T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK ELYAFI KARIŞIMLI İPLİKLERİN DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Hazırlayan
Gökhan ALP

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Yüksek Lisans Tezi

Şubat 2022
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK ELYAFI KARIŞIMLI İPLİKLERİN DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Gökhan ALP

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Tarafından 5200003 kodlu proje ile desteklenmiştir

Şubat 2022
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Gökhan ALP

İmza

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"**Geri Dönüşüm Pamuk Elyafı Karışımlı İpliklerin Denim Kumaş Üretiminde Kullanımı**" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Gökhan ALP	Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY
İmza	İmza

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

İmza

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçiminden tezin yürütülmesi ve değerlendirilmesine kadar çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, çok değerli bilgi birikimi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan, en önemlisi benden umudunu hiç kesmeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY' a, teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, her zaman olduğu gibi tezim süresince de benden desteklerini esirgemeyen canım aileme candan teşekkürlerimi sunarım.

Gökhan ALP

Kayseri, Şubat 2022

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK ELYAFI KARIŞIMLI İPLİKLERİN DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Gökhan ALP

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2022
Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

ÖZET

Hızlı moda akımı bitmek bilmeyen bir üretim tüketim döngüsünün oluşmasına sebep olmaktadır. Bu döngü de doğal kaynakların hızla tükenmesine ve ilave bir atık yükünün oluşumuna sebep olarak çevreye zarar vermektedir. Tekstil kaynaklarının tekrar kullanılabilmesi yani değer zincirinin dairesel hale getirilmesi için, ürünün kullanım ömrü tamamlandıktan sonra değer zincirinde bir önceki aşamaya tekrar sirküle edilmesi gerekmektedir. Tekstil ve konfeksiyon endüstrisinin ana hammaddelerinden olan pamuk lifi, denim sektörünün de çevresel yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle pamuk lifi kaynaklarının tekrar kullanımı, tekstilde çevresel yük sorununu azaltarak, lifin yaşam döngüsünün uzamasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada geri dönüşüm pamuk içeren iplik ve kumaşların üretim potansiyelinin araştırılması ve proses parametrelerinin optimizasyonu hedeflenmektedir. Çalışmada farklı oranlarda geri dönüşüm pamuk (r-COT) ve pamuk (COT) harmanlarından (%20/80, %35/65, %50/50 ve %100) Open-End rotor iplikler üretilmiş ve ipliklerin özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk (r-COT) bulunan ipliğin en yüksek kütlesel düzgünsüzlük, tüylülük ve hata göstergeleri değerlerine, en düşük mukavemet ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada farklı harmandan üretilen Open-End Rotor atkı ipliklerinden 8 tip denim kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların tüm analiz sonuçları incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl soğurganlık değerlerinin azaldığı, kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tüketici Öncesi Tekstil Atıkları, Sürdürülebilirlik, Geri Dönüşüm Pamuk, Open-End Rotor İplik, Denim, Konfor Özellikleri

USAGE OF RECYCLED COTTON FIBER BLENDED YARNS IN DENIM FABRIC PRODUCTION

Gökhan ALP

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, February 2022
Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

ABSTRACT

The fast fashion trend causes an endless cycle of production-consumption. This cycle also damages environment by causing rapid depletion of natural resources and formation of additional waste load. In order to be reused textile resources, the product must be recirculated to the previous stage in the value chain after expected life of it is completed. Cotton fiber, which is one of the main raw materials of the textile and apparel industry, also constitutes an important part of the environmental load of the denim industry. For this reason, the reuse of cotton fiber resources will contribute to the prolongation of the life cycle of the fiber by reducing the environmental load problem in textile. In this study, it is aimed to investigate the production potential of yarns and fabrics containing recycled cotton and to optimize the process parameters.

In the study, Open-End Rotor yarns were produced from recycled cotton (r-COT) and virgin cotton (COT) blends at different rates (20/80, 35/65, 50/50, 100) and the properties of the yarns (unevenness, hairiness, imperfection index, breaking strength and breaking elongation) were investigated comparatively. It is seen that the yarn with the highest percentage of recycled cotton in its structure has the highest unevenness, hairiness and imperfection index values, and the lowest Rkm and breaking elongation values. 8 types of denim fabrics were produced from Open-End Rotor weft yarns produced from different blends in the study. When the analysis results of the fabrics produced within the scope of the study were examined, it was observed that when the recycled cotton ratio increased, the weft direction breaking strength, warp and weft direction tearing strength, relative water vapor permeability, thermal conductivity, thermal absorbtivity values decreased and the thickness values increased.

Keywords: Pre-Consumer Textile Waste, Recycled Cotton, Open-End Rotor Yarn, Denim, Comfort Properties.

İÇİNDEKİLER

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK ELYAFI KARIŞIMLI İPLİKLERİN DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL VE ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR xi
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Tekstil Endüstrisinde Hızlı Moda ve Çevresel Etkileri 3
1.2. Sürdürülebilirlik Kavramı 4
1.2.1. Tekstil Endüstrisinde Sürdürülebilirlik 6
1.3. Tekstil Endüstrisinde Atıklar ve Çevresel Etkileri 7
1.4. Tekstil Endüstrisinde Atık Yönetimi Stratejileri 10
1.5. Tekstil Geri Dönüşüm Teknolojileri 11
1.6. Tekstilde Geri Dönüşüm İle İlgili Güncel Çalışmalar 14

2. BÖLÜM
MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal 18
2.2. Metot 19
2.2.1. Open-End Rotor İpliklerin Üretimi 19
2.2.2. Denim Kumaş Numunelerinin Üretimi 20
2.2.3. İplik Numunelerine Uygulanan Testler 21
2.2.3.1. İpliklerin Düzgünsüzlük, Tüylülük ve Hata İndeksi Değerlerinin Ölçümü 21

2.2.3.2. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Ölçümü 21
2.2.4. Kumaş Numunelerine Uygulanan Testler 22
2.2.4.1. Çözgü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Ölçümü 22
2.2.4.2. Çözgü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Ölçümü 23
2.2.4.3. Hava Geçirgenliği Ölçümü 24
2.2.4.4. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Ölçümü 24
2.2.4.5. Isıl Özelliklerin Tespiti 26
2.3. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 27

3. BÖLÜM
BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İpliklerin Özelliklerinin Değerlendirilmesi 28
3.1.1. İplik Düzgünsüzlüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi 28
3.1.2. Uster Tüylülük (H) Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 30
3.1.3. IPI Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 30
3.1.4. RKM Sonuçlarının Değerlendirilmesi 31
3.1.5. Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi 32
3.2. Kumaş Özellikleri ve Performanslarının Değerlendirilmesi 33
3.2.1. Çözgü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi 33
3.2.2. Çözgü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi 35
3.2.3. Kalınlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi 37
3.2.4. Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi 39
3.2.5. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi 41
3.2.6. Isıl İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi 42
3.2.7. Isıl Direnç Sonuçlarının Değerlendirilmesi 44
3.2.8. Isıl Soğurganlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi 46

4. BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler 49
4.1.1. Sonuç 49

4.1.2. Öneriler 50
KAYNAKÇA 51
ÖZGEÇMİŞ 59

KISALTMALAR

r-COT: Geri Dönüşüm Pamuk Elyafı

COT: İşlenmemiş Pamuk Elyafı

ANOVA: Varyans Analizi

SNK: Student-Newman-Keuls

IPI: Hata İşaretleri

CVm: Kütlesel Düzgünsüzlük

H: Tüylülük

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Pamuk ve Geri Dönüşüm Pamuk Liflerinin Özellikleri. 19
Tablo 2.2. Open-End Rotor İpliklerin Üretim Parametreleri 19
Tablo 2.3. Rotor, Düze ve Tork Tiplerinin Görüntüleri 20
Tablo 2.3. Denim Kumaş Numunelerinin Kodları ve Üretim Parametreleri 20
Tablo 3.1. İplik Numunelerinin Ölçülen Özellikleri İçin SNK Test Sonuçları 29
Tablo 3.2. Kumaş Numunelerinin Çözgü Yönü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Değerleri İçin ANOVA Tablosu. 34
Tablo 3.3. Kumaş Numunelerinin Atkı Yönü Kopma Mukavemeti İçin SNK Test Sonuçları 35
Tablo 3.4. Kumaş Numunelerinin Çözgü Yönü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Değerleri İçin ANOVA Tablosu. 36
Tablo 3.5. Kumaş Numunelerinin Çözgü Yönü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti İçin SNK Test Sonuçları 37
Tablo 3.6. Kumaş Numunelerinin Kalınlık Değerleri İçin ANOVA Tablosu 38
Tablo 3.7. Kumaş Numunelerinin Kalınlık İçin SNK Test Sonuçları 39
Tablo 3.8. Kumaş Numunelerinin Hava Geçirgenliği Değerleri İçin ANOVA Tablosu 40
Tablo 3.9. Kumaş Numunelerinin Hava Geçirgenliği İçin SNK Test Sonuçları 40
Tablo 3.10. Kumaş Numunelerinin Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Değerleri İçin ANOVA Tablosu 42
Tablo 3.11. Kumaş Numunelerinin Bağıl Su Buharı Geçirgenliği İçin SNK Test Sonuçları 42
Tablo 3.12. Kumaş Numunelerinin Isıl İletkenlik Değerleri İçin ANOVA Tablosu 43
Tablo 3.13. Kumaş Numunelerinin Isıl İletkenlik İçin SNK Test Sonuçları 44
Tablo 3.14. Kumaş Numunelerinin Isıl Direnç Değerleri İçin ANOVA Tablosu 45
Tablo 3.15. Kumaş Numunelerinin Isıl Direnç İçin SNK Test Sonuçları 46
Tablo 3.16. Kumaş Numunelerinin Isıl Soğurganlık Değerleri İçin ANOVA Tablosu.. 47
Tablo 3.17. Kumaş Numunelerinin Isıl Soğurganlık İçin SNK Test Sonuçları 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tekstil Atıkları 7
Şekil 1.2. Tekstil Liflerinin Çevresel Etkileri Açısından Sınıflandırması [29] 9
Şekil 1.3. Kapalı Çevrim Bir Hazır Giyim Tedarik Zinciri 12
Şekil 2.1. Pıcanol Optimax-İ Dokuma Tezgâhı 20
Şekil 2.2. Uster Tester 5 Cihazı. 21
Şekil 2.3. Uster Tensojet 4. 22
Şekil 2.4. Kopma Mukavemeti Test Cihazı 23
Şekil 2.5. Yırtılma Mukavemeti Test Cihazı 23
Şekil 2.6. Hava Geçirgenliği Test Cihazı. 24
Şekil 2.7. Permetest Cihazı Deri Modeli. 25
Şekil 2.8. Permetest Ölçüm Cihazı 26
Şekil 2.9. Alambeta Cihazı 26
Şekil 3.1. İplik Numunelerine Ait Ortalama Kütlesel Düzgünsüzlük Değerleri. 29
Şekil 3.2. İplik Numunelerine Ait Ortalama Tüylülük Değerleri. 30
Şekil 3.3. İplik Numunelerine Ait Ortalama IPI Değerleri. 31
Şekil 3.4. İplik Numunelerine Ait Ortalama RKM Değerleri. 32
Şekil 3.5. İplik Numunelerine Ait Ortalama Kopma Uzaması Değerleri. 33
Şekil 3.6. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Çözgü Yönü Ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Değerleri. 34
Şekil 3.7. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Çözgü Yönü Ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Değerleri. 36
Şekil 3.8. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Kalınlık Değerleri. 38
Şekil 3.9. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Hava Geçirgenliği Değerleri. 39
Şekil 3.10. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Ve Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı Değerleri. 41
Şekil 3.11. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Isıl İletkenlik Değerleri. 43
Şekil 3.12. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Isıl Direnç Değerleri. 45
Şekil 3.13. Kumaş Numunelerine Ait Ortalama Isıl Soğurganlık Değerleri. 47

GİRİŞ

Dünya çapında tekstil ve konfeksiyon sektörü, hızlı moda akımının ve tüketici taleplerinin etkisiyle önemli ölçüde büyümüştür. Ancak bu büyüme aynı zamanda kaynak israfı ve çevre kirliliği sorunlarına neden olmuştur. Tekstil endüstrisi, küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık %10'undan ve atık üretiminin yaklaşık %20'sinden sorumludur [1, 2]. Sektörün çevresel yükü ve artan toplumsal duyarlılık, son birkaç yılda, tekstil sektöründe sürdürülebilirlik çalışmalarına önem kazandırmıştır. Bu amaçla çevre ile tekstil sektörü arasında sağlıklı bir ilişkinin oluşturulması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik kapsamında temel hedeflerden biri, daha sürdürülebilir hammaddeler kullanarak, döngüsel ekonomiyi uygulamaktır [3, 4]. Giysi ömrünün sadece 3 ay uzatılması, karbon ve su ayak izlerinin %5-10 oranında azalmasına [5, 6] ve yılda iki milyon ton giysinin geri dönüştürülmesi, çevresel etki olarak, bir milyon arabanın sokaklardan kaldırılmasına eşdeğerdir [6, 7].

Tekstil ve konfeksiyon endüstrisinin önemli alt sektörlerinden biri denim sektörüdür. Denim kumaşın çevreye olan yükünün %53'ü hammaddeden yani pamuk elyafından kaynaklanmaktadır [8, 9]. Pamuk, denim üretiminde en çok kullanılan doğal elyaftır, 2020 yılında toplam tekstil elyafı pazarının %23'ünü oluşturmuş, polyester elyafından sonra ikinci sırada yer almaktadır [10, 11]. Bunun yanı sıra günümüzde pamuklu atık tekstillerin miktarı yıllık 3 milyon tona ulaşmıştır [12, 13]. Pamuk lifi, çevre ve insan sağlığına zarar verebilecek yüksek su tüketimi, arazi işgali, enerji, gübre ve pestisit kullanımı nedeniyle önemli çevresel etkilere sahiptir [8, 14]. Pamuk ekiminde kullanılan kaynakları ve ilgili çevresel etkileri azaltmak için olası bir çözüm, geri dönüşüm pamuk lifinin kullanılmasıdır [14]. Geri dönüşüm pamuk, orjinal pamuğa kıyasla çok daha az kaynak gerektirmektedir. Geri dönüşüm pamuk elyafı, atık pamuklu ürünleri kesme ve parçalama işlemiyle mekanik olarak elde edilmektedir ve r-COT olarak gösterilmektedir. [16].

Bu tez çalışmasında, %20/80, %35/65, %50/50, %100 olmak üzere 4 tip harmandan geri dönüşüm pamuk/orijinal pamuk (r-COT/COT) OE-rotor iplikler üretilmiştir ve ipliklerin çeşitli özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 4 tip harmandan üretilen OE-rotor iplikleri atkı ipliği olarak kullanılmış ve 8 tip denim kumaş üretilmiş, kumaşların yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik ve ısıl soğurganlık özellikleri incelenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Tekstil Endüstrisinde Hızlı Moda ve Çevresel Etkileri

Dünyanın en eski imalat sektörlerinden biri olan tekstil sektörü, doğal ve kimyasal elyafları son kullanıcı ürünlerine dönüştüren çok çeşitli ve heterojen bir sektördür. Tekstil ve giyim, ticaret yoğunluğu bakımından dünyadaki büyük ekonomik faaliyetlerden biridir [19].

Küresel tekstil endüstrisi her yıl piyasaya 100 milyon metrik tona yakın yeni ürün sunmaktadır. Buna paralel olarak giyim ihtiyacının da 2025 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Tekstilde sürekli artan ürün hacminin ve aşırı tüketimin bir sonucu olarak, tekstil endüstrisinin çevresel yükünün büyüklüğü ile atık üretimi de artmaktadır [20].

Tekstil endüstrisinin büyüme oranı, son 5 yılda yılda ortalama %9,7 ve endüstrinin maliyeti, dünyanın Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın (GSYİH) yaklaşık %2'sine karşılık gelen, yaklaşık 3 trilyon dolardır [21].

Tekstil pazarının genişlemesi ve gelişen teknoloji ile birlikte giysiler daha fazla üretilebilir hale gelmiş ve üretim ile birlikte tüketim çağı da başlamıştır [22]. Tüketicinin son yıllarda satın alma tarzı değişmiş ve aşırı tüketime bağlı olarak kişi başına denk gelen tekstil tüketimi, 7 kg'dan 13 kg'a çıkmış ve yılllık yaklaşık 100 milyon ton eşiğine ulaşmıştır [23]. Üretimin artması ile birlikte piyasaya sunulan düşük fiyatlı ürünler, tüketiciyi daha fazla satın almaya ve sonrasında ürünü daha kolay elden çıkarmaya ikna etmiştir [24].

Müşterilerle giyim üreticileri arasındaki tüketim ve hızlı moda anlayışı, tedarik zincirinde çevresel ve sosyal zorluklara yol açmıştır [25]. Dünyada üretim ve tüketim

arasında oluşan bu durum ile birlikte hızla yayılan moda akımının da sonucu olarak tekstil atıklarının artışı da kaçınılmaz olmuştur. Tekstil atıklarını yakarak veya gömerek uzaklaştıran anlayış insan sağlığına zarar vermiş ve ekosistemi de kirletmiştir. Bu durum, tekstil atık yönetim sistemi ile ilgili çevresel endişeleri arttırmıştır [21]. Tekstil üretiminden kaynaklanan mevcut sera gazı emisyonları hâlihazırda yıllık 1,2 milyar ton olup, bu miktarın bazı sanayileşmiş ülkelerin toplam üretiminden daha fazla olduğu belirtilmektedir [26]. Üretim sürecinin çevresel etkisine ek olarak, tekstil üretiminin sonraki aşamaları daha da büyük bir çevresel yüke neden olmaktadır. Örneğin, hammaddelerden kumaş üretimi için dokuma, eğirme, boyama ve bitim işlemleri gibi prosesler, çoğunlukla CO_2 emisyonlarına yol açan fosil enerji kullanımına dayanmaktadır [27].

Bir kot pantolonun üretimi için ortaya çıkan girdiler ve çıktılar belirlenip analiz edildiğinde pantolon başına 6,8 kg CO_2 emisyon ortaya çıktığı görülmüştür [28]. Bu miktar, 69 mil araba sürüşü ile aynı miktarda CO_2 salınımına tekabül etmektedir [23].

1.2.Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetlerinden ödün vermeden mevcut ihtiyaçları karşılamak olarak tanımlanmaktadır [29]. Sürdürülebilirlik, ekonomik ve çevresel gereksinmelerin, gelecek kuşakların yaşam koşullarına zarar vermeden karşılanmasını hedefleyen bir dünya görüşüdür [30,31]. Sürdürülebilirlik kelimesi köken itibariyle Latince “Sustinere” kelimesinden türetilmiştir. Sürdürülebilirlik esas itibariyle; sürdürmek, devam ettirmek, desteklemek ve var olmak anlamlarını taşımaktadır [32].

Sürdürülebilirlik kavramı literatürde ilk kez 1972 yılında “Club of Rome” tarafından yayımlanan “Büyümenin Sınırları 2” adlı raporda kullanılmıştır [33]. Bu raporda sınırlı kaynaklarla sınırsız büyümenin imkansızlığı vurgulanmış, büyüme ile dünyanın kısıtlı kaynakları arasındaki ilişkiye dikkat çekilmiştir. Ayrıca bu rapor, dünyanın dikkatini ekonomik büyüme ve çevre arasındaki çelişkilere çekmeyi başarmış olması açısından önemlidir [34].

Sürdürülebilirlik kavramı; 1987 yılında Birleşmiş Milletlerin yayınladığı "Ortak Geleceğimiz" adlı raporundan sonra hayatlarımıza girmeye ve şekillendirmeye başlamıştır [35]. Sürdürülebilirlik kavramı, Ortak Geleceğimiz adlı raporda "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilmesini engellenmeden karşılamak" şeklinde tanımlanmıştır [36].

Birçok alanda sıkça karşımıza çıkan sürdürülebilirlik kavramı; kullanıldığı alanın kaynaklarınıın korunmasını savunarak insan geleceğini konu alsa da, çevrenin ve biyoçeşitliliğin gelecek kuşaklar için korunması, iklim değişiklikleri ve doğal kaynaklar konusunda dikkatli davranılması, kaynakların toplumlar arasında adil dağılımı, insan haklarının korunması, yoksullukla mücadele, küresel eşitliğin sağlanması, sosyal adalet ve ekonomik gelişme gibi konuları içerisinde barındıran diyalektik bir kavramdır [24].

Sürdürülebilirlik denildiğinde ilk olarak akla ekolojik anlamı gelse de bu kavram ekolojik, sosyal koşullar ve ekonomik bileşenleri bir arada barındıran bütünsel bir bakış açısını ifade etmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın, kavram olarak tartışılmaya ve kullanılmaya başlandığı günden bu yana genellikle kabul edilen ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç boyutu bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik konusu, enerji, ekonomi ve çevre üçgeninin tam merkezinde bulunmakla birlikte, hükümetler ve hükümetler arası örgütlerin yanı sıra, sosyal bilimcilerden fen ve doğa bilimcilerine, politikacılardan yerel ve uluslararası çevre örgütlerine kadar uzanan çok geniş bir yelpazede tartışılmaktadır [37].

Ekonomik olarak sürdürülebilir bir sistem için, hammade, enerji ve insan gücü gibi ekonomik kaynakların ihtiyaç olduğu kadar kullanılması gerekmektedir. Kalkınmayı yavaşlatan ticaret, yatırım ve dışa borçların yönetilebilirliği sürdürülebilmeli, tarımsal ve endüstriyel üretime zarar veren sektörel dengesizliklerden sakınılmalıdır [38].

Ekolojik olarak sürdürülebilir bir sistem, doğayı ve çevreyi gelecek nesiller için koruyarak kaynak temelini sabit tutmalı, yenilenebilir enerji ve maddelerin kullanımını artırarak, çevre kirliliğine sebep olan aşırı tüketimlerden kaçınılması gerekmektedir. Bu süreç, ekonomik kaynak olarak sınıflandırılmayan, biyolojik çeşitlilik, atmosferik denge ve diğer ekosistem işlevlerinin korunmasını da içermelidir [39].

Sosyal olarak sürdürülebilir bir sistem ise insan hakları, işçi hakları göz önünde bulundurularak bireyin temel ihtiyaçlarının karşılanmasıyla sağlanan sürdürülebilirliktir. Eşitlik dağılımını; sağlık ve eğitim, cinsiyet eşitliği, politik sorumluluk ile katılımı içeren sosyal hizmetlerin yeterli düzeyde gerçekleştirilmesini sağlamalıdır [39].

1.2.1. Tekstil Endüstrisinde Sürdürülebilirlik

Dünyanın en eski imalat sektörlerinden biri olan tekstil sektörü, doğal ve kimyasal elyafları son kullanıcı ürünlerine dönüştüren çok çeşitli ve heterojen bir sektördür. Tüketici taleplerine hızlı şekilde cevap veren ve düşük fiyatlı yeni ürünler sunan hızlı moda akımının sosyal, ekonomik ve çevresel yönden yıkıcı etkilerini azaltmak için tekstil sektöründe sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmaktadır.

Tekstil endüstrisi, ekonomik, çevresel ve sosyal konularıyla iç içe geçmiş durumdadır. Geçmişte, üreticilerin ve perakendecilerin çabaları, esas itibariyle üretimin sosyal yönlerinin geliştirilmesine odaklanmışken zamanla çevresel etkiler konusunda da artan bir endişe oluşmaya başlamıştır [19].

Son yıllarda çevre ve ürünlerin tam yaşam döngüsü konusunda tüketicilerde oluşan bilinç ve toplumsal duyarlılık sayesinde, büyük hazır giyim markalarının faaliyet gösterdikleri alanlarda sürdürülebilirlik kavramını uygulama yoluna gittikleri ve ürün koleksiyonlarını sürdürülebilir malzemelerden oluşturmaya çalıştıkları açıkça görülmektedir. Çalışmalarında normal üretimin yanı sıra; enerji tüketiminin azaltılmasına, daha az atık oluşumuna, atıkların geri kazanımına ve sürdürülebilir hammaddelerin kullanımına odaklanmaktadırlar. Gelecek planlarını sürdürülebilir ürünler üzerine inşa etmektedirler. Yaptıkları bu tercihle müşterileri nezdinde saygınlık kazanmaktadırlar [40].

Sürdürülebilirlik ile alakalı oluşan toplumsal duyarlılığa ilave olarak tekstil mağaza zincirlerinin (H&M, Nike, Levi's, Adidas, Burberry ve Gap gibi) yoğun eleştiriler alması da tedarik zinciri boyunca yer alan tüm aktörlerin, tekstil ürünlerinin çevresel izlerini azaltmasında önemli rol oynamasına sebep olmuştur. Bu gelişmelerin ışığında sürdürülebilirlik, firmalar açısından da rekabet unsuru haline gelmiştir. Tekstil sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında çevrenin korunmasını sağlamaya yönelik temel

faaliyetlerden biri de atık yönetimidir. Çeşitli kavramlar ve metotlar vasıtasıyla katma değerli ürünlerin elde edilmesini amaçlayan tekstil atık yönetim sistemleri giderek önem kazanmaktadır [29, 31].

1.3.Tekstil Endüstrisinde Atıklar ve Çevresel Etkileri

Tüketici talepleri ve hızlı moda akımının da etkisiyle, tekstil ve konfeksiyon endüstrisi, dünyanın en kirletici sektörlerinden biri haline gelmiştir. Tüketicilerin daima yeniyi ve farklıyı giymek istemeleri ile üreticilerin bu talebe karşılık vererek sürekli üretmesiyle bitmek bilmeyen bir üretim-tüketim döngüsü oluşmakta ve buda kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Ayrıca bu döngü dünyanın hem bugününü hem de geleceğini tehlikeye atan ilave bir atık yükünün oluşumuyla çevreye zarar vermektedir (Şekil 1.1). 2018 yılı rakamlarına göre dünya çapında yıllık yaklaşık 150 milyon ton tekstil atığı oluşmakta ve küresel atık tekstil miktarının 2050 yılına kadar 895 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir [39, 41].



Şekil 1.1. Tekstil atıkları

Giysilerin ancak %1'inin geri dönüştürüldüğü ve dünyadaki giysilerin dörtte üçünün çöplüğe gönderildiği bir düzende, tekstil endüstrisi aktif olarak üretim modellerini daha sürdürülebilir hale getirmenin ve giyim öğelerinin tüm yaşam döngüsüne daha fazla dikkat etmenin yollarını aramaktadır. Her yıl, giysi uygulamaları için dünya çapında 53 milyon ton elyaf üretilmektedir. Üretilen elyafların % 73'ü yaşam döngüsünün sonunda yakılmakta veya gömülmektedir [42]. Tekstil kaynaklarının tekrar kullanılabilmesi yani değer zincirinin dairesel hale getirilmesi için, ürünün kullanım ömrü tamamlandıktan sonra değer zincirinde bir önceki aşamaya tekrar sirküle edilmesi gerekmektedir [43].

Tekstil geri dönüşüm malzemeleri Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu'na göre tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olarak sınıflandırılmaktadır. Bir ürünün imalatı sırasında tüketici öncesi atık ortaya çıkar, tüketici sonrası atık ise, "sahibinin artık ihtiyaç duymadığı ve atmaya karar verdiği, üretilmiş tekstillerden yapılmış her türlü giysi veya ev eşyasıdır. [44]. Tüketici öncesi atık, üretim süreçlerinde açığa çıkan ve kullanılmayan sanayi atığı olarak da bilinen, kullanılmayan ancak piyasaya yeniden enjekte edilebilen ikincil hammadde kaynağını ifade etmektedir [45]. Tüketici öncesi atıklar, harman hallaç ve taraktan gelen telefi, iplik telefini, kumaş kenarları, kumaşları ve üretim sırasında oluşan aşınmamış giysileri içerir. Tüketici sonrası tekstil atıkları eskimiş, hasar görmüş veya modası geçmiş olduklarından yaşam döngüsünü tamamlamış ürünleri içerir ve artık hem işlevsel hem de estetik olarak tüketici için yararlı değildir. Tüketici sonrası atıklar ikinci el olarak kullanılabilmekte, kullanılamayacak durumda olanlar ise parçalanarak yeni ürünlerde kullanılabilmektedir [46, 47].

Tekstil atıkları doğal elyaf, sentetik elyaf ve plastik ve metal hurda gibi aksesuarlardan oluşmaktadır. Doğal lifin doğada ayrışması, lif kaynağına bağlı olarak haftalar veya yıllar alabilir. Örneğin, yünden yapılan ürünün parçalanması 15 hafta sürer ve bir arazide bir yıl sonra neredeyse tamamen bozulur. Pamuk, tekstil pazarında dünyanın en yaygın kullanılan doğal elyafıdır. Pamuklu kumaşın ayrışması 5 ay sürmektedir. Polyester, spandeks ve naylon gibi sentetik kumaşların parçalanması 30-40 yıl sürer ve tamamen ayrışması yüz yıldan fazla sürebilir [21].

Pamuk elyafı en çok tercih edilen doğal elyaftır ve dünya genelinde yıllık üretimi yaklaşık 26 milyon tondur [48]. Pamuk lifi üretiminde kullanılan su miktarı, tarım sektöründe kullanılan toplam su miktarının %57'sinden fazladır ve 1 kg Pamuk yetiştirmek için 20000 L suya ihtiyaç vardır. Ayrıca pamuk yetiştiriciliğinde kullanılan pestisit miktarı, tarım sektöründe kullanılan toplam pestisit miktarının yaklaşık dörtte biri kadardır [49].

Geri kazanım ile pamuk üretiminde kullanılması gereken pestisit, suni gübre ve su miktarının da önüne geçilebilecektir. Pamuk üretiminde kullanılan gübreler genellikle azot esaslı olup önemli miktarlarda azot su kaynaklarına sızmakta ve kirlenmelerine neden olmaktadır. Geri kazanım sayesinde bu olumsuz etkiler de azalacak veya tamamen yok olacaktır. Türkiye önemli bir pamuk üreticisi olmakla birlikte, son yıllarda önemli bir pamuk ithalatçısı ülke konumundadır. Geri kazanılmış pamuğun tekrar üretime sokulması, pamuk ithalatında da önemli düşüşe yol açacaktır [50].

Çeşitli liflerin çevresel etkileri üzerine yapılan bir çalışmanın sonuçları, konvansiyonel üretim yöntemleri ile elde edilen gerek doğal gerekse sentetik liflerin sürdürülebilirlik sıralamasında oldukça gerilerde kaldığını, geri dönüştürülmüş veya organik üretim yöntemleri ile üretilmiş liflerin daha çevre dostu lifler olduğunu göstermiştir (Şekil 1.2) [29].

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

Şekil 1.2. Tekstil liflerinin çevresel etkileri açısından sınıflandırması [29]

1.4.Tekstil Endüstrisinde Atık Yönetimi Stratejileri

Son yıllarda hızlı modanın önlenemeyen yükselişi sebebiyle gerek tüketici öncesi hazır giyim gerekse tüketici sonrası ürün atıklarının yüksek hacmi sürdürülebilirlik açısından ciddi sorunlar doğurmuş, sürdürülebilir bir atık yönetimi için geri dönüşüm, tekrar kullanım ve ileri dönüşüm gibi alternatif uygulamalar ortaya çıkmıştır. Tekstil atıkları yalnızca çevreyi kirletmekle ve dünyadaki çöplükleri doldurmakla kalmamakta, aynı zamanda çok değerli doğal kaynakların tükenmesine de sebep olmaktadır. Tekstil atıklarının imha edilmesi tekstil endüstrisi için önemli konulardan birisidir. Her yıl tonlarca tekstil evsel atıklarla birlikte çöplüklere dökülmektedir . Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı tekstil atıklarının çöplük alanlarının %5'ini kapladığını, tekstil geri dönüşüm endüstrisinin ise tekstil atıklarının yılda sadece %15'ini geri dönüştürebildiğini ve geri kalan %85'lik bölümünü çöplüklere gönderdiğini belirtmektedir. Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu'nunda içinde yer aldığı bir çok organizasyon, tekstil atıklarının hızlı artışı konusundan farkındalık 2037 yılına gelindiğinde çöplüklerde hiç tekstil atığı olmamasını hedeflemektedir [29, 31].

Atık yönetim stratejileri, sanayi üretim zinciri sonunda atık oluşumunun olumsuz çevresel etkilerini engellemek için yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte çevresel etkileri azaltabilmek adına yasal tedbirler de geliştirilmektedir. Avrupa Birliği de bu kapsamda Atık Yönetim Stratejilerini hayata geçirerek enerji ve kaynak yönetimi açısından verimlilik sağlamayı amaçlamıştır. Atık konusunda uzun vadede bir sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi adına atık hiyerarşisi basamaklarını önleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve imha etmek olarak sıralamaktadır [17].

Atık yönetimi stratejisi, atıkların en aza indirilmesi veya önlenmesine öncelik verir. Atıkların önlenmesi ve azaltılması için de kaynak kullanımını yani tüketimi azaltmak gerekmektedir. Kaynak kullanımını azaltmanın ilk amacı oluşan toplam atık miktarını azaltmak, diğeri ise hammadde kullanımını korumaktır. Bunlar da çevresel farkındalık ve tüketici davranışlarından dolaylı olarak etkilenmektedir. Tüketicilerin bilinçlenmesi ve üretimdeki personelin eğitimi ile bu farkındalık artırılarak tekstil atığı oluşumu en aza indirilebilir. Yeniden kullanım, atık yönetimi hiyerarşisinde önleme ve en aza indirmeden sonraki adımdır. Kullanılmayan eşyaların değerlendirilmesi yani tekrar işe

yarar hale getirmek şeklinde tanımlanabilir. Atıkların azaltılması için öncelikli yapılması gereken yeni bir ürün alımında sadece bir kez kullanılıp atılmasını gerektiren malzemeler yerine sürekli kullanılabilecek bir ürün almaktır. Tekrardan kullanılan ürünler nihayetinde yine atık olur, fakat o ürünlere ikinci bir işlev verilerek ve kullanım ömrü uzatılarak tekrar kullanımı sayesinde toplamda meydana gelen atık oluşumu azaltılabilir [39, 51].

Bu adımda tüketici sonrası atıkların kalitesi iyi olanlar yani tekrar kullanılabilecek durumda olanlar sınıflandırılır, ikinci el mağazalarında, e-amarketlerde, giyim mağazalarında, pazar yerlerinde tekrar satılmak üzere Doğu Avrupa ve Afrika ülkelerine gönderilir. Kalanlar geri dönüşüme gider. Tekstil geri dönüşümü, yeni bir ürün üretmek için tekstil atığını yeniden kullanma sürecidir. Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi, tekstil atığının yüksek değerli ürünlere dönüştürülmesi işlemidir [21].

Tüm bu stratejiler, ürünlerin ömrünü uzatarak, doğal kaynak tüketiminin ve karbondioksit salınımının azaltılması için fırsat sağlamak ve yeniden değerlendirilme aşamasında mümkün olan en büyük faydayı sağlamak içindir [29].

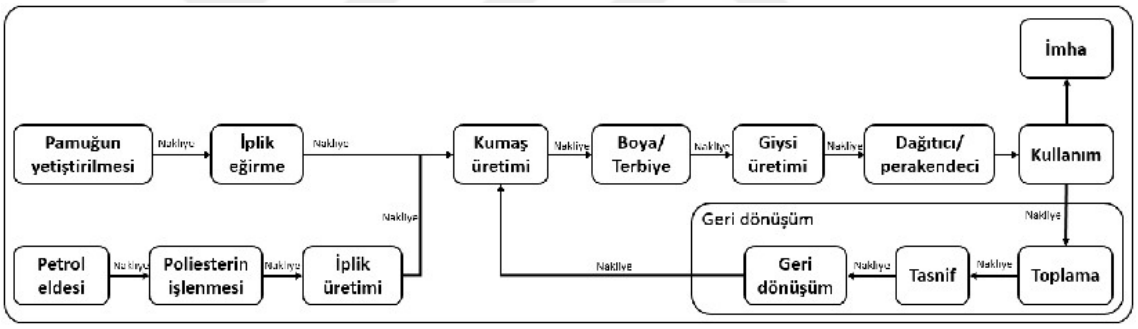
1.5.Tekstil Geri Dönüşüm Teknolojileri

Tekstil ürünlerinin üretim süreçleri birbirinden farklı ve oldukça uzun süreçler gerektirmektedir. Üretim süreçlerinin her birinde kullanılan hammadde, ara mamul veya kullanılan yardımcı kimyasal, enerji çeşidi, makine parkı gibi girdiler birbirinden çok farklıdır. Yapay lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü ile doğal lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü veya dokusuz yüzey yöntemi ile oluşturulan üzeri renkli baskılı bir tekstil ürünü ile üzerinde nakış bulunan bir dokuma kumaşın üretim süreçleri birbirinden çok farklıdır. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri aynı olmadığından tekstil ürünlerinde geri dönüşüm oldukça kompleks bir konudur [52].

Geri dönüşüm teknolojileri 4 gruba ayrılabilir: Birincil geri dönüşüm bir ürünün orijinal haline geri dönüştürülmesidir; ikincil geri dönüşüm, atığın, orijinal halinden farklı bir

uygulama alanına sahip olabilen ve daha düşük fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerde yeni bir ürüne dönüştürülmesidir; üçüncül geri dönüşüm, atığın piroliz, gazlaştırma ve hidroliz yoluyla basit kimyasallara veya yakıtlara dönüştürülmesidir; dördüncül geri dönüşüm ise katı atıkların yakılması ile oluşan ısıdan yararlanılmasıdır [53]. Birincil ya da orijinal geri dönüşüm, en fayda sağlayan geri dönüşüm yöntemidir ve bu yönteme de kapalı çevrim geri dönüşüm denilmektedir [54].

Kapalı çevrimde kullanım dışı olarak sınıflandırılan tekstil ürünleri, farklı yollarla geri kazanım merkezine ulaştırılmakta ve geri kazanılabilir diğer ürünlerle birlikte geri dönüşüm sürecine dahil olmaktadır. Tekstil atıklarının geri dönüşüm işlemi, toplanmış tekstil atıklarının durumlarına ve kullanılan lif tipine göre tasnifi ile başlamaktadır. Giyilemeyecek durumdaki tekstiller ise parçalanmak ve yeniden eğrilmek üzere satılmaktadır (Şekil 1.3) [29, 55].



Şekil 1.3. Kapalı çevrim bir hazır giyim tedarik zinciri

Günümüzde en yaygın geri dönüşüm açık çevrimdir . Geri dönüştürülen malzemenin orijinal üründen daha düşük kalitede veya değerde olduğu açık döngü geri dönüşümdür. Girdi malzemesinin kalitesi ve yapısı, malzemenin aşağı çevrilip döndürülmeyeceğini veya iplik haline getirilip döndürülmeyeceğini belirler. Geri dönüştürülen malzeme döşeme, dolgu, yalıtım ve araba paspasları gibi dokunmamış ürünler için kullanılmaktadır. Bu şekilde kısmen değer kazanımı sağlanmaktadır. Aksi halde bu atıklar yakılmaktadır [56].

Tekstil atıklarının geri dönüşümü, termoplastik liflerin işlenmesinin ve geri dönüşüm sonrası farklı formlarda elde edilmesinin kolay olmasından dolayı polimer esaslı liflerde daha fazla oranda gerçekleştirilmektedir. Buna karşın, pamuk, yün, ipek gibi doğal lifler de geri dönüşüm uygulamaları arasında kendine yer edinmeye çalışmaktadır [29].

Tekstillere uygulanan geri dönüşüm teknikleri, malzemenin menşeine, elyaf türüne ve elyaf bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Tekstil ürünlerindeki günümüzün heterojen lif bileşimleri, tek bir geri dönüşüm sürecinin geri dönüşüm talebini karşılamasını imkansız hale getirmektedir. Bundan dolayı çoğu durumda, geri dönüşüm süreci fiziksel ve kimyasal işlemlerin bir karışımından oluşmaktadır [21, 43]. Fiziksel geri dönüşüm süreci de mekanik işlem ve termal işlem olmak üzere iki ana yönteme ayrılabilir.

Mekaniksel yöntemde, toplanan atıkların kesme, şifonöz vb. makinalarla parçalama, taraklama ve diğer mekanik işlemler ile tekrar liflere dönüştürülmesi sağlanabilmektedir. Mekanik araçlar, genellikle boyut küçültme için uygulanan ezme, öğütme, parçalama veya çekmeyi içerir. Kesme işlemi malzemenin temel kimyasal yapısını değiştirmez, ancak lif demetlerinin ayrılmasına, lif uzunluğunun kısalmasına ve polimerizasyon derecesinin kaybına neden olabilir. Bu tür ürünler için, tekstil atıkları kesilir ve elyaflar halinde parçalanır, bunlar daha sonra yeniden ipliğe veya dokunmamış tekstiller haline getirilebilir. Daha sonra, el yapımı dokumalar, bezler, hijyenik mendiller ve peçeteler ve giyim malzemeleri, ev yapımı ambalajlar ve endüstriyel uygulamalar gibi dayanıklı ürünler olmak üzere yeniden üretilebilir. Mekanik işlem genellikle istenen geri dönüşüm ürününü oluşturmak için ısıl işlemler veya kimyasal işlemler gibi diğer teknolojilerle birleşir [43]. Fiziksel geri dönüşüm işlemi için bir başka seçenek ısıl işlemdir. Isıl işlem genellikle sentetik elyafın geri dönüşümü için kullanılır. Bu yöntemle yöntemle, poliamid, poliester gibi termoplastik lifler tekrar granül haline getirilerek plastik ve lif üretiminde kullanılmaktadır [50]. Süreç, mekanik bir işlemle boyut küçültme ile başlar. Daha sonra küçük boyuttaki polyester lifle ıslatılır ve yeniden eritilir ve eritilir. Bu liften liflere geri dönüşüm, tamamen kapalı döngü tarzı yaratır. Bununla birlikte, yeniden ekstrüde edilmiş polyester elyafın özelliği, renk giderme ve geri dönüşüm süreci sırasında değişmiştir [21, 29, 43].

Kimyasal geri dönüşüm süreçleri, lifleri yeni malzemelere polimerize edilebilen monomerlerine parçalamak veya depolimerize etmek için kimyasallar kullanır. Böylelikle geri dönüşüm ürünleri yeniden polimer veya lif elde edilecek şekilde polimerizasyona tabi tutularak farklı uygulamalarda kullanılabilmektedir, ancak bu işlem yüksek sıcaklık, basınç ve uzun işlem süreleri gerektirmektedir [29].

Geri dönüştürülmüş bir malzeme, bir hammaddeye dönüşmeden önce, termal, kimyasal veya mekanik uygulamalara maruz kalmaktadır. Bu işlemler, geri dönüştürülmüş malzemenin mukavemet değerlerinin düşmesine sebebiyet verebilmektedir. Geri dönüştürülen malzemenin mukavemet kaybını telafi etmek amacıyla, işlenmemiş malzeme ile beraber kullanımı tercih edilmektedir.

Geri dönüşümün avantajları yanında dezavantaj oluşturma ihtimali de bulunmaktadır. Bazı durumlarda geri dönüşüm işlemi süresince kazandırdığından daha fazla petrol harcayabilir, emisyonlar nedeniyle doğaya daha fazla zarar verebilmektedir. Bu nedenle ideal bir geri dönüşüm planı için söz konusu prosesin fizibilite etüdü, yaşam döngüsü analizi ve maliyet analizi de yapılarak değerlendirilmelidir [57].

1.6.Tekstilde Geri Dönüşüm İle İlgili Güncel Çalışmalar

Literatürde, tüketici öncesi pamuklu kumaş artıklarından üretilen iplik ve kumaşların özelliklerinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Awgichew vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, geri dönüştürülmüş pamuk elyaf kullanımının OE-rotor eğrilmiş ipliklerin ve bu ipliklerden üretilen el dokuması kumaşların özellikleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Geri dönüşüm pamuk oranı %25, %50 ve %75 olan farklı oranlarda OE-rotor iplikleri ile %100 pamuk ipliği üretilmiştir. Üretilen ipliklerin fiziksel, yapısal ve mekanik özellikleri ile geri dönüşüm pamuk iplikleri ile yapılan kumaşların boncuklanma, aşınma dayanımı ve hava geçirgenliği gibi özellikleri değerlendirilmiştir. Analizlere geri dönüştürülmüş elyaf pamuk karışımlı ipliklerin %75'e kadar kullanımının, iplik ve kumaş özelliklerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir [18].

Hasani vd. (2010) yaptığı çalışma, çırçır proses atıklarından elde edilen pamuk liflerinin en yüksek iplik kalite değerlerini elde etmek için rotor eğirme sistemindeki çeşitli makine parametrelerinin optimizasyonunu ele almaktadır. Bu çalışmada rotor parametrelerinden rotor çapı ve hızı, düze tipi, açıcı hızı gibi parametrelerin iplik kalitesine etkisi araştırılmıştır. Farklı çırçır telefi oranlarından (%65, %50 ve %35) üretilen rotor iplikleri için optimum eğirme koşulları belirlenmiştir [15].

Hasani vd. (2011), pamuk lifleri ve çırçır makinelerinden toplanan pamuk atıklarından elde edilen rotor ipliklerin tüylülüğü üzerindeki çırçır telefinin etkisine ilişkin diğer bir çalışmada ise, farklı telef oranlarıyla üretilen tüm iplikler için rotor çapının ve düze tipinin en etkili faktörler olduğu tespit edilmiştir [58].

Diğer bir çalışmada %100 pamuk telefinden eğrilmiş rotor ipliğine rotor düze özelliklerinin etkilerini araştırılmış, düze özellikleri ile rotor iplik kalitesi arasındaki ilişkilerin sonuçları ortaya konmuştur [59].

Wang vd. (2020), boyanmış elyaf atıklarını harman hallaç veya cer makinasına ekleyerek ürettikleri pamuk melanj ipliğinin mekanik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre boyalı pamuk teleflerinden %10, %20 ve %30 telef yüzdesi ile üretilen melanj iplikleri, iplik kalitesini önemli ölçüde etkilemediğinden etkin bir şekilde kullanılabilecektir [60].

Ütebay vd. (2019) yaptığı çalışmada, tüketici öncesi pamuklu örme tekstil atıkları toplanmış ve kumaş yoğunluğu (gevşek/süprem ve sıkı/interlok) ve terbiye işlemlerine (işlem görmemiş boyanmamış pamuklu kumaşlar ve boyanmış pamuklu kumaşlar) göre sınıflandırılmıştır. Geri dönüştürülmüş elyaf oranı, geri dönüştürülmüş elyaf uzunluğu, geri dönüştürülmüş pamuk elyaflarının eğrilebilirliği ve üretilen ipliklerin özellikleri araştırılmıştır. Boyanmamış pamuk süprem kumaş atıklarından geri dönüştürülmüş pamuk elyaflarının kalite parametleri incelenmiş ve geri dönüştürülen elyafların daha düşük telef oranına ve iplik kopma mukavemetine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, boyalı kumaşlar boyanmamış atıklara kıyasla, geri dönüştürülmüş pamuk lifleri daha düşük kalite değerleri göstermiştir. Sonuç olarak gevşek örülmüş gri pamuklu kumaşların tercih edilmesiyle elde edilen malzeme için daha iyi kalite değerlerine ulaşılabileceği belirtilmiştir [17].

Wanassi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, üretim sonrası pamuklu iplik atıklarının mekanik geri dönüşüm türü ve mekanik açma işlem tekrar sayısının geri dönüştürülmüş liflerin özelliklerine etkisi incelenmiştir. Geri dönüştürülmüş liflerin daha iyi kalite değerlerine sahip olanları, rotor ipliği üretminde kullanılmıştır. %50/50 pamuk/ geri dönüştürülmüş pamuk harmanından üç farklı numarada open-end rotor ipliği eğrilmiştir. OE-rotor eğirme sistemi ile de farklı rotor ve açma silindir hızlarında

ve farklı büküm faktörlerinde %100 geri dönüştürülmüş pamuk ipliği üretilmiştir. Çalışma sonucunda eğirme parametrelerinden rotor hızının %100 geri dönüştürülmüş pamuk ipliklerinin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, tüylülüğü, ince yer, kalın yer ve düzgünsüzlüğü ise artırdığı görülmüştür. Ayrıca karışımlı ipliğin % 100 pamuk ipliğine kıyasla benzer fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu ve işlenmemiş pamuk ipliğine kıyasla düşük maliyetli olduğu sonucuna varmışlardır [13].

Kurtoğlu Necef vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, bir hazır giyim firmasının kesim işlemleri sırasında ortaya çıkan kumaş kırpıntılarından elde edilen pamuk lifleri geri dönüştürülerek süprem kumaş üretilmiştir. Üretilen bu kumaşlar ile tişört numuneleri hazırlanmıştır. Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen iplikler ile örme kumaş ve giysilerin fizksel özellikleri, işlenmemiş malzeme ile üretilenlerle karşılaştırılmıştır. Geri dönüştürülmüş malzemelerden elde edilen giysilerin, işlenmemiş malzemelerden üretilenlere göre daha düşük kalitede olmadığı tespit edilmiş, kumaş kırpıntılarının geri dönüştürülerek hazır giyim endüstrisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [61].

Halimi ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan çalışmada, bir pamuk ipliği işletmesindeki iki temizleme makinesi ve bir tarak makinesi için telef miktarı ve içindeki iyi lif yüzdesini incelenmiştir. Sonuçlar oluşan teleflerin %50 oranında iyi kalitede lif içerdiğini göstermiştir. Bu teleflerden OE-rotor ipliği üretilmiş ve telefler %15-25 oranlarında harmana karıştırıldığında iplik kalitesi üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir [62].

Radhakrishnan ve Kumar (2018) tarafından, denim atıklarından farklı karışım oranlarına sahip OE-rotor iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden dokuma kumaşlar elde etmiş ve kumaşların mekanik, fiziksel ve konfor özelliklerini incelemişlerdir. Ürünlerin giyim endüstrisinde sürdürülebilir ve kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır [63].

Bir başka araştırmada Pınarlık ve Şenol (2012), geri dönüştürülmüş tekstil liflerinden elde edilen OE-rotor ipliklerin özelliklerini incelemişlerdir. OE-rotor ipliklerinin eldesi için çeşitli oranlarda geri dönüştürülmüş tekstil lifleri ilave edilmiş, kullanılan geri dönüştürülmüş tekstil liflerinin, üretilen iplik özelliklerine etkileri saptanmış ve

kullanılabilecek geri dönüştürülmüş tekstil liflerinin sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada geri dönüşüm liflerinin içeriği %50 pamuk %50 sentetiktir. Sonuçlar incelendiğinde, genel olarak iplikteki geri dönüştürülmüş tekstil lifleri oranı arttıkça mukavemetin azaldığı, iplikteki telef miktarının artması ile de iplik düzgünsüzlüğünün arttığı görülmüştür [64].

Bu tez çalışmasında, tüketici öncesi pamuk atıkları kullanılarak üretilen OE-rotor ipliklerin ve denim kumaşların özellikleri incelenmiş ve proses parametreleri optimize edilmiştir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, %20 geri dönüşüm pamuk-%80 pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk-%65 pamuk, %50 geri dönüşüm pamuk-%50 pamuk ve %100 pamuk olmak üzere 4 tip harmandan Ne 9/1 OE-rotor iplikleri üretilmiş ve ipliklerin çeşitli özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 4 tip harmandan üretilen OE-rotor iplikleri, dokuma kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılmış ve 8 tip denim kumaş üretilmiştir. Elde edilen kumaşların yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl direnç ve ısıl soğurganlık özellikleri incelenmiştir.

2.1. Materyal

Çalışmada, %20 geri dönüşüm pamuk-%80 pamuk, %35 geri dönüşüm pamuk-%65 pamuk, %50 geri dönüşüm pamuk-%50 pamuk ve %100 pamuk olmak üzere 4 tip harmandan OE-rotor iplikleri eğrilmiştir. Geri dönüştürülmüş pamuk lifleri (r-COT), tüketici öncesi pamuk atıklarından elde edilmiştir. Geri dönüşüm pamuk ve pamuk karışımları, OE-rotor ipliklerinin üretimi sırasında harman hallaçta karıştırılmıştır. 4 tip OE-rotor ipliği üretiminde kullanılan pamuk (COT) ve geri dönüşüm pamuk (r-COT) liflerinin özellikleri Uster HVI (High Volume Instrument) cihazı ile belirlenmiştir (Tablo 2.1). Geri dönüşüm pamuk elyafının özgül gerilme, kopma uzaması, üniformite indeksi, üst yarı ortalama uzunluk, parlaklık ve sarılık değerlerinin pamuk elyafına göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 2.1. Pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinin özellikleri.

Kalite Parametreleri	**Sembol**	**COT**	**r-COT**
Mikroner (µg/in)	Mic.	4.86	4.36
Özgül Gerilme (gr/tex)	Str.	36.1	21.5
Kopma Uzaması (%)	El.	7.8	6.6
UHML (mm)	UHML	30.04	23.88
Üniformite İndeksi (%)	UI	84.4	72.4
Kısa Lif Indeksi (%)	SFI	7.0	22.5
Parlaklık (%)	Rd	75.8	73
Sarılık	(+b)	9.1	5.8

2.2. Metot

2.2.1. Open-End Rotor İpliklerin Üretimi

4 tip harmandan OE-rotor ipliklerin üretimi Schlafhorst Autocoro 9 model OE-rotor iplik makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Üretilen OE-rotor ipliklerin proses parametreleri Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Open-End Rotor İpliklerin Üretim Parametreleri

İplik Numarası	Ne 9/1 OE
Şerit Numara	Ne 0,110
Büküm	590 T/m
α_e	5.0
Rotor Devri	103.000 devir/dakika
Açıcı silindir devri	9600 devir/dk
Açıcı silindir tipi	B174 DN
Rotor Çapı	40 mm
Rotor Tipi	T 640 BD
Düze Tipi	Sadece Spiral
Tork Tipi	Yeşil

Tez çalışmasında, geri dönüşüm ve işlenmemiş pamuk liflerinden oluşan harman karışım oranları değiştirilmiş olup iplik numarası ve bükümü sabit tutulmuştur. Çalışmada kullanılan rotor tipi, borlu-elmas kaplamalı (BD), 40 mm oluk çapına ve dar rotor şekline sahip T tipindedir. Tork tipi olarak kullanılan yeşil torkun çıkıntısı ve büküm durdurma etkisi yoktur (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Rotor, düze ve tork tiplerinin görüntüleri

Rotor Tipi	Düze Tipi	Tork Tipi
 T	 Sadece spiral	 Yeşil

2.2.2. Denim Kumaş Numunelerinin Üretimi

4 tip harmandan üretilen Ne 9/1 Open-End Rotor iplikleri, 3/1 Z ve 2/1 Z dokuma tipinde ve 17 atkı/cm atkı yoğunluğunda 8 tip denim kumaşta atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Denim kumaşlarda çözgü olarak Ne 8/1 %100 işlenmemiş pamuk ipliği kullanılarak, kumaş üretimi PICANOL OptiMax-i dokuma tezgâhında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Denim kumaşlara standart yakma, yıkama, sanfor işlemleri yapılmıştır. Denim kumaş numunelerinin kodları ve üretim parametreleri Tablo 2.3' te özetlenmiştir.



Şekil 2.1. PICANOL OptiMax-i dokuma tezgâhı

Tablo 2.3. Denim kumaş numunelerinin kodları ve üretim parametreleri

Kod	Örgü	Atkı Tipi
1	3/1 Z	% 20 r-COT-%80 COT
2	3/1 Z	%35 r-COT-%65 COT
3	3/1 Z	%50 r-COT-%50 COT
4	3/1 Z	% 100 COT
5	2/1 Z	% 20 r-COT-%80 COT
6	2/1 Z	%35 r-COT-%65 COT
7	2/1 Z	%50 r-COT-%50 COT
8	2/1 Z	% 100 COT

*r-COT: Geri Dönüşüm Pamuk, COT: Pamuk

2.2.3. İplik Numunelerine Uygulanan Testler

Çalışma kapsamında üretilen iplik numuneleri, nem dengesini ayarlamak amacıyla standart atmosfer şartlarında (20 ± 2 ºC ve %65 ± 2 bağıl nem) 24 saat kondüsyonlanmıştır. İpliklerin düzgünsüzlük, tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması özellikleri test edilmiştir.

2.2.3.1. İpliklerin Düzgünsüzlük, Tüylülük ve Hata İndeksi Değerlerinin Ölçümü

İplik numunelerinin kütlesel düzgünsüzlük (% CVm), tüylülük (H) ve hata göstergeleri ((kalın yer (+ %50), ince yer (- %50) ve neps (+ %280)) ölçümleri Uster Tester 5 cihazında ISO 16549 standardına göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.2). Her bir iplik numunesi için beş ayrı bobinden birer ölçüm gerçekleştirilmiştir. Test hızı 400 m/dk ve test uzunluğu 400 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.2. Uster Tester 5 cihazı.

2.2.3.2. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Ölçümü

Çalışma kapsamında, iplik numunelerinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması testleri, Uster Tensojet 4 ölçüm cihazında TS EN ISO 2062 standardı esas alınarak yapılmıştır (Şekil 2.3). Test parametreleri, 5000 mm/dak çene hızı ve 250 mm numune uzunluğudur. Her bir iplik numunesi için beş ayrı bobinden birer ölçüm gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3. Uster Tensojet 4.

2.2.4. Kumaş Numunelerine Uygulanan Testler

Denim kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl direnç ve ısıl soğurganlık özellikleri test edilmiştir.

2.2.4.1. Çözgü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Ölçümü

Bir kumaşın kopma mukavemeti, belirli boyutlardaki bir kumaşın şeridinin kopma noktasına kadar uzatılması sırasında kaydedilen maksimum çekme kuvvetidir. Dokuma kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki kopma mukavemetleri farklı olabileceği için, kumaş kopma mukavemeti değerlendirilirken atkı ve çözgü mukavemetlerinin ayrı ayrı dikkate alınması gerekmektedir. Numune kumaşların kopma mukavemeti testi, ASTM D 5034 standardı esas alınarak yapılmıştır. Testler James Heal Titan Universal Mukavemet cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.4). Çalışmada, her bir kumaş örneği için 3 ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.4. Kopma mukavemeti test cihazı

2.2.4.2. Çözgü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Ölçümü

Numune kumaşların yırtılma mukavemetinin belirlenmesinde Sarkaç metoduna göre ASTM D 1424 "Tekstil-Kumaşların Yırtılma Özellikleri-Bölüm1: Balistik Sarkaç Metodu ile Yırtılma Kuvvetinin Tayini" standardı esas alınarak testler yapılmıştır. Testler James Heal Elmatear Dijital Elmendorf yırtılma cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5). Çalışmada, her bir kumaş örneği için 3 ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.5. Yırtılma Mukavemeti Test Cihazı

2.2.4.3. Hava Geçirgenliği Ölçümü

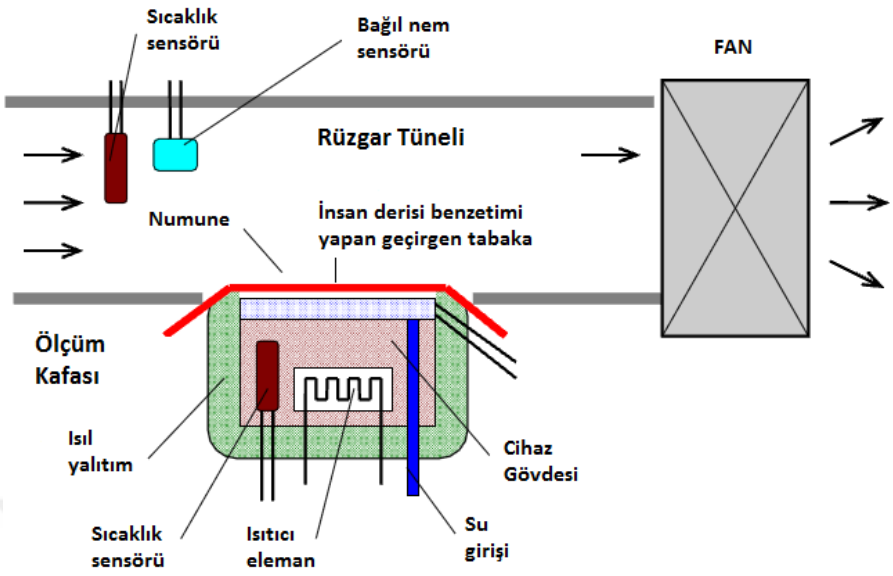
Denim kumaş numunelerinin hava geçirgenliği testi, SDL Atlas Hava Geçirgenliği Test Cihazı kullanılarak EN ISO 9237 standardı esas alınarak 100 Pa basınç altında yapılmıştır. Her bir kumaş numunesine 3'er tekrarlı ölçüm yapılmıştır. Şekil 2.6'da gösterilen bu cihazda, kumaş numunesi 20 cm^2'lik test kafasının altına yerleştirilmekte ve test kafası kumaşın üzerine bastırılarak kompresörden gelen havanın kumaşın içinden geçmesi sağlanmaktadır. Test sonuçları l/m^2s cinsinden alınmaktadır.



Şekil 2.6. Hava Geçirgenliği Test Cihazı.

2.2.4.4. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği ölçümleri Permetest ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.7). Lubos Hes tarafından geliştirilen Permetest ölçüm cihazında ölçümler ISO 11092 standardına göre yapılmaktadır. Deri (Skin) modeli olarak da adlandırılan bu test cihazı ile ısıl hissetme bakımından kuru ve yaş insan derisi temsil edilmektedir.



Şekil 2.7. Permetest cihazı deri modeli

Su buharı geçirgenliği ölçümlerinde çalışılan ve insan derisini simule eden 35°C sıcaklık ve %40 bağıl nem değerlerinde kondüsyonlanma yerine, laboratuvar ortamında kolaylıkla temin edilen 20°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip, kumaş yüzeyine paralel hava akışı altında ölçüm yapılmaktadır. Ölçüm için gerekli numune boyutları, 10 cm x 10 cm'den daha küçüktür.

Ölçüm yapılmadan önce, deri modelini temsil eden ölçüm başı dayanıklı yarı geçirgen folyo veya selofan ile kaplanmaktadır. Folyo ölçüm sisteminden ölçüm yapılacak numuneye olan su geçişini önlemekte ve böylece numunenin kuru kalmasını sağlamaktadır. Permetest cihazında yapılacak buhar geçirgenliği ölçümleri için önce referans kumaş numunesi kullanılmaktadır. Bu kumaşın özelliği, daha önceden ilgili standarda göre Ret (su buharı direnci) değerinin bulunmuş olmasıdır. Bu numune kullanılarak test yapılan laboratuvardaki geçirgenlik katsayısı 'C' bulunur. Daha sonra, numunenin yerleştirileceği bölge nemlendirilmekte ve ayarlanabilir hızda paralel hava akışına maruz bırakılmaktadır. Test edilecek numune 80 mm çapındaki ıslak alan üzerine yerleştirilmektedir. Bu şekilde, numune ile kaplanan ıslak ölçüm başının buharlaşma ısı kayıp miktarı ölçülmektedir. Bu değerler yardımı ile bağıl su buharı ve su buharı direnç değerleri hesaplanmaktadır (Şekil 2.8). Çalışmada, her bir kumaş örneği için 3 ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.8. Permetest ölçüm cihazı

2.2.4.5. Isıl Özelliklerin Tespiti

Bu çalışmadaki ısıl iletkenlik, ısıl direnç ve kumaş kalınlık ölçümleri ALAMBETA cihazında ISO 11092 standardına göre yapılmıştır (Şekil 2.9). Cihaz ölçüm kafası ve numunelerin yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Testin başlamasıyla üzerinde ısı akış sensörü bulunan ölçüm kafası aşağı inerek alt tabandaki numuneye temas etmektedir. Aynı anda numune yüzeyindeki sıcaklık değişmektedir ve ısı akış değerleri kaydedilmektedir. Fotoelektrik sensör tarafından da numune kalınlığı ölçülmektedir. ALAMBETA denilen yarı otomatik cihaz kontrollü bilgisayar ölçümü yaparak tüm istatistik parametrelerini hesaplanmakta ve hatalı alet çalışmasını önlenmektedir. Isıl iletkenlik, ısıl direnç, ısıl soğurganlık, örnek kalınlığı ve sonuçların değerlendirilmesi ölçümü de dahil olmak üzere tüm ölçüm prosedürü, en az 3-5 dakika sürmektedir. Çalışmada, her bir kumaş örneği için 3 ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.9. ALAMBETA cihazı.

2.3. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada iplik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan ölçüm sonuçlarının verileri tek faktörlü ve kumaş özellikleri iki faktörlü varyans analizi yöntemi ile SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilip yorumlanmıştır. ANOVA testi sonuçlarına göre faktör etkisi istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) bulunduğunda, SNK (Student Newman-Keuls) çoklu karşılaştırma testi ile faktör seviyeleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. SNK sonuçlarının yorumlanmasında a, b, c, d ve e kısaltmaları faktör düzeyini belirtmekte; aynı harflere sahip faktör seviyeleri 0,05 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklı olmadığını ifade etmektedir.

3. BÖLÜM

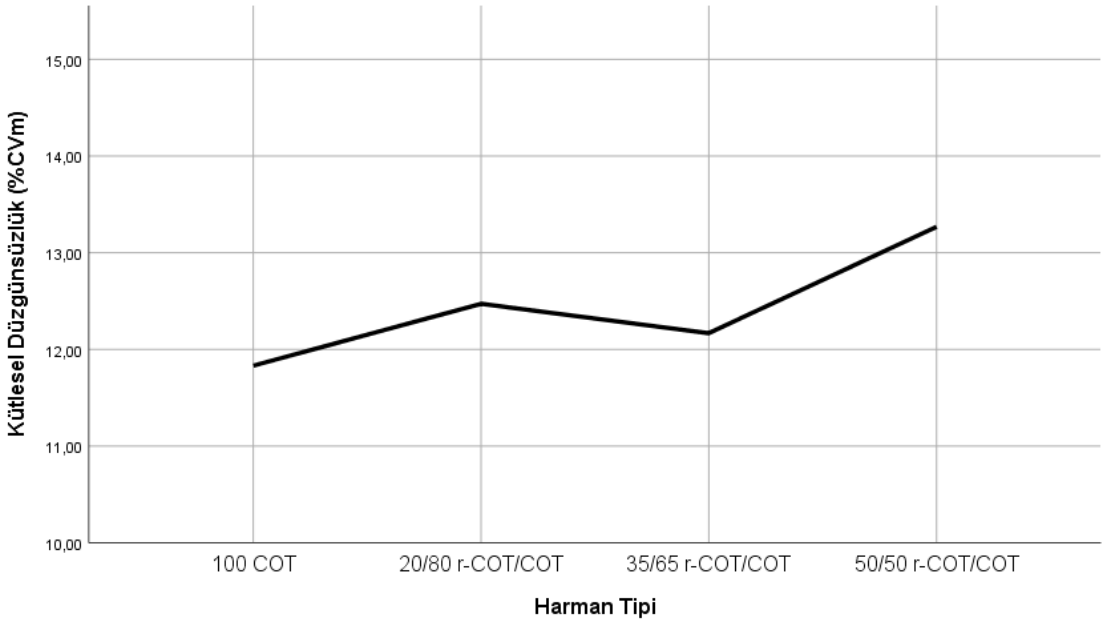
BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, %20/80, %35/65, %50/50 geri dönüşüm pamuk/işlenmemiş pamuk ve %100 pamuk olmak üzere 4 tip harmandan OE-rotor iplikler üretilmiştir ve ipliklerin çeşitli özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 4 tip harmandan üretilen OE-rotor atkı ipliklerinden 8 tip denim kumaş üretilmiş ve kumaşların yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl direnç ve ısıl soğurganlık özellikleri incelenmiştir. İplik ve denim kumaş numunelerine yapılan testlerin sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde özetlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları varyans analizi (ANOVA) ve faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması yöntemi Student Newman Keuls (SNK) ile değerlendirilerek yorumlanmıştır.

3.1. İpliklerin Özelliklerinin Değerlendirilmesi

3.1.1. İplik Düzgünsüzlüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İplik düzgünsüzlüğü (CVm), bir ipliğin birim uzunluk başına kütle değişimi olarak tanımlanabilir. OE-rotor ipliklerin ortalama kütlesel düzgünsüzlük (CVm) değerleri Şekil 3.1'de verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 3.1'de sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin kütlesel düzgünsüzlük üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. İplik numunelerine ait ortalama kütlesel düzgünsüzlük değerleri.

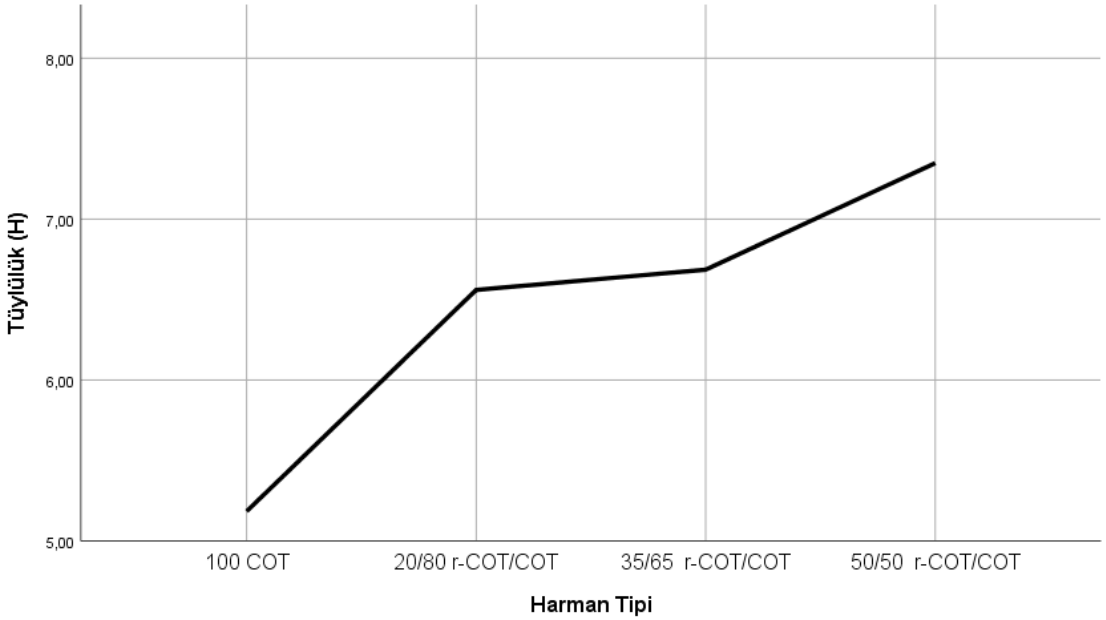
Tablo 3.1. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları

	Kütlesel Düzgünsüzlük (%)	**Tüylülük (H)**	**Hata Göstergeleri (IPI)**	**RKM (kgf*Nm)**	**Kopma Uzaması (%)**
Harman Tipi					
100	11.83a	5.18a	5.5a	15.23a	5.06a
20/80	12.17b	6.56b	9.2a	13.21b	4.32b
35/65	12.47c	6.69b	18b	12.41c	4.45b
50/50	13.27d	7.35c	40c	11.24d	3.84c

SNK test sonuçlarına göre, kütlesel düzgünsüzlük sonuçları incelendiğinde, %20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip ipliklerin geri dönüşüm pamuk içeren diğer ipliklere göre daha düşük kütlesel düzgünsüzlük değerine sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

3.1.2. Uster Tüylülük (H) Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tüylülük indeksi H, iplik yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarının toplam uzunluğunun ölçülen iplik uzunluğuna oranını ifade eder. OE-rotor ipliklerin ortalama tüylülük değerleri ve Open-End Rotor ipliklerin ortalama kütlesel düzgünsüzlük (CVm) değerleri Şekil 3.2' e verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 3.1'de sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin tüylülük üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



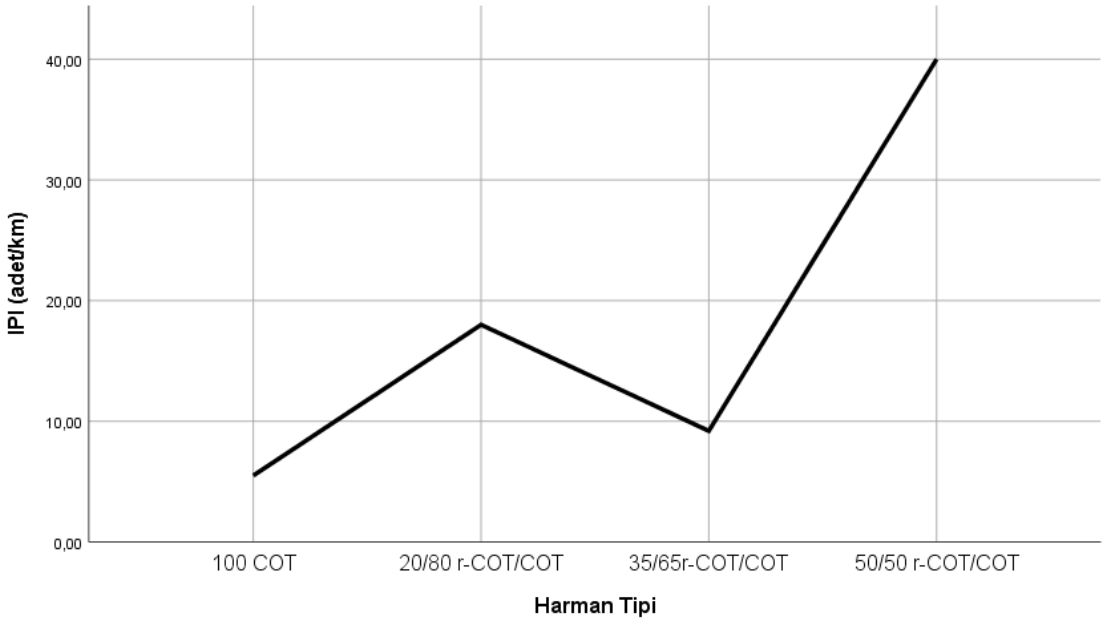
Şekil 3.2. İplik numunelerine ait ortalama tüylülük değerleri**.**

SNK test sonuçlarına göre, Tüylülük sonuçları incelendiğinde, yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan 50/50 geri dönüşüm pamuk/pamuk ipliğinin en yüksek tüylülük değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, pamuk elyafına göre düşük kalite değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.1.3. IPI Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İplik numunelerin hata göstergeleri (IPI), 1000 metre iplikte bulunan ince yer, kalın yer ve neps sayılarının toplamı olarak ifade edilmektedir. OE-rotor ipliklerin ortalama hata

göstergeleri değerleri Şekil 3.3'de verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 3.1'de sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin IPI üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



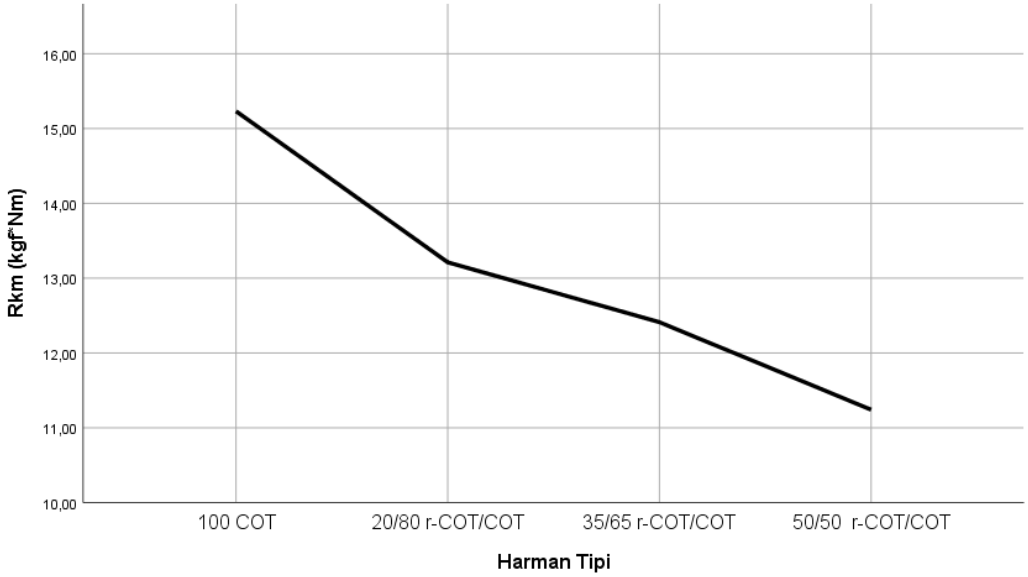
Şekil 3.3. İplik numunelerine ait ortalama IPI değerleri.

SNK test sonuçlarına göre, hata göstergeleri sonuçları incelendiğinde, yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan 50/50 geri dönüşüm pamuk/pamuk ipliğinin en yüksek IPI değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, işlenmemiş pamuk elyafına göre düşük kalite değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca iplik numunelerinin IPI sonuçları ile düzgünsüzlük sonuçlarının benzer bir eğilim gösterdiği görülmüştür.

3.1.4. RKM Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İplik kopma mukavemeti için yaygın olarak kullanılan Rkm, ipliğin dikey yönde kendi ağırlığında koptuğu uzunluğun kilometresini ifade etmektedir. Open-End Rotor ipliklerin ortalama Rkm değerleri Şekil 3.4' de verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 3.1' de sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin Rkm üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Geri dönüşüm elyaf oranı arttıkça, ipliklerin mukavemet değerlerinin azaldığı tespit

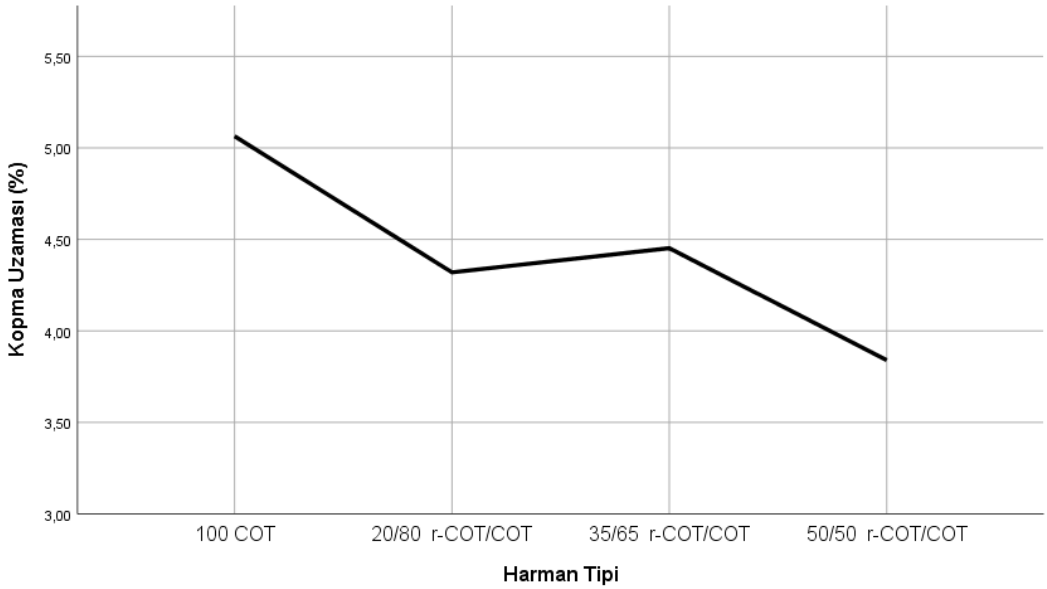
edilmiştir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, işlenmemiş pamuk elyafına göre düşük özgül gerilme değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.4. İplik numunelerine ait ortalama Rkm değerleri.

3.1.5. Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Open-End Rotor ipliklerin ortalama kopma uzaması değerleri Şekil 3.5' de verilmiştir. İplik numunelerinin ölçülen özellikleri için SNK test sonuçları Tablo 3.1' de sunulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre; harman tipinin kopma uzaması üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Geri dönüşüm elyaf oranı arttıkça, iplklerin kopma uzaması değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, işlenmemiş pamuk elyafına göre düşük kopma uzaması değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

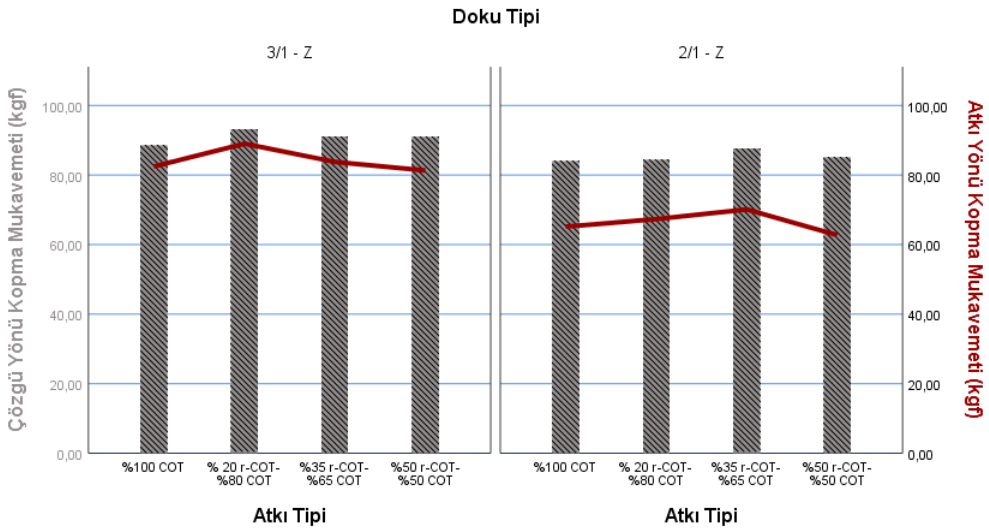


Şekil 3.5. İplik numunelerine ait ortalama kopma uzaması değerleri.

3.2. Kumaş Özellikleri ve Performanslarının Değerlendirilmesi

3.2.1. Çözgü ve Atkı Yönü Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir kumaşın kopma mukavemeti, belirli boyutlardaki bir kumaş şeridinin kopma noktasına kadar uzatılması sırasında kaydedilen maksimum çekme kuvvetidir. Kumaş numunelerinin ortalama kopma mukavemeti (çözgü ve atkı yönü) değerleri, bu değerler için ANOVA tablosu ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 3.6, Tablo 3.2-3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Kumaş numunelerine ait ortalama çözgü yönü ve atkı yönü kopma mukavemeti değerleri.

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipinin atkı ve çözgü yönü kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülürken, atkı tipinin sadece atkı yönü kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi * Doku Tipi kesişimlerinin her iki yön için kopma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Kumaş numunelerinin çözgü yönü ve atkı yönü kopma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak		Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Öneml.
Doğrulanmış Model	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	248.951[a]	7	35.564	7.950	.000
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	2096.146[b]	7	299.449	56.564	.000
Doku Tipi	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	190.688	1	190.688	42.62	.000
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	1903.355	1	1903.355	359.532	.000
Atkı Tipi	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	32.797	3	10.932	2.444	.102
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	142.923	3	47.641	8.999	.001
Doku Tipi*Atkı Tipi	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	25.465	3	8.488	1.897	.171
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	49.869	3	16.623	3.140	.054
Hata	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	71.578	16	4.474		
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	84.704	16	5.294		
Doğrulanmış Toplam	Kopma Mukavemeti (Çözgü)	320.529	23			
	Kopma Mukavemeti (Atkı)	2180.850	23			

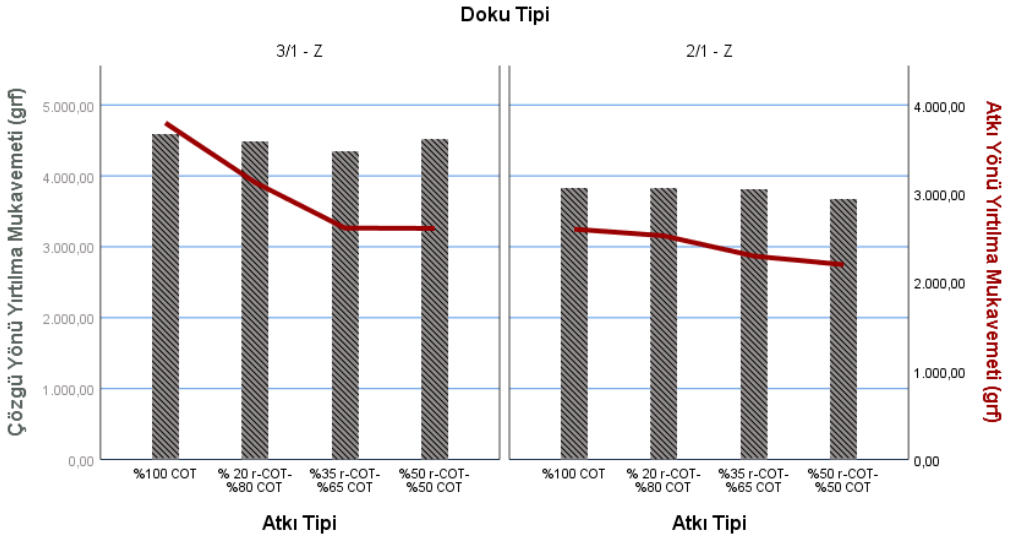
SNK test sonuçlarına göre, %35 ve %50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların atkı yönü kopma mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı, %20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Doku tipi 2/1 Z olan denim kumaşların atkı ve çözgü yönü kopma mukavemeti değerlerinin, 3/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, 2/1 Z doku tipinde bulunan 3/1 Z doku tipine göre fazla iplik bağlantı sayısından dolayı, ipliklerin birbirine daha iyi tutunması ile açıklanabilir.

Tablo 3.3. Kumaş numunelerinin atkı yönü kopma mukavemeti için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Atkı Yönü Kopma Mukavemeti	Çözgü Yönü Kopma Mukavemeti
%100 COT	6	78.16a	86.29a
% 20 r-COT-%80 COT	6	76.94a	88.82a
%35 r-COT-%65 COT	6	73.81b	89.41a
%50 r-COT-%50 COT	6	72.03b	88.07a
Doku Tipi			
3/1 Z	12	66.33a	85.33a
2/1 Z	12	84.14b	90.97b

3.2.2. Çözgü ve Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kumaş numunelerinin ortalama yırtılma mukavemeti (çözgü ve atkı yönü) değerleri, bu değerler için ANOVA tablosu ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 3.7, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’ da sunulmuştur.



Şekil 3.7. Kumaş numunelerine ait ortalama çözgü yönü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti değerleri.

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipi ve atkı tipinin atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi * Doku Tipi kesişimlerinin her iki yön için yırtılma mukavemeti değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.4. Kumaş numunelerinin çözgü yönü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti değerleri için ANOVA tablosu.

Kaynak		Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önem l.
Doğrulanmış Model	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	3079287.333[a]	7	439898.190	217.135	.000
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	5560859.958[b]	7	794408.565	429.178	.000
Doku Tipi	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	931606.000	1	2931606.000	1447.052	.000
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	2388335.042	1	2388335.042	1290.294	.000
Atkı Tipi	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	68549.333	3	22849.778	11.279	.000
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	2466651.45	3	822217.153	444.202	.000
Doku Tipi*Atkı Tipi	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	79132.000	3	26377.333	13.020	.000
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	705873.458	3	235291.153	127.116	.000
Hata	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	32414.667	16	2025.917		
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	29616.000	16	1851.000		
Doğrulanmış Toplam	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü)	3111702.000	23			
	Yırtılma Mukavemeti (Atkı)	5590475.958	23			

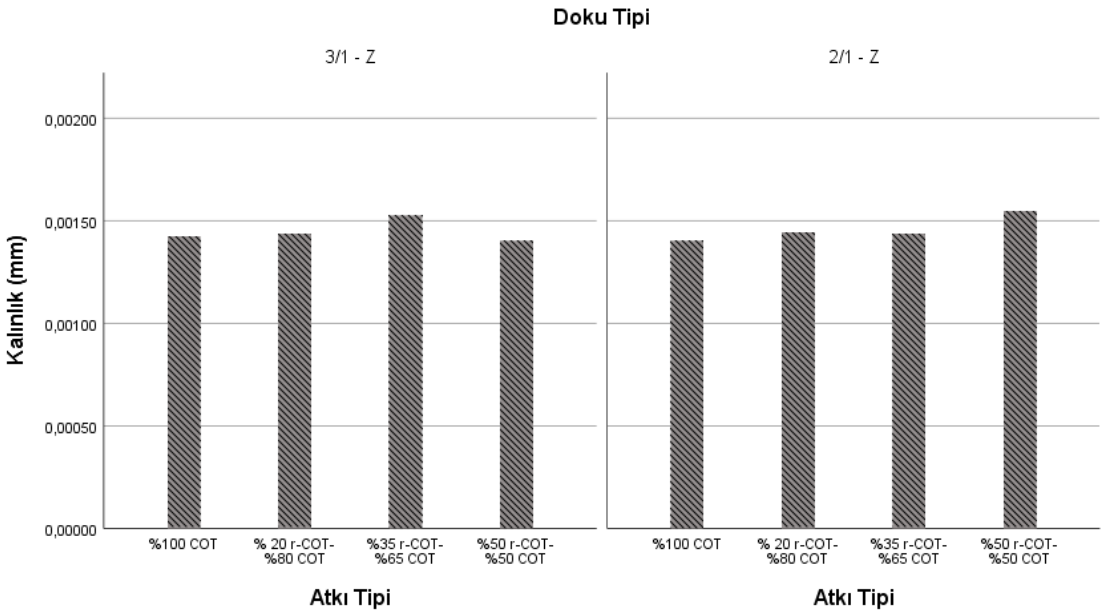
SNK test sonuçlarına göre, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı, %20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistiki olarak anlamlı ve daha yüksek olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının pamuk elyafına göre düşük mukavemet değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşların yırtılma sırasında ipliklerin hareket ederek gruplaşmasının diğer kumaşlara göre zor olması ve kolaylıkla yırtılabilmesidir [65].

Tablo 3.5. Kumaş numunelerinin çözgü yönü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti
%100 COT	6	4214.57 a	3197.83 a
% 20 r-COT-%80 COT	6	4156.57 b	2824.17 b
%35 r-COT-%65 COT	6	4079.17 c	2453.50 c
%50 r-COT-%50 COT	6	4095.83 c	2402.33 c
Doku Tipi			
3/1 Z	12	4486 a	3034 a
2/1 Z	12	3787 b	2404 b

3.2.3. Kalınlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kumaş numunelerinin ortalama kalınlık değerleri, bu değerler için ANOVA tablosu ve SNK test sonuçları sırasıyla Şekil 3.8, Tablo 3.6-3.7’ de verilmiştir.



Şekil 3.8. Kumaş numunelerine ait ortalama kalınlık değerleri.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı tipinin kalınlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin kalınlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.6. Kumaş numunelerinin kalınlık değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önemlilik
Doğrulanmış Toplam	6.246E-8[a]	7	8.923E-9	8.532	.000
Atkı Tipi	1.805E-8	3	6.015E-9	5.752	.007
Doku Tipi	7.042E-10	1	7.042E-10	. 73	.424
Atkı Tipi * Doku Tipi	4.371E-8	3	1.457E-8	13.932	.000
Hata	1.673E-8	16	1.046E-9		
Toplam	5.086E-5	24			
Doğrulanmış Toplam	7.920E-8	23			

SNK test sonuçlarına göre, %20 ve %35, %50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların kalınlık değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında kalınlık değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu durumun,

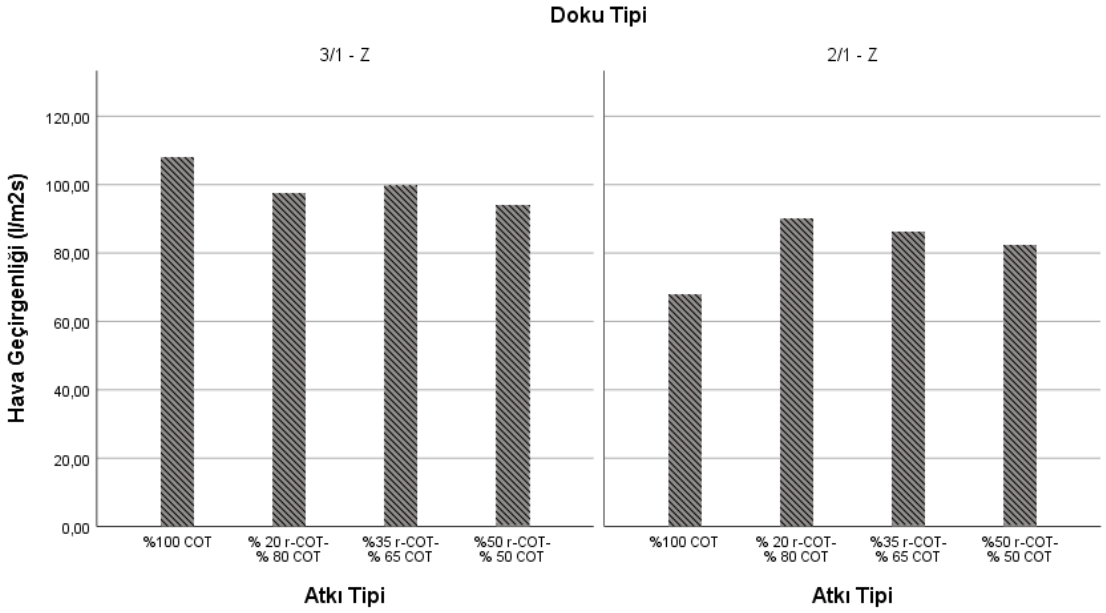
geri dönüşüm pamuk elyaf oranı fazla olan iplik numunelerinde yüksek olan tüylülük oranından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.7. Kumaş numunelerinin kalınlık için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Kalınlık
%100 COT	6	0.00140a
% 20 r-COT-%80 COT	6	0.00144ab
%35 r-COT-%65 COT	6	0.00148b
%50 r-COT-%50 COT	6	0.00148b

3.2.4. Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Hava geçirgenliği, bir malzemenin iki yüzeyi arasında önceden belirlenmiş bir hava basıncı farkı altında bilinen bir alandan dikey olarak geçen hava akış hızıdır [66]. Kumaş numunelerinin ortalama hava geçirgenliği değerleri ve bu değerler için ANOVA ve SNK tablosu sırasıyla Şekil 3.9, Tablo 3.8-3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Kumaş numunelerine ait ortalama hava geçirgenliği değerleri

ANOVA sonuçlarına göre; doku tipinin hava geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin hava geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.8. Kumaş numunelerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önemlilik
Doğrulanmış Toplam	3138.296[a]	7	448.328	17.115	.000
Doku Tipi	1971.094	1	1971.094	75.248	.000
Atkı Tipi	171.051	3	57.017	2.177	.131
Atkı Tipi * Doku Tipi	996.151	3	332.050	12.676	.000
Hata	419.113	16	26.195		
Toplam	201410.610	24			
Doğrulanmış Toplam	3557.410	23			

SNK test sonuçlarına göre, geri dönüşüm pamuk içerikli numuneler kendi aralarında değerlendirildiğinde en yüksek tüylülüğe sahip %50/50 geri dönüşüm pamuk karışımlı ipliklere ait kumaşlar daha düşük hava geçirgenlik değerlerine sahiptir.

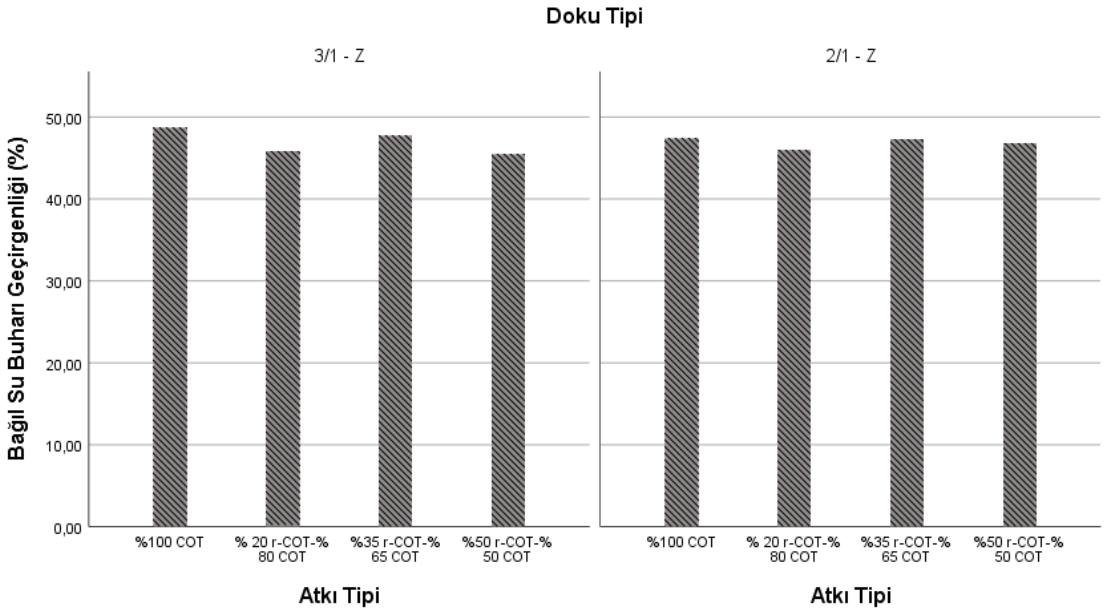
Doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun 2/1 Z doku yapısına sahip kumaşların iplik kesişim sayılarının, 3/1 Z doku yapısına sahip kumaşlara göre fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. 3/1 doku tipinde %100 pamuk ipliğine ait kumaşların yüksek hava geçirgenliği, düşük iplik tüylülüğü ve yüksek gözeneklilik ile açıklanabilir. Bu beklenen bir durumken 2/1 doku tipinde aksi bir durum gözlenmektedir.

Tablo 3.9. Kumaş numunelerinin hava geçirgenliği için SNK test sonuçları

Doku Tipi	N	Hava Geçirgenliği
3/1 Z	12	99.86a
2/1 Z	12	81.73b

3.2.5. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bağıl su buharı geçirgenliği, bir malzeme aracılığıyla su buharı iletim hızıdır [67]. Islak vücuttan terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından daha düşük olabilir; vücutta ter birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği, kullanıcı tarafından rahatsızlık olarak algılanır; bu nedenle rahat bir giysinin su buharı geçirgenliği yüksek olmalıdır. Lif hacim oranı, lif kesiti, lif higroskopikliği ve kumaş kalınlığı gibi kumaş parametreleri su buharı geçirgenlik özelliğini etkilemektedir [68-69]. Kumaş numunelerinin ortalama bağıl su buharı geçirgenliği, bu değerler için ANOVA ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 3.10, Tablo 3.10-3.11'de sunulmuştur.



Şekil 3.10. Kumaş numunelerine ait ortalama bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı geçirgenlik katsayısı değerleri

ANOVA sonuçlarına göre; atkı tipinin su buharı geçirgenliği değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin bağıl su buharı geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

3/1 Z doku türünde kumaş kalınlığı ve hava geçirgenliği sonuçlarında da benzerlik söz konusuyken, 2/1 Z doku türünde farklı bir eğilim söz konusudur. Bu doku türünde kesişmelerin fazla olması nedeniyle mikro kanalların ve kapilar boşlukların su buharı geçirgenliğine katkısı daha baskın olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, özellikle

geri dönüşüm pamuk karışım oranları %35 ve %50 olan ipliklerin yüksek iplik tüylülük değerleri de kapilar boşlukların artmasına katkı sağlamış olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.10. Kumaş numunelerinin bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için ANOVA tablosu

.Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Öneml.
Doğrulanmış Model	24.953a	7	3.565	7.666	.000
Doku Tipi	.040	1	.040	.086	.773
Atkı Tipi	19.402	3	6.467	13.909	.000
Doku Tipi * Atkı Tipi	5.511	3	1.837	3.950	.028
Hata	7.440	16	.465		
Doğrulanmış Toplam	32.392	23			

SNK test sonuçlarına göre, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların bağıl su buharı geçirgenlik değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı, % 20 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların değerlerinin bu gruptan farklılığının istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında bağıl su buharı geçirgenlik değerlerinin kısmen azaldığı görülmüştür.

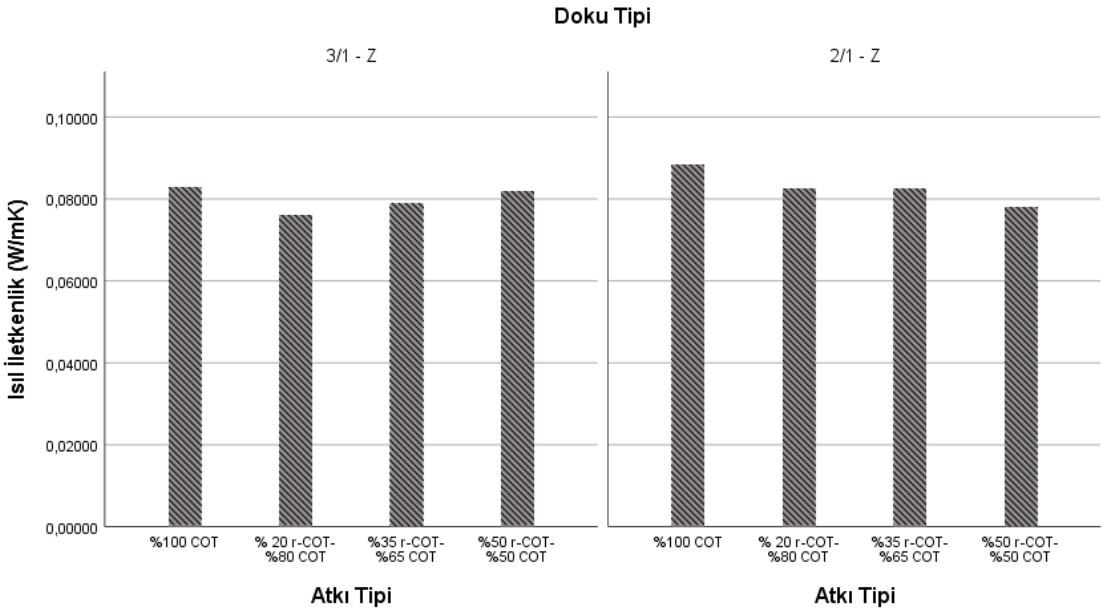
Tablo 3.11. Kumaş numunelerinin bağıl su buharı geçirgenliği için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği
%100 COT	6	48.05a
% 20 r-COT-%80 COT	6	47.52a
%35 r-COT-%65 COT	6	46.14b
%50 r-COT-%50 COT	6	45.93b

3.2.6. Isıl İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Isıl iletkenlik, bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir [70]. Kumaş numunelerinin ortalama ısıl iletkenlik değerleri ve bu

değerler için ANOVA ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 3.11, Tablo 3.12-3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Kumaş numunelerine ait ortalama ısıl iletkenlik değerleri.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı ve doku tipinin ısıl iletkenlik değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.12. Kumaş numunelerinin ısıl iletkenlik değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önemlilik
Doğrulanmış Toplam	.000[a]	7	4.311E-5	3.659	.015
Atkı Tipi	.000	3	4.937E-5	4.190	.023
Doku Tipi	5.400E-5	1	5.400E-5	4.583	.048
Atkı Tipi * Doku Tipi	9.966E-5	3	3.322E-5	2.819	.072
Hata	.000	16	1.178E-5		
Toplam	.160	24			
Doğrulanmış Toplam	.000	23			

SNK test sonuçlarına göre, % 20, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların ısıl iletkenlik değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 3/1 Z doku türünün ısıl iletkenlik değerlerinde geri dönüşüm pamuk oranı ile birlikte

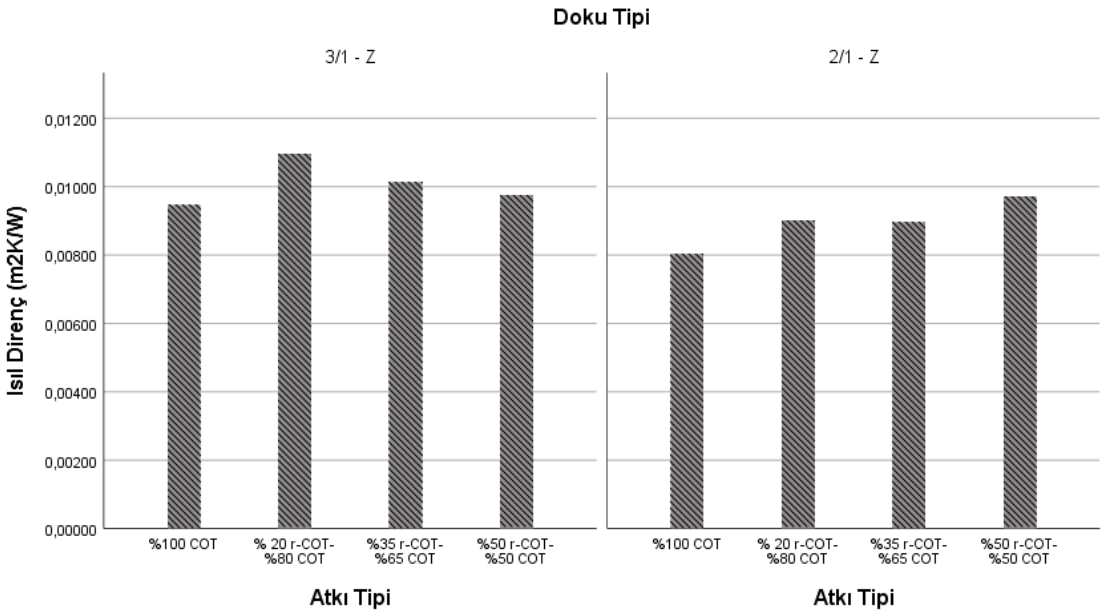
artış eğilimi gözlenirken, 2/1 Z doku türünde belirgin bir eğilim gözlenmemiştir. Bu durumun kontrol grubuna göre geri dönüşüm pamuk oranı fazla olan kumaşların yüksek kalınlık değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.13. Kumaş numunelerinin ısıl iletkenlik için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Isıl İletkenlik
%100 COT	6	0.0858a
% 20 r-COT-%80 COT	6	0.0794b
%35 r-COT-%65 COT	6	0.0808b
%50 r-COT-%50 COT	6	0.0801b
Doku Tipi		
3/1 Z	12	0.0797a
2/1 Z	12	0.0830b

3.2.7. Isıl Direnç Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kumaşın ısıl direnci, kuru ısıyı, iletim, konveksiyon ve radyasyon gibi iletim yöntemleriyle giysinin içinden geçirme yeteneğidir [71]. Isıl direnç, sabit sıcaklık farkının bir sonucu olarak belirli bir yüzey boyunca kuru termal akımın akışını ifade eder [70]. Kumaşın ısıl direnci, metabolik vücut ısısının çevreye ve ortamdan vücuda transferini engeller [72]. Yüksek ısıl direnç özelliği ile giysilerde yüksek ısı yalıtımı sağlanabilmekte, bu nedenle ısıl direnci minimum olan kumaşlar daha serin bir etkiye neden olmaktadır [70]. Giysilerin ısıl direnci, kumaşın yapısına, kalınlığına, bileşen liflerinin ısıl iletkenliğine, ipliğin lineer yoğunluğuna, lif kesitine, doku tipine, dökümlülüğe ve kumaş içinde hapsolmuş havanın direncine bağlıdır [72, 73]. Kumaştaki durgun hava miktarının azalması, ısıl direnç değerinin düşmesine neden olur [74]. Yani daha fazla hava tutabilen daha gözenekli kumaşlarda daha yüksek ısıl direnç değerleri elde edilmektedir. Isıl direnç kumaş kalınlığı ile doğru orantılıdır, bu nedenle daha yüksek kalınlık daha düşük ısı transferi ile sonuçlanır [75]. Kumaş numunelerinin ortalama ısıl direnç değerleri ve bu değerler için ANOVA ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 3.12, Tablo 3.14 ve Tablo 3.15'da sunulmuştur.



Şekil 3.12. Kumaş numunelerine ait ortalama ısıl direnç değerleri

ANOVA sonuçlarına göre; atkı ve doku tipinin ısıl direnç değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.14. Kumaş numunelerinin ısıl direnç değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önemlilik
Doğrulanmış Toplam	1.599E-5[a]	7	2.285E-6	5.365	0.003
Atkı Tipi	5.261E-6	3	1.754E-6	4.118	0.024
Doku Tipi	7.820E-6	1	7.820E-6	18.365	0.001
Atkı Tipi * Doku Tipi	2.911E-6	3	9.704E-7	2.279	0.119
Hata	6.813E-6	16	4.258E-7		
Toplam	.002	24			
Doğrulanmış Toplam	2.281E-5	23			

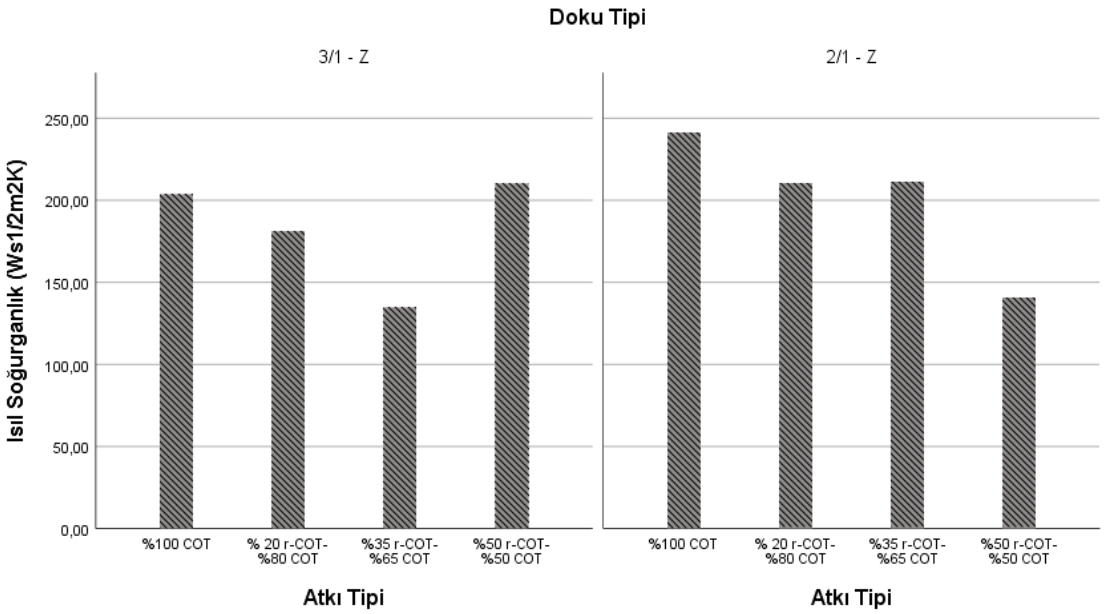
SNK test sonuçlarına göre, % 20, % 35 ve % 50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların ısıl direnç değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı varlığında ısıl direnç değerlerinin arttığı görülmüştür. Kumaş numunelerin kalınlık değerleri ile uyumlu olduğu ve kalınlık değerleri yüksek olan geri dönüşüm pamuk içeren kumaş numunelerinin ısıl direnç değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür. SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların ısıl direnç değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşların kalınlık değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.15. Kumaş numunelerinin ısıl direnç için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	**N**	**Isıl Direnç**
%100 COT	6	0.00875a
%20 r-COT-%80 COT	6	0.01000b
%35 r-COT-%65 COT	6	0.00955b
%50 r-COT-%50 COT	6	0.00975b
Doku Tipi		
3/1 Z	12	0.01008a
2/1 Z	12	0.00894b

3.2.8. Isıl Soğurganlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Isıl soğurganlık sıcak-soğuk hissinin objektif ölçümüdür. Giysilerin ısıl emiciliği düşükse ilk temasta daha sıcak bir his verir [68]. Kumaş numunelerinin ortalama ısıl soğurganlık değerleri ve bu değerler için ANOVA ve SNK tabloları sırasıyla Şekil 3.13, Tablo 3.16 ve Tablo 3.17’ da sunulmuştur.



Şekil 3.13. Kumaş numunelerine ait ortalama ısıl soğurganlık değerleri.

ANOVA sonuçlarına göre; atkı ve doku tipinin ısıl soğurganlık değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Atkı Tipi*Doku Tipi kesişimlerinin ısıl soğurganlık değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.16. Kumaş numunelerinin ısıl soğurganlık değerleri için ANOVA tablosu

Kaynak	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Önemlilik
Doğrulanmış Toplam	28883.936[a]	7	4126.277	10.570	0.000
Atkı Tipi	9390.911	3	3130.304	8.018	0.002
Doku Tipi	2100.010	1	2100.010	5.379	0.034
Atkı Tipi * Doku Tipi	17393.015	3	5797.672	14.851	0.000
Hata	6246.180	16	390.386		
Toplam	918599.370	24			
Doğrulanmış Toplam	35130.116	23			

SNK test sonuçlarına göre, %20, %35 ve %50 oranında geri dönüşüm pamuk oranına sahip atkı tipi ile üretilen kumaşların ısıl soğurganlık değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk oranı varlığında, ısıl soğurganlık değerlerinin azaldığı

görülmüştür. SNK test sonuçlarına göre, doku tipi 3/1 Z olan denim kumaşların ısıl soğurganlık değerlerinin, 2/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşlardan düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla 3/1 Z doku tipi ile üretilen kumaşların temasta soğukluk hissinin daha düşük olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 3.17. Kumaş numunelerinin ısıl soğurganlık için SNK test sonuçları

Atkı Tipi	N	Isıl Soğurganlık
%100 COT	6	222.517a
% 20 r-COT-%80 COT	6	196.000b
%35 r-COT-%65 COT	6	173.217b
%50 r-COT-%50 COT	6	175.717b
Doku Tipi		
3/1 Z	12	182.508a
2/1 Z	12	201.217b

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

4.1.1. Sonuç

Bu tez çalışmasında, %20/80, %35/65, %50/50, %100 olmak üzere 4 tip harmandan geri dönüşüm pamuk/orijinal pamuk (r-COT/COT) OE-rotor iplikler üretilmiştir ve ipliklerin çeşitli özellikleri (kütlesel düzgünsüzlük, Uster tüylülük, hata göstergeleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 4 tip harmandan üretilen OE-rotor iplikleri atkı ipliği olarak kullanılmış ve 8 tip denim kumaş üretilmiş, kumaşların yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, kalınlık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik ve ısıl soğurganlık özellikleri incelenmiştir.

Tüylülük ve hata göstergeleri sonuçları incelendiğinde, yapısında en fazla oranda geri dönüşüm pamuk bulunan 50/50 geri dönüşüm pamuk/pamuk ipliğinin en yüksek tüylülük ve hata göstergeleri değerlerine, en düşük iplik mukavemeti (Rkm) ve kopma uzaması değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, yapıda kullanılan geri dönüşüm pamuk elyafının, pamuk elyafına göre düşük kalite değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üç farklı oranda geri dönüşüm pamuk içeren ve içermeyen Ne 9/1 OE-rotor iplikler atkı ipliği olarak kullanılıp, 3/1 ve 2/1 doku türü ile üretilen dokuma kumaşların tüm analiz sonuçları incelendiğinde, geri dönüşüm pamuk oranı arttığında atkı yönü kopma mukavemeti, çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti, bağıl su buharı geçirgenliği, ısıl iletkenlik, ısıl soğurganlık değerlerinin azaldığı, kalınlık ve ısıl direnç değerlerinin arttığı görülmüştür. Kumaşlarda geri dönüşüm pamuk elyafı kullanımı ile ısıl

soğurganlıkla yakından ilişkili olan temasta soğukluk hissi azaldığından dolayı geri dönüşüm pamuk elyafının kışlık giysilerde kullanılmasının ısıl konfora katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.1.2. Öneriler

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar detaylı olarak incelendiğinde geri dönüşüm pamuk elyafının denim kumaşlarda kullanımının dezavantajları olduğu kadar avantajlarının da olduğu görülmektedir. Sürdürülebilirlik çalışmalarının firmalar açısından rekabet unsuru haline geldiği bu zamanda geri dönüşüm elyaflardan yapılan kumaşlar, firmaların pazarlama argümanları olarak kullanılabilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları denim sektöründe geri dönüşüm pamuk kullanımına ışık tutacak ve bundan sonra yapılacak farklı çalışmalara fırsat sunacaktır. Özellikle pamuk ipliğinin fazla kullanıldığı ev tekstili, iç giyim gibi alanlarda da geri dönüşüm pamuk iplikleri kullanılarak bu çalışma çoğaltılabilir.

KAYNAKÇA

1. UNCTACD, 2019. Environmental Impact of Fashion Industry, UNCTACD, ht**tps://news.un.org/en/story/2019/03/1035161**, (Erişim Tarihi: 27.11.2021).

2. Shamsuzzaman M., Kashem M.A., Sayem A.S.M., Khan A.M., Shamsuddin S.M., Islam M.M., 2021. Quantifying Environmental Sustainability of Denim Garments Washing Factories Through Effluent Analysis: A Case Study in Bangladesh, **Journal of Cleaner Production, 290** (44): 125740.

3. Uncu Akı S., Candan C., Nergis B., Önder N.S., 2020. Understanding Denim Recycling: A Quantitative Study with Lifecycle Assessment Methodology, pp. 1-220. In: Waste in Textile and Leather Sectors, (Eds. A. Körlü,). Intechopen, London.

4. Fidan Ş., Aydoğan E.K., Uzal N., 2021. An Integrated Life Cycle Assessment Approach for Denim Fabric Production Using Recycled Cotton Fibers and Combined Heat and Power Plant, **Journal of Cleaner Production, 287**: 125439.

5. LeBlanc R., 2019. Textile Recycling Facts and Figures. **https://www. thebalancesmb.com/textile-recycling-facts-and-figures-2878122**, (Erişim Tarihi: 27.11.2021).

6. Stanescu, M.D. 2021. State of The Art of Post-Consumer Textile Waste Upcycling to Reach The Zero Waste Milestone. **Environment Science Pollution Research, 28**, 14253–14270.

7. Rani S., Jamal Z., 2018. Recycling of Textiles Waste for Environmental Protection. **International Journal of Home Science, 4**(1):164–168.

8. Fidan Ş., Aydoğan E.K., Uzal N., 2021. An Integrated Life Cycle Assessment Approach for Denim Fabric Production Using Recycled Cotton Fibers and Combined Heat and Power Plant, **Journal of Cleaner Production, Volume 287** (107-115): 125439.

9. Downey L., A Short History of Denim,**https://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2014/01/A-Short-History-of-Denim2.pdf,** (Erişim Tarihi: 27.11.2021).

10. Villarreal A., Goyal C. R., 2021. Life Cycle Assessment of Cotton Yarns for IKEA, KTH Royal Institute Of Technology School Of Architecture And The Built Environment, Degree of Master, 57 p., Stockholm.

11. Textile Exchange, 2020. Preferred Fiber & Materials Market Report. **https://textileexchange.org/2020-preferred-fiber-and-materials-market-report-pfmr-released-2/** , (Erişim Tarihi: 27.11.2021).

12. Haule L.V., Carr C.M., Rigout M., 2016, Investigation into The Supramolecular Properties of Fibres Regenerated From Cotton Based Waste Garments, **Carbohydrate Polymers, 144**, 131-139.

13. Wanassi B., Ben Hassen M., Azouz B., 2016. Value-Added Waste Cotton Yarn: Optimization of Recycling Process and Spinning of Reclaimed Fibers. **Industrial Crops and Products, 87**(2016):27–32.

14. Moazzem S., Crossin E., Daver F., Wang L., 2021. Assessing Environmental Impact Reduction Opportunities Through Life Cycle Assessment of Apparel Products, **Sustainable Production and Consumption, 28**: 663-674.

15. Hasani, H., Semnani, D., Tabatabaei, S. 2010. Determining The Optimum Spinning Conditions to Produce The Rotor Yarns from Cotton Wastes. **Industria Textila, 61**: 259–264.

16. Wanassi B., Azzouz B., Ben Hassen M., 2015. Recycling of Post-Industrial Cotton Wastes: Quality and Rotor Spinning of Reclaimed Fibers, **International Journal of Advanced Research, 3** (6): 94-103.

17. Ütebay B., Çelik P., Çay A., 2019. Effects of Cotton Textile Waste Properties on Recycled Fibre Quality, **Journal of Cleaner Production, 222**:29-35.

18. Awgichew D., Sakthivel S., Solomon E., Bayu A., Legese R., Asfaw D., Bogale M., Aduna A., Kumar S.S., 2021, Experimental Study and Effect on Recycled Fibers Blended with Rotor/OE Yarns for the Production of

Handloom Fabrics and Their Properties, **Hindawi Advances in Materials Science and Engineering 2021**(1): 1-9.

19. Toksöz, M., 2018, Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yaşam Döngüsü Analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 115 s.

20. Akduman, M., 2018, Tekstil Sektöründeki Sürdürülebilirlik Gelişmeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 223 s.

21. Pensupa, N., 2020. Recycling of end-of-life clothes, pp. 251-309. In: Sustainable Technologies for Fashion and Textiles (Eds: R., Nayak), Woodhead Publishing Series in Textiles, Ho Chi Minh City.

22. Fletcher, K., 2008, Sustainable fashion and textiles, Design Journeys, Earth Scan, London, 239 pp.

23. Shirvanimoghaddam K., Motamed B., Ramakrishna S., Naebe M., 2020 Death by waste: Fashion and textile circular economy case, **Science of The Total Environment, 718**, 137317.

24. Wilson, M., 2003, Corporate Sustainability; What is it and where does it come from, **Ivey Busines Journal**.1-5

25. Yeni, O., 2014. Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma: Bir yazın taraması, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16** (3): 183

26. Allwood, J., Laursen, S., Rodriguez, C., Bocken, N., 2006. Well Dressed, The Present and Future Sustainability of Clothing and Textiles in the United Kingdom. University of Cambridge, Institute for Manufacturing, Cambridge, 80 pp.

27. Roos, S., Sandin, G., Zamani, B., Peters, G., 2015. Environmental assessment of Swedish fashion consumption: Five garments–sustainable futures, A Mistra Future Fashion Report: Stockholm, 2-6.

28. BAK, Ö., 2019. Tekstil Endüstrisi Kaynaklı Emisyonların İklim Değişiklikleri Üzerine Etkileri, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 63 s.

29. Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., 2016. Tekstil ve konfeksiyon sektöründe sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm olanakları. **Tekstil ve Mühendis, 23** (101): 43-60.

30. Koca, E., Öz, C., Yıldırım Artaç, B., 2016. Hazır giyim sektöründe sürdürülebilirliğin yöneticiler açısından değerlendirilmesi, **Tekstil ve Mühendis, 23** (103): 220-230.

31. Vadicherla, T., Saravanan, D., 2014. Textiles and apparel development using recycled and reclaimed fibers, in "Roadmap to sustainable textiles and clothing ecofriendly raw materials, technologies, and processing methods" (Ed: S.S., Muthu). Springer Science-Business Media, Singapore.

32. Onions C.T., 1964. The Shorter Oxford English Dictionary, Oxford: Clarendon Press. Ed., 2095 pp.

33. Mangır, A.F., 2016. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yavaş ve Hızlı Moda, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 19** (41): 143-154.

34. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., and Behrens, W. W., 1990. Ekonomik Büyümenin Sınırları (Çev.: Kemal Tosun ve ark.). İşletme İktisadı Enstitüsü Yayınları, İstanbul, 112.

35. Cebeci, D., 2013. Ekolojik Tekstillerin Moda Tasarımı Üzerine Etkileri, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul, 350 s.

36. Atmış, E., 1997. Ortak Geleceğimiz Raporunda ve BM. Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda Ormanlar, **Orman Mühendisliği, 34**(3), 27-32.

37. Yeni, O., 2014. Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16** (3): 183.

38. Holmberg, J., Sandbrook, R., 1992. Sustainable Development: What Is to Be Done? Making Development Sustainable: Redefining Institutions, Policy, and Economics. International Institute for Environment and Development, Island Press, California, 19-38 pp.

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

40. Telli, A., 2016, Geri Dönüşüm Pamuk, R-Pet Ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 194 s.

41. Meng, X., Fan, W., Ma,Y., Wei, T., Dou, H., Yang, X., Tian, H., Yu, Y., Zhang, T., Gao, L., 2019. Recycling of denim fabric wastes into high-performance composites using the needle-punching nonwoven fabrication route, **Textile Research Journal, 90** (5-6): 695-709

42. Recycling Spinning System, **https://www.rieter.com/products/spinning-systems/recycling-spinning-system,** (Erişim tarihi:11.12. 2021).

43. Karlqvist, J., Larsson, I., 2020. Survey of the possibilities to recycle products of synthetic textile blends in Sweden, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Master's Thesis, Sweden , 64 pp.

44. Cuc, S., Vidovic, M., 2011. Environmental Sustainability through Clothing Recycling, **Operations and Supply Chain Management, 4**(2-3): 108-115.

45. Wang, Y., 2010. Fiber and textile waste utilization. Waste Biomass Valorization, Netherlands, 1(1): 135–143.

46. Spathas T., 2017. The Environmental Performance of High Value Recycling for the Fashion Industry: LCA for four case studies, Chalmers University of Technology, Master's Thesis, Gothenburg, 67 pp.

47. Radhakrishnan, S., 2017. Denim recycling, Textiles and clothing sustainability. pp. 79–125. In: (Ed: S.S., Muthu). Springer, Singapore.

48. Preferred Fiber and materials market report, **https://textileexchange.org/2020-preferred-fiber-and-materials-market-report-pfmr-released-2/** (Erişim tarihi: 21.12.2021)

49. Béchir, W., Mohamed, B.H., Béchir, A., 2018. Industrial cotton waste: recycling, reclaimed fiber behavior and quality prediction of its blend, **Tekstil ve Konfeksiyon 28**(1): 14-20.

50. Altun, Ş., 2016. Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu.“Tekstil Geri Kazanım Sektörü Raporu”. Uşak, 29 s.

51. Sandin, G., Peters, G.M., 2018. Environmental impact of textile reuse and recycling - A review. **Journal of Cleaner Production, 184**, 353-365.

52. Güngör, A., Palamutçu, S. ve İkiz, Y., 2009. Pamuklu Tekstiller Ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi, **Tekstil Ve Konfeksiyon, 19**(3): 197-205.

53. Ütebay, B., 2017. Konfeksiyon Atıklarının Geri Kazanımı Ve Katma Değerli Ürün Eldesinde Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 149 s.

54. Muthu, S.S., Li, Y., Hu, J.Y., Ze, L., 2012. Carbon Footprint Reduction in the Textile Process Chain: Recycling of Textile Materials, **Fibers and Polymers, 13**(8): 1065-1070.

55. Eryuruk, S.H., 2012. Greening of the Textile and Clothing Industry, Fibres & **Textiles in Eastern Europe, 95**(6): 22-27.

56. Hagoort, S., 2013. Evaluating the impact of closed loop supply chains on Nike’s environmental performance and costs, MSc thesis, Operations Management and Logistics at Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 55 pp.

57. Türemen, M., Demir, A., Özdoğan, E., 2019. Tekstil Endüstrisi İçin Geri Dönüşüm ve Önemi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25**(7): 805-809.

58. Hasani H., Tabatabaei S.A.., 2011. Optimizing the Spinning Variables to Reduce the Hairiness of Rotor Yarns Produced from Waste Fibers Collected from Ginning Process, **Fibres & Textiles in Eastern Europe, 19** (86), 21-25.

59. Kaplan S., Göktepe Ö., 2006. Investigation into navel selection for rotor spinning machine using cotton waste, **Fibres & Textiles in Eastern Europe, 14**(3):57

60. Wang H, Memon H, Abro R, Shah A., 2020. Sustainable approach for mélange yarn manufacturers by recycling dyed fibre waste. **Fibres & Textiles in Eastern Europe, 28**, 3(141): 18-22.

61. Kurtoğlu Necef Ö., Seventekin N., Pamuk M., 2013. A study on recycling the fabric scraps in apparel manufacturing industry, **Tekstil ve Konfeksiyon, 23**(3):286-289.

62. Halimi, M.T., Hassen, M.B. and Sakli, F., 2008. Cotton waste recycling: Quantitative and qualitative assessment, Resources, **Conservation and Recycling, 52**(5): 785-791.

63. Radhakrishnan S., Kumar S., 2018. Recycled cotton from denim cut waste, in book: sustainable innovations in recycled textiles, pp.53-82.

64. Pınarlık, G. ve Şenol, M.F., 2012. İkinci kullanım tekstil liflerinden yapılan open-end rotor ipliklerinin özellikleri, I. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak. 169-174.

65. Özdil N., Özçelik G., 2006. Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Test Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma, **Tekstil ve Konfeksiyon, 3**: 174-179.

66. Marmaralı A., Kadoglu H., Oglakcioglu N., Celik P., Blaga M., Ursache M., Loghin C., 2009. Thermal Comfort Propertıes of Some New Yarns Generatıon Knitted Fabrics, Autex World Textile Conference, Izmir 75-81.

67. Kaynak H.K., Çelik H.İ., 2018. Thermophysiological comfort and performance properties of knitted fabrics produced from different spinning technologies, **The Journal of The Textile Institute, 109**(4): 536.

68. Küçükali Öztürk M., Nergi B., Candan C., 2010. A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics, **Textile Research Journal, 81**(3): 324.

69. Marmaralı, A., Özdil, N., Dönmez, Kretzschmar, S., Gülsevin, Oğlakcıoğlu, N., 2006. Giysilerde ısıl konforu etkileyen parametreler, **Tekstil ve Konfeksiyon, 4**: 241-246.

70. Marmaralı A., Oğlakcıoğlu N., 2013. Giysilerde Isıl Konfor, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1957-1963.

71. Nayak, R., Kanesalingam, S., Houshyar, S., Wang, L., Padhye, R., Vijayan, A., 2018. Evaluation of thermal, moisture management and sensorial comfort

properties of superabsorbent polyacrylate fabrics for the next-to-skin layer in firefighters' protective clothing, **Textile Research Journal, 88**(9):1077–1088.

72. Houshyar S., Padhye R., Troynikov, O., Nayak, R., Ranjan, S., 2015. Evaluation and improvement of thermo-physiological comfort properties of firefighters' protective clothing containing super absorbent materials, **Journal of the Textile Institute, 106**(12):1-9 106(12):1394–1402.

73. Frydrych I., Dziworska G., Bilska J., 2002. Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibers, **Fibers & Textiles in Eastern Europe.10**(4):40-44.

74. Holcombe, B.V., Hoschke, B.N., 1983, Dry Heat Transfer Characteristics of Underwear Fabrics. **Textile Research Journal,** 368-374.

75. Masood R., Jamshaid H., Khubaib M.A., 2020, Development of knitted vest fabrics for human body thermoregulation, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 139**(3): 159-167.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Gökhan ALP

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Tarihi**
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	Yıl
Lisans	Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2011
Lise	Sümer Lisesi(YDA), Kayseri	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2011-Halen	BOYTEKS Tekstil A.Ş.	11
2010-2011	Biesseci Bursa Tekstil	1

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR