutma makinasında 1 saat tamburlu kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Kurutma makinası filtresinden çıkan elyaflar Şekil 5.9 c'de gösterilmektedir. Kurutma makinasından çıkan kumaşlar tartılmıştır. Kumaşların toplam ağırlığı 409,17 gramdır.

Yıkama ve kurutma işlemlerinden sonra kumaşların 4,39 gram kütle kaybı olduğu tespit edilmiştir. Kumaş toplam ağırlığının %1,06 sına tekabül etmektedir. Yıkama işleminden sonra süzülüp kuruyan ve kurutma filtresinden çıkan elyaflar toplanarak mikroskop altında 20 kat büyütülerek incelenmiş ve poliester elyaf tespit edilmiştir (Şekil 5.9 d). Poliester elyafının doğaya salınımına örnek gösterilebilir.



**Şekil 5.9:** Yıkama işleminden sonra tespit edilen mikroplastik görüntüleri; a) Su içindeki elyaf görüntüsü, b)Süzülen elyaflar, c)Kurutma makinası filtresindeki elyaflar, d) Poliester elyafın mikroskopik görüntüsü

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş pamuk ve poliester içerikli farklı şardonlama derecelerine sahip 9 farklı numunenin fiziksel ve mekanik karakteristikleri incelenmiştir. Değerlendirme ve karşılaştırmalar şardon derecesi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan test ve analizler sonucunda; boncuklanma testinde şardonlama işlemi ve lif içeriğinin kumaş boncuklanma eğilimi üzerindeki etkileri incelendiğinde en yüksek düzeyde boncuklanma, 1000 turda 2. Grup (%55 yeni pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk, %10 poliester) C tipi (çift pasaj şardonlu) kumaşında görülmüştür. 2 derece şardon yapılan kumaşların şardon yolucu silindirlerine birden fazla maruz kalması sonucunda kumaş üzerine çıkan elyaflar sürtünmenin de etkisiyle boncuklanmış ancak içeriğinde bulunan poliester elyaf sayesinde kumaş yüzeyinde tutunup kalmışlardır. En az boncuklanma gösteren grup ise %100 yeni pamuk ve şardonsuz olan 3A tipi kumaşlardır. Bu durumda kumaş içinde daha uzun liflere sahip olan 3. Grup ve şardon işlemi yapılmadığı için bağımsız lifleri az olan A grubunun (şardonsuz) en az aşınma dayanımı göstermesi beklenmektedir. Akyürek'in 2016 da yaptığı çalışmada da şardon işleminin kumaş yapısındaki lifleri çıkarması nedeniyle boncuklanma dayanımının düştüğünü tespit etmiştir.

İpliklere ait düzgünsüzlük değerleri incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk içeren 1. ve 2. grup ipliklerin değerlerinin birbirine yakın olduğu; yeni pamuk ile üretilen 3. grup ipliğın düzgünsüzlük değerinin diğer iki gruba göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu farklılık iplik elyaf karışımında kullanılan geri dönüşüm lif varlığı ile ilişkilendirilebilecektir. %100 yeni pamuk kullanılarak eğrilen iplik yapısının düzgünsüzlük değeri diğer iki geri dönüşüm pamuk lifi içeren iplik çeşitlerine göre daha iyidir. Geri dönüşüm pamuk lifinin Ne8/1 kalınlığındaki ipliklerde iplik düzgünsüzlüğünü olumsuz yönde etkilediği ifade edilebilecektir. Telli ve Babaarslan'ın 2017 yaptığı çalışmada, r-CO ve r-PET karışımlarından oluşan kumaşların %100 yeni pamuktan oluşan kumaşlarla kıyasladıklarında tüylülük, neps, ince yer, kalın yer ve iplik kopma mukavemeti açısından çok farklı olmadıklarını ve düşük maliyetlerle çevre dostu iplik üretebileceklerini savunmuşlardır.

Kumaş gramaj değişimini gösteren Tablo 4.5'de bulunan veriler incelendiğinde şardon işleminin kumaşların gramaj değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Akyürek (2016)'da yaptığı çalışmada da bu azalmayı destekleyecek yönde bulgular tespit edilmektedir. Şardon işleminin kumaş gramajını azaltan yönde etki gösterdiği belirtilmiştir.

Boyutsal Stabilitate test sonuçlarına göre; kumaşta uzama değerinin artması şardon işlemleri sırasında atkı ipliklerinin hırpalanması sonucu bükümlerin kolay açılıyor olabilmesi etkindir. Kumaş üretimi boyunca sanfor gerginlikleri, sarımlar ve aktarımlar sırasındaki gerginlikler boyutsal stabilite değerleri üzerinde oldukça etkilidir. Lif içeriği bakımından incelendiğinde geri dönüşüm pamuk liflerinin yeni pamuk liflerine göre daha düşük kalitede olması kumaş yapısında farklılıklara neden olabileceği gibi 1. gruptaki farklılığı bu nedenle açıklayabiliriz. 2. Grup kumaşların en artışlarının ortalama %6 olması lif içeriğinin poliester olmasıyla açıklanabilir. Şardonlamanın kumaş boy yöndeki çekme davranışına etkisi incelendiğinde ise genel olarak şardon yapılmayan kumaşlarda çekme oranı şardon sayısı arttıkça çekme değerleri artış göstermiştir.

Yırtılma mukavemeti ölçümü sonucunda kumaşın çözgü yönü yırtılma mukavemetlerinin atkı yönündeki mukavemete göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şardon işlemi atkı ipliklerini mekanik olarak yıprattığı için şardon derecesi arttıkça yırtılma mukavemetlerinin azaldığı görülmüştür. Çözgü ipliklerinin geri dönüşüm pamuk içermemesi, iplik kesitindeki lif sayısının fazlalığı ve şardon işlemine maruz kalmaması mukavemetinin daha yüksek sonuçlanmasına neden olmaktadır. Yüksekkeya ve diğerlerinin 2016 da yaptığı çalışmada geri dönüşüm pamuk içeren kumaşların, geri dönüşüm sürecinde yıpranmalarına bağlı olarak daha düşük mukavemette olduğunu ortaya koymuştur. Yeni pamuk değerlerindeki mukavemet azalmasının egalize yapılmamasıyla ilişkilendirilebileceği değerlendirilmiştir.

Kopma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında poliester içerikli olan 2. Grup hariç diğer gruplarda şardon derecesi arttıkça kopma mukavemetlerinde azalma görülmektedir. Test kumaşları atkı ipliklerinin kalınlıkları nedeniyle atkı yoğun kumaşlardır. Atkı iplikleri şardonlama sonucu yıpranmakta ve çözgü iplikleri üzerindeki kesme kuvvetinin azalması nedeni ile çözgü ipliklerine uygulanan radyal

kuvvetlerin kesme etkisi azalmakta; çözgü ipliklerinin aksenel yöndeki (koparma kuvveti yönündeki) dayanımı artmaktadır. Akyürek 2016 daki çalışmasında şardon işleminin kopma dayanımı üzerindeki olumsuz etkilerini tespit etmiş benzer bulgular elde etmiştir.

Kopma uzaması sonuçlarına göre atkı iplikleri çözgü ipliklerine göre daha yüksek değerdedir. İpliğin ortalama lif boyu ve iplik kesitindeki elyaf sayısının fazla olması ile açıklanmaktadır. Kumaşların atkı yönündeki kopma uzamasının şardon işlemi ile artmasının nedeni şardonlama işlemi ile kumaş içinden ayrılan liflerin atkı ipliğinin yapısını gevşetmesi, ipliklerin kopma uzaması değerlerinin arttırması ve bu artışa bağlı olarak da kumaş kopma uzamasının artması ile açıklanabilecektir. Ancak poliester içerikli 2. Grup kumaşlarda bu durum geçerli değildir.

Sertlik ölçüm sonuçlarına bakıldığında şardon derecesi arttıkça kumaş sertliklerinin de arttığı görülmektedir. Şardon işlemi sonucunda oluşan havlı yapı kumaş üzerinde yeni bir katman oluşturmakta ve kumaş sertliklerini arttırıcı yönde etki etmektedir. 3. Grup kumaşların (%100 yeni pamuk) diğer kumaş gruplarına göre daha yüksek olması yeni pamuk liflerinin geri dönüşüm pamuk liflerine kıyasla daha kalın olmasıyla ilişkilendirilebilir. Kalın liflerin aynı numaradaki ince liflere göre iplik kesitlerinde daha az elyaf içermesi kumaş sertliğini arttıran yönde etki etmesine neden olmaktadır. Pamuk ve Yıldız (2021) çalışmasında geri dönüşüm pamuk içeren kumaşların da daha yumuşak değerlerde olduğu saptanmıştır.

Kalınlık ölçüm sonuçlarına göre şardon derecesi artışının kalınlık üzerinde olumlu etki yarattığı görülmektedir. Şardon işlemi sırasında yolucu silindirlerin atkı ipliklerini daha havlı bir yapıya getirerek yüzeyde kalan elyaflarını kumaş kalınlığını arttırdığı gözlenmektedir.

Su buharı ölçüm sonuçlarına bakıldığında şardon derecesinin artışı, kumaştaki gözenek sayısının artmasına neden olduğundan su buharı geçirgenliğini olumlu yönde etki gösterdiği görülmektedir. Celep ve diğ. 2016 da geri dönüşüm içeren kumaşlar üzerine yaptığı çalışmada iplik yapısı ve özelliklerin; iplik tüylülüğü, hacimliliği, iplik inceliği ve çapı kumaşların hava, su buharı üzerinde etkili parametreler olduğunu belirtmişlerdir.



Hava geçirgenliği ölçüm sonuçlarına göre kumaşların şardon dereceleri hava geçirgenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Şardon sonucunda oluşan havlı yapı nedeniyle hava kumaş içinden geçerken hav yapısı direnç göstermektedir. En yüksek hava geçirgenlik değerleri geri dönüşüm pamuk içeren 1. Grup kumaşlarda gözlenmiştir. Kumaş içeriklerini incelediğimizde yeni pamuk liflerine göre daha ince olan geri dönüşüm pamuk liflerinin etkili olduğu görülmektedir. Kadem ve Özdemir'in (2020) yaptığı çalışmada ise geri dönüşüm elyaflardan üretilen kumaştaki iplik numaralarının daha yüksek olması sebebiyle hava geçirgenliğinin yeni pamuktan üretilen kumaşa kıyasla daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca poliester lifinin bulunması hava geçirgenliğini etkileyen faktörler arasında olma ihtimalini savunmuşlardır.

Mikroplastik ölçümü sadece poliester içeren 2. grup için yapılmıştır. Yıkama ve kurutma sonrası %1 civarı kütle kaybı, süzülen ya da filtreye takılan elyaf görüntülerinden de anlaşılacağı gibi poliester içermektedir. Bu da poliester elyafının doğaya salınımına örnek gösterilebilir. Ancak anlamlı sonuç elde etmek adına (testler nedeniyle kalan kumaşların gramajları yeterli olmadığı için) şardon derecelerine göre yıkama yapılmadığı için bu konuyla ilgili şardon derecesine göre test yapılması önerilmektedir. Frost ve diğerlerinin 2020 de yaptığı çalışmada %20 ve %40 geri dönüşüm pamuk içerikli kumaşların yeni pamuklu kumaşlar oranla daha uzun lifler döktüğünü tespit etmişlerdir.

İki yönlü anova yapılmadan önce değişkenlerin varyans homojenliklerine bakılmıştır. Dairesel eğilme rijitliği ve kalınlık dışındaki tüm bağımlı değişkenler anlamlı çıkmıştır ( $p>0,05$ ). Lif içeriğinin, bağımlı değişkenler içerisinde atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü yönü kopma mukavemeti, dairesel eğilme rijitliği ve hava geçirgenliği üzerinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Şardon derecesinin bağımlı değişkenler içerisinde atkı yönü yırtılma mukavemeti, atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü yönü kopma mukavemeti, dairesel eğilme rijitliği, kalınlık ve hava geçirgenliği üzerinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Şardon derecesinin ve lif içeriğinin etkisinin birlikte su buharı dışındaki tüm testlerde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Şardon derecesinin artması kumaşın mukavemetini olumsuz yönde etkilemektedir. Hali hazırda geri dönüştürülmüş ipliklerden üretilen kumaşların

mukavemet değerleri yeni pamuktan üretilen kumaşlara göre daha düşük olması şardon işlemlle birleştiginde kumaşın fiziksel dayanımını düşürmektedir.

Ancak, geri dönüşüm içerikli kumaşların daha çok tüylenmeye meyilli olmaları yıkama sırasında suya karışacak lif miktarının artmasını işaret etmektedir. Dolayısıyla doğayı ve doğal kaynakları korumak adına yapılan bu çalışmalarda farkında olmadan doğaya zarar verme ihtimalini göz önüne alarak, geri dönüştürülmüş kumaşların kullanım alanları iyice irdelenmelidir.

Genel olarak yapılan testlerde geri dönüştürülmüş içerikli kumaşlar çeşitli alanlarda kendilerine kullanım alanı bulacak konumdadırlar. Test sonuçları onu gösteriyor ki orta kalitede üretim yapmak doğru oranlarda karışım sağlanarak mümkün olacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

Awgichew, D., Sakthivel, S., Solomon, E., Bayu, A., Legese, R., Asfaw, D. and Senthil Kumar, S., “Experimental Study and Effect on Recycled Fibers Blended with Rotor/OE Yarns for the Production of Handloom Fabrics and Their Properties”, *Advances in Materials Science and Engineering*, doi: 10.1155/2021/4334632, (2021).

Celep, G., Doğan, G., Yüksekaya, M. E. and Tercan, M. Geri Dönüşüm Lifler İçeren Süprem Kumaşların Isıl Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 104-112. (2016).

Çetin, C., “Dokuma Kumaş Özelliklerinin ve Görmüş Olduğu Mekanik Bitim İşlemlerinin Dokuma Kumaş Mukavemetine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2007).

Çetinaslan, K., Mezarıcıöz, S. ve Cetner, S., “Yıkama İşleminin Denim Kumaşların Kopma ve Yırılma Mukavemetine Etkisi”, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 38-42, (2013).

Çeven, E. K., Süle, G., Gürarda, A. ve Ersöz, A., “Metal İplikli Dokuma Kumaşların Hava Geçirgenliğinin İncelenmesi”, *Uludağ University Journal Of The Faculty Of Engineering*, 16(2), 65-74, (2011).

Chin, D. A. *Water-Resources Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, (2000).

Ersoy, Y. ve Şenol, M. F., “Ham Madde Cinsi ve Üretim Parametrelerinin İplik Kalitesine Etkisi: Open-End İplikçiliği Üzerine Bir Uygulama”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 96-107, (2017).

Eser, B., Çelik, P., Çay, A. ve Akgümüş, D., “Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları”, *Tekstil ve Mühendis*, 23(101), 43-60, (2016).

Esmeray, E. ve Armutcu, C., “Mikroplastikler, Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 839-868, (2020).

Frost, H., Zambrano, M. C., Leonas, K., Pawlak, J. J. and Venditti, R. A., “Do Recycled Cotton Or Polyester Fibers Influence The Shedding Propensity Of Fabrics During Laundering?”, *AATCC Journal Of Research*, 7(1), 32-41, (2020).

Grabianowski, E., “How Recycling Works, [online]”,(14 Mayıs 2024), <https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/recycling.htm>,

Gün, A. D. ve Öner, E., “Investigation Of The Quality Properties Of Open-End Spun Recycled Yarns Made From Blends Of Recycled Fabric Scrap Wastes and Virgin Poliester Fibre”, *The Journal Of The Textile Institute*, 110(11), 1569-1579, (2019).

Güngör, A., Palamutcu, S., ve İkiz, Y., “Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi”, *Journal Of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(3), (2009).

Kadem, F. D., ve Özdemir, Ş., “Tüketici Sonrası Geri Dönüştürülen Denim Kumaşların Seçilmiş Konfor Özellikleri Üzerine Bir Çalışma”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 379-388 (2020).

Kaplan, S., “Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, (2009).

Kumar, D. V. ve Raja, D. “Study Of Thermal Comfort Properties On Socks Made From Recycled Poliester/Virgin Cotton and Its Blends”, *Fibers And Polymers*, 22(3), 841-846, (2021).

Kurtoğlu Necef Ö., Seventekin N. and Pamuk M., “Study On Recycling The Fabric Scraps İn Apparel Manufacturing Industry”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(3) 286-289, (2013).

Oral, G., “Askeri Eğitim Elbisesi Kumaşlarının Yapısal, Mekanik ve Bazı Haslık Özelliklerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli, (2011).

Öner, E. (2023). Tüketici Sonrası Tekstil Atıklarının Geri Dönüşümüne Yönelik Tüketici Tutumlarının İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 2009-2022. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1158689>

Özgül, N., “Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri” *EÜ Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayını*, (21), (2003).

Özgül, N. ve Özçelik Kayseri, G., “Kumaşlarda Yırılma Mukavemeti Test Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(3), 174-179, (2006).

PAGEV, “Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu”, (2023).

Pamuk, G. ve Yıldız, E. Z Physical properties of plain and twill woven fabrics produced from carded and recycled cotton yarn. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(7), 1030-1035. (2022).

Sadeghi, B., Marfavi, Y., AliAkbari, R., Kowsari, E., Ajdari, F. B. ve Ramakrishna, S., “Recent Studies on Recycled PET Fibers: Production and Applications: a Review”, *Materials Circular Economy*, 3(1), 1-18, (2021).

Telli, A. ve Babaarslan, O., “Sürdürülebilir Kısa Lif İplik Teknolojisi İçin Geri Dönüşüm Pamuk ve Poliester Liflerinin Kullanımı”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(3), 224-233, (2017).

Telli, A. ve Özkan, İ., “Görüntü İşleme Teknikleri İle Örme Kumaşlardaki Boncuklanma Direncinin Objektif Ölçümü”, *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 313-318, (2018).

Türemen, M., Demir, A. ve Özdoğan, E., “Tekstil Endüstrisi İçin Geri Dönüşüm ve Önemi” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 805-809, (2018).

URL\_1 <https://textileexchange.org/materials-dashboard> (2 Şubat 2024).

URL\_2 <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi> (15 Mayıs 2024)

URL\_3 <https://www.wwf.org.tr/?13800/iyi-pamuk-incelemesi> (17 Nisan 2024).

URL\_4 <https://Tekstilbilgi.Net/Ring-İplik.Html> (5 Mart 2024).

Üçgül, İ. ve Turak, B., “Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi”, *Academic Platform Journal Of Engineering and Science*, 3(3), (2015).

Vuruşkan, D. Sargı Lifi ve Öz Materyalinin Çift Özlü İpliklerin Kalite Özelliklerine Etkileri. *Tekstil ve Mühendis*, 26(115), 289-293. (2019).

Wanassi, B., Azzouz, B. and Hassen, M. B., “Value-Added Waste Cotton Yarn: Optimization Of Recycling Process and Spinning Of Reclaimed Fibers”, *Industrial Crops and Products*, 87, 27-32, (2016).

Yapıcılar, C., *Open-End İplik Teknolojisi*, İstanbul, Tyt Tekstil Makinaları Mümessillik Limited, (2005).

Yuksekkaya, M. E., Celep, G., Dogan, G., Tercan, M. and Urhan, B.A., “Comparative Study Of Physical Properties Of Yarns and Fabrics Produced From Virgin and Recycled Fibers”, *Journal Of Engineered Fibers and Fabrics*, 11(2), 155892501601100209, (2016).

Yurtsever, M., “Mikroplastikler’e Genel Bir Bakış”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17(50), 68-83, (2015).

Yücel, S. ve Tiber, B., “Hazır Giyim Endüstrisinde Sürdürülebilir Moda”, *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 370-380, (2018).

# **EKLER**

## 8. EKLER

### EK A TEST ÖLÇÜM VERİLERİ

Tablo A1: Atkı yönü yırtılma mukavemeti ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	29,69	23,03	17,25	30,9	27,37	23,97	31,41	25,75	23,97
2. Ölçüm	33,26	26,74	18,4	27,81	21,78	23,03	30,82	27,21	24,16
3. Ölçüm	32,91	27,51	22,24	23,24	29,58	23,3	33,56	23,6	20,59
4. Ölçüm	33,19	23,03	17,71	25,92	27,44	22,24	33,44	25,41	24,53
5. Ölçüm	33,1	25,75	17,48	30,61	28,26	21,83	32,86	27,05	22,63
Ortalama	<b>32,43</b>	<b>25,21</b>	<b>18,62</b>	<b>27,70</b>	<b>26,89</b>	<b>22,87</b>	<b>32,42</b>	<b>25,80</b>	<b>23,18</b>
Standart sapma	1,54	2,09	2,07	3,23	2,99	0,85	1,24	1,46	1,61

Tablo A2: Çözü yönü yırtılma mukavemeti ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	25,24	17,94	15,09	18,85	18,85	14,85	15,58	14,85	14,85
2. Ölçüm	20,38	16,06	16,06	20,59	15,34	14,6	17,25	14,1	13,35
3. Ölçüm	19,95	17,94	15,82	20,16	15,58	16,78	16,3	14,1	14,85
4. Ölçüm	24,34	17,01	14,6	16,78	15,58	15,58	17,25	13,6	13,85
5. Ölçüm	22,44	16,06	15,09	21,43	16,06	15,58	17,71	14,85	14,1
Ortalama	<b>22,47</b>	<b>17,00</b>	<b>15,33</b>	<b>19,56</b>	<b>16,28</b>	<b>15,48</b>	<b>16,82</b>	<b>14,30</b>	<b>14,20</b>
Standart Sapma	1,77	0,71	0,45	1,37	1,10	0,64	0,65	0,41	0,49

Tablo A3: Atkı yönü kopma mukavemeti ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	445	426	367	431	544	519	533	460	436
2. Ölçüm	434	415	339	403	539	559	575	431	425
3. Ölçüm	445	411	320	411	531	543	542	449	438
4. Ölçüm	451	430	339	405	565	545	548	419	423
5. Ölçüm	472	427	319	393	537	566	546	452	438
Ortalama	<b>449</b>	<b>422</b>	<b>337</b>	<b>408</b>	<b>543</b>	<b>546</b>	<b>549</b>	<b>442</b>	<b>432</b>
Standart Sapma	14,2	8,4	19,4	13,9	13,1	18,1	15,7	16,7	7,5



**TabloA4:** Çözgü yönü kopma mukavemeti ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	330	352	430	251	352	413	389	395	449
2. Ölçüm	309	389	457	257	321	442	365	409	437
3. Ölçüm	325	360	443	268	336	417	369	382	465
4. Ölçüm	334	363	447	295	341	422	361	409	445
5. Ölçüm	302	371	409	280	340	415	398	420	459
Ortalama	320	367	437	270	338	422	376	403	451
Standart Sapma	14,0	13,8	18,7	17,9	11,2	11,6	16,2	14,5	11,2

**Tablo A5:** Atkı yönü kopma uzaması ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	28,2	34,0	32,4	34,2	31,50	31,78	36,1	38,7	35,9
2. Ölçüm	26,9	31,1	32,0	33,5	30,45	32,87	32,8	36,0	35,6
3. Ölçüm	27,4	32,9	30,0	33,3	31,16	33,23	32,9	39,2	37,4
4. Ölçüm	29,3	27,6	32,0	32,9	27,75	35,24	33,6	30,3	35,0
5. Ölçüm	30,1	29,9	32,3	32,6	30,45	33,92	32,3	39,6	39,1
Ortalama	28,4	31,1	31,7	33,3	30,2	33,4	33,5	36,8	36,6
Standart Sapma	1,3	2,5	1,0	0,6	1,7	1,3	1,5	3,9	1,7

**Tablo A6:** Çözgü yönü kopma uzaması ölçüm verileri

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1. Ölçüm	12,0	9,2	6,8	9,7	9,9	9,89	5,0	6,8	6,8
2. Ölçüm	11,1	8,5	7,0	9,8	10,0	9,99	8,5	7,1	7,4
3. Ölçüm	11,4	8,3	6,9	11,8	10,0	9,98	8,8	6,5	7,7
4. Ölçüm	12,0	6,5	7,0	11,0	10,0	11,39	8,6	6,9	7,2
5. Ölçüm	10,7	7,5	6,6	9,7	10,6	10,58	8,5	6,5	7,5
Ortalama	11,5	8,0	6,9	10,4	10,1	10,4	7,9	6,8	7,3
Standart Sapma	0,6	1,0	0,2	0,9	0,3	0,6	1,6	0,3	0,4

**Tablo A7:** Dairesel eğilme rijitliği ölçüm verileri

	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>
<b>1. Ölçüm</b>	103	130	154	138	148	167	161	172	196
<b>2. Ölçüm</b>	104	132	160	140	148	171	161	174	197
<b>3. Ölçüm</b>	107	134	161	142	155	171	162	177	212
<b>4. Ölçüm</b>	110	143	163	143	155	172	164	178	212
<b>5. Ölçüm</b>	111	148	170	143	162	172	167	185	226
<b>Ortalama</b>	107	137,4	161,6	141,2	153,6	170,6	163	177,2	208,6
<b>Standart Sapma</b>	3,5	7,7	5,8	2,2	5,9	2,1	2,5	5,0	12,4

**Tablo A6:** Kalınlık ölçüm sonuçları

	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>
<b>1. Ölçüm</b>	0,37	0,37	0,47	0,36	0,42	0,48	0,38	0,40	0,44
<b>2. Ölçüm</b>	0,37	0,37	0,46	0,36	0,41	0,49	0,39	0,41	0,42
<b>3. Ölçüm</b>	0,37	0,38	0,51	0,36	0,43	0,53	0,39	0,42	0,47
<b>4. Ölçüm</b>	0,37	0,38	0,44	0,35	0,41	0,50	0,37	0,39	0,44
<b>5. Ölçüm</b>	0,37	0,39	0,47	0,35	0,41	0,48	0,37	0,41	0,41
<b>Ortalama</b>	<b>0,37</b>	<b>0,38</b>	<b>0,47</b>	<b>0,36</b>	<b>0,42</b>	<b>0,50</b>	<b>0,38</b>	<b>0,41</b>	<b>0,44</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>

**Tablo A7:** Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları

	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>
<b>1. SAAT</b>	121,968	120,056	118,993	120,512	122,365	120,685	121,098	119,823	120,696
<b>24. SAAT</b>	117,164	114,533	113,509	115,912	117,272	115,064	115,489	114,337	115,059
<b>1. Ölçüm Sonucu</b>	<b>887,770</b>	<b>1020,64</b>	<b>1013,43</b>	<b>850,070</b>	<b>941,180</b>	<b>1038,750</b>	<b>1036,530</b>	<b>1013,800</b>	<b>1041,710</b>
<b>1. SAAT</b>	120,976	118,897	122,299	121,906	120,889	118,693	120,899	120,157	120,433
<b>24. SAAT</b>	116,563	113,671	117,062	116,712	115,376	113,233	115,578	115,045	115,167
<b>2. Ölçüm Sonucu</b>	<b>815,520</b>	<b>965,760</b>	<b>967,790</b>	<b>959,840</b>	<b>1018,790</b>	<b>1009,000</b>	<b>983,310</b>	<b>944,690</b>	<b>973,150</b>
<b>1. SAAT</b>	121,1071	118,0809	120,8514	121,5865	119,6698	120,272	119,6987	121,1674	120,1671
<b>24. SAAT</b>	115,4355	112,4249	113,6244	115,5336	114,0574	114,369	113,0961	115,5615	114,542
<b>3. Ölçüm Sonucu</b>	<b>1048,103</b>	<b>1045,22</b>	<b>1335,539</b>	<b>1118,567</b>	<b>1037,163</b>	<b>1090,865</b>	<b>1220,15</b>	<b>1035,962</b>	<b>1039,51</b>
<b>Sonuç Ortalaması</b>	<b>917,1</b>	<b>1010,5</b>	<b>1105,6</b>	<b>976,2</b>	<b>999,0</b>	<b>1046,2</b>	<b>1080,0</b>	<b>998,2</b>	<b>1018,1</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>119,0</b>	<b>40,7</b>	<b>200,4</b>	<b>135,0</b>	<b>50,9</b>	<b>41,4</b>	<b>124,3</b>	<b>47,6</b>	<b>39,0</b>

**Tablo A8:** Hava geirgenlięi lüm sonuçları

	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>
<b>1.Ölüm</b>	435	345	250	420	350	270	285	220	175
<b>2. Ölüm</b>	415	340	312	430	330	300	275	232	185
<b>3. Ölüm</b>	440	375	300	400	357	300	277	245	189
<b>4. Ölüm</b>	441	390	300	445	310	305	310	245	178
<b>5. Ölüm</b>	425	390	288	400	300	278	289	245	211
<b>6.Ölüm</b>	455	370	280	435	316	305	255	250	210
<b>7. Ölüm</b>	475	370	280	439	305	293	255	276	188
<b>8. Ölüm</b>	449	371	285	450	295	272	290	288	211
<b>9. Ölüm</b>	450	371	285	340	320	240	275	278	210
<b>10.Ölüm</b>	490	370	285	415	300	272	275	290	245
<b>Ortalama</b>	<b>448</b>	<b>369</b>	<b>287</b>	<b>417</b>	<b>318</b>	<b>284</b>	<b>279</b>	<b>257</b>	<b>200</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>21</b>