

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OPEN END GERİ DÖNÜŞÜM AKRİLİK İPLİKTEN ELDE EDİLEN
KAZAKLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN PBT VE GİPE İPLİKLERİN
İLAVESİNİN ETKİSİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEMRE NUR KUYUCAK

**OCAK 2020
UŞAK**

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OPEN END GERİ DÖNÜŞÜM AKRİLİK İPLİK TEN ELDE EDİLEN
KAZAKLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN PBT VE GİPE İPLİKLERİN
İLAVESİNİN ETKİSİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEMRE NUR KUYUCAK

UŞAK 2020

Cemre Nur KUYUCAK tarafından hazırlanana open end geri dönüşüm akrilik iplikten elde edilen kazakların performans özelliklerinin PBT ve gipe ipliklerinin ilavesinin etkisi ile birlikte incelenmesi adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

Tez Danışmanı, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Özlem KAYACAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Dokuz Eylül Üniversitesi

Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Bahar TİBER

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Tarih: 10/01/2020

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Cemre Nur KUYUCAK

**OPEN END GERİ DÖNÜŞÜM AKRİLİK İPLİKTE ELDE EDİLEN
KAZAKLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN PBT VE GİPE İPLİKLERİN
İLAVESİNİN ETKİSİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Cemre Nur KUYUCAK

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2020

ÖZET

Bu çalışmanın amacı open end geri dönüşüm akrilik iplikten üretilen kazakların performans özelliklerini orijinal akrilik iplikten üretilen benzer kazaklar ile elastik PBT ve gipe ipliklerin etkisini de göz önüne alarak incelemektir. Bu amaçla, geri dönüşüm ve orijinal akrilik iplik tipleri ile uzun ve kısa olmak üzere iki farklı ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik PBT ve gipe iplikler ilave ederek 12 farklı kumaş tipi üretilmiştir. Elastik iplik ilavesi ve tipinin, geri dönüşüm ve orijinal akrilik lif tipinin ve ilmek iplik uzunluğunun kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkisi de ANOVA istatistikî metodu kullanılarak incelenmiştir. Kumaşların performans özellikleri olarak, kumaş yapısal parametreleri (ilmek sıklıkları, gramaj ve kalınlık), hava geçirgenlik değerleri, ısı konfor özellikleri (ısı iletkenlik, ısı direnç ve ısı soğurganlık), su buharı geçirgenliği, patlama mukavemeti, aşınma dayanımı, boncuklanma ve esneklik değerleri ölçülmüştür.

Deneysel ve istatistikî sonuçlardan elastik iplik ilavesi ve tipinin, geri dönüşüm veya akrilik lif tipinin ve ilmek iplik uzunluğunun kumaşların tüm performans sonuçları üzerindeki etkileri istatistikî olarak önemli bulunmuştur.

Gipe iplik ilaveli kumaşlar en yüksek ilmek yoğunluk, gramaj, kalınlık, ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık, aşınma dayanımı, çubuk yönü uzama sonuçları, buna karşın en düşük hava ve su buharı geçirgenlik sonuçları göstermiştir. Gipe iplik ilaveli

kumaşları daha sonra PBT iplik ilaveli kumaşlar izlemiştir. En yüksek patlama mukavemeti ve en az boncuklanma eğilimi sonuçları PBT iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir.

Deneysel sonuçlardan geri dönüşüm ve akrilik lif tiplerinin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, geri dönüşüm akrilik kumaşlar orijinal akrilik kumaşlardan daha yüksek kalınlık, ısı direnç, aşınma dayanımı, boncuklanma eğilimi ve sıra yönü uzama sonuçları, buna karşın daha düşük patlama mukavemeti sonuçları göstermiştir. Diğer performans özelliklerinde ise geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde davranış sergilemiştir.

Tüm deneysel sonuçlar orijinal akrilik iplikler kadar geri dönüşüm akrilik ipliklerinin de kabul edilebilir kalitedeki kazakların üretiminde kullanılabileceğini ve geri dönüşüm ipliklerin gipe ve PBT elastik iplikler ile birlikte kullanılması ile kazakların kalitesi ve performans özelliklerinin artırılabilceğini ve kazaklara bazı avantajlı özelliklerin kazandırılabilceğini göstermiştir.

Bilim Kodu : 621.91.02

Anahtar Kelimeler : Tekstil atıkları, geri dönüşüm akrilik lif, orjinal akrilik lif, open end iplik, kumaş performans özellikleri, PBT iplik, gipe iplik, elastik iplik

Sayfa Adedi : 127

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

**INVESTIGATION OF PERFORMANS PROPERTIES OF SWEATERS MADE
FROM OPEN END RECYCLED ACRYLIC YARN TOGETHER WITH THE
EFFECT OF ADDITION OF PBT AND GIMPED YARNS**

(M.Sc. Thesis)

Cemre Nur KUYUCAK

**UNIVERSITY OF UŞAK
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

January 2020

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the performance properties of the sweaters made from the open end recycled acrylic yarn with those of the similar sweaters made from the open end virgin acrylic yarn, together with the influence of incorporated elastic PBT and gimped yarns. For the study purpose, 12 different plain knitted fabric types were produced by using two recycled and virgin acrylic yarn types and two stitch length levels combining with no elastic yarn and with PBT and gimped yarns together. The effects of the elastic yarn addition and type, the fibre type (being recycled acrylic or virgin acrylic) and the stitch length on the performance properties of the fabrics are also evaluated using ANOVA statistical analysis method. As performance properties of the fabrics, fabric structural parameters (stitch density values, mass and thickness), air permeability values, thermal comfort properties (thermal conductivity, thermal resistance and thermal absorptivity), water vapour permeability, bursting strength, pilling, abrasion resistance and extension values are considered.

From both the experimental and statistical results, it is shown that the elastic yarn addition and type, recycled and virgin acrylic fibre type and stitch length parameters affect all the performance properties of the fabrics significantly. The fabrics with the gimped yarn show the highest stitch density, mass, thickness, thermal conductivity, thermal resistance,

thermal absorptivity, abrasion resistance and walewise extension results, followed by the fabrics with the PBT yarn. The highest bursting strength and the lowest pilling tendency results are obtained for the fabrics with the PBT yarn.

When the experimental results are examined in terms of the effect of the recycled and virgin acrylic fibre types on the performance properties of the fabrics, the recycled acrylic fabrics exhibit higher thickness, thermal resistance, abrasion resistance, pilling tendency and coursewise extension results and lower bursting strength results than the virgin acrylic fabrics. The recycled and virgin acrylic fabrics reveal different tendency for the other performance properties according to the elastic yarn addition and type.

All the results reveal that as well as virgin acrylic fibre, recycled acrylic fibre can be used in the production of sweaters in acceptable quality and when recycled yarns are used together with with gimped and PBT elastic yarns, the quality and performance properties of sweaters can be increased and some advantageous properties can be gained to sweaters.

Science Code: 621.91.02

Keywords: Textile wastes, recycled acrylic fibre, virgin acrylic fibre, open end yarn, fabric performance properties, sweaters, PBT yarn, gimped yarn, elastic yarn

Number of Page: 127

Supervisor: Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, bilgi birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen değerli danıőman hocam Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

İpliklerin temin edilmesini sağlayan Birlik Yün İplik'e ve Selçuk İplik'e, kazakların örülmesini sağlayan Bello Tekstil'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

İpliklerin temini sırasında yardımını esirgemeyen İbrahim Aplak ve kazakların örülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Mustafa Kozak arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin gerçekleőtirilmesi sırasında bütçe desteği sağlayan Uşak Üniversitesi Bilimsel Araőtırmalar Birimi'ne teőekkürlerimi arz ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca anlayıő ve desteğini eksik etmeyen çok değerli eőim Halil İbrahim Kuyucak'a sonsuz teőekkürler. Beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek Şekilde yetiőtirerek getiren, maddi ve manevi destekleriyle beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan bu hayattaki en büyük Őansım olan aileme sonsuz teőekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
RESİMLER LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE DAHA ÖNCE YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR	6
2.1 Tekstil Geri Dönüşümü Hakkında Genel Bilgiler	6
2.1.1 Atık Kavramının Tanımı	6
2.1.2 Geri Dönüşüm Kavramının Tanımı	6
2.1.3 Geri Dönüşümü En Çok Yapılan Malzemeler ve Ürünler	7
2.1.4 Tekstil Atıklarının Geri Dönüşümün Sağladığı Avantajlar	7
2.1.5 Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümde Kullanılan Yöntemler	7
2.1.6.1 Tekstil Atıklarının Sınıflandırılması	9
2.1.6.2 Kumaş Kesme İşlemi	11
2.1.6.3 Lif Açma İşlemi	11
2.1.6.4 Geri Dönüşüm Liflerin İplik Üretiminde Kullanılması	12
2.2 Akrilik (Poliakrilonitril) Lifleri Hakkında Genel Bilgiler	14
2.2.1 Akrilik Liflerinin Üretimi	14
2.2.2 Akrilik Lifinin Yapısı	16
2.2.3 Akrilik Liflerinin Genel Özellikleri	17
2.2.4 Akrilik Liflerinin Uygulama Alanları	19
2.3 Gipe ve PBT Elastik İplikler Hakkında Genel Bilgiler	19

	Sayfa
2.3.1 Gipe iplik ve Elastan Lifleri Hakkında Genel Bilgiler.....	20
2.3.1.1 Elastan Liflerinin Yapısı	20
2.3.1.2 Elastan Liflerinin Üretimi ve Kimyasal Yapısı.....	22
2.3.1.3 Elastan Liflerinin Özellikleri.....	23
2.3.1.4 Elastan Liflerinin Uygulama Alanları	24
2.3.2 PBT (Polibütilen tereftalat) Lifleri Hakkında Genel Bilgiler.....	24
2.3.2.1 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Üretimi	24
2.3.2.2 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Yapısı	25
2.3.2.3 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Özellikleri.....	26
2.3.2.4 PBT Liflerinin Uygulama Alanları	27
2.4 Konu ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Deneysel Çalışmalar	27
2.4.1 Pamuk İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kumaşların Performans Özellikleri İle İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar	28
2.4.2. Yün İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar.....	31
2.4.3 Akrilik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar.....	31
2.4.4 Yapısında Elastan İçeren Örme Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar	32
2.4.5 PBT İplik İçeren Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar	35
3. MATERYAL VE METOD	37
3.1 Kumaşların Üretilmesinde Kullanılan İplik Tipleri ve Özellikleri	37
3.2 Kullanılan Düz Örme Makinesinin Özellikleri.....	38
3.3 Üretilen Örme Kumaş Tipleri ve Deney Planı.....	39
3.4 Kumaşlara Uygulanan Relaksasyon İşlemleri	40
3.5 Kumaşların Sıklık Değerlerinin Belirlenmesi.....	40
3.6 Kumaşların Eni ve Boyu Yönünde Meydana Gelen Çekme Miktarının Belirlenmesi	40
3.7 Kumaşların İlmek İplik Uzunluk Değerlerinin Belirlenmesi	41

	Sayfa
3.8 Kumaşların Gramaj Değerlerinin Ölçülmesi	41
3.9 Kumaşların Kalınlık Değerlerinin Ölçülmesi	42
3.10 Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Ölçülmesi.....	42
3.11 Kumaşların Isıl Özelliklerinin Ölçülmesi	43
3.12 Kumaşların Su Buharı Geçirgenliği Değerlerinin Ölçülmesi	45
3.13 Kumaşların Patlama Mukavemeti Değerlerinin Ölçülmesi	45
3.14 Kumaşların Aşınma Dayanımlarının Ölçülmesi.....	46
3.15 Kumaşların Boncuklanma Değerlerinin Ölçülmesi	47
3.16 Kumaşların Esneklik Değerlerinin Ölçülmesi	47
3.17 Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler	48
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	50
4.1 Kumaşların Yapısal (Boyutsal) Özelliklerine Ait Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	50
4.1.1 Kumaşların Sıklık Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	50
4.1.2 Kumaşların Gramaj Sonuçları ve Değerlendirilmesi	57
4.1.3 Kumaşların Kalınlık Sonuçları ve Değerlendirilmesi	61
4.2 Kumaşların Hava Geçirgenlik Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	64
4.3 Kumaşların Alambeta Isıl Özelliklerine Ait Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi 68	
4.3.1 Kumaşların Isıl İletkenlik Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	69
4.3.2 Kumaşların Isıl Direnç Sonuçları ve Değerlendirilmesi	71
4.3.3 Kumaşların Isıl Soğurganlık Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	75
4.4 Kumaşların Permetest Bağlı Su Buharı Geçirgenliği ve Su Buharı Direnci Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	78
4.5 Kumaşların Patlama Mukavemeti Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	81
4.6 Kumaşların Aşınma Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	85
4.7 Kumaşların Boncuklanma Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	89
4.8 Kumaşların Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	91
4.8.1 Kumaşların Çubuk Yönündeki Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	92
4.8.2 Kumaşların Sıra Yönündeki Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi	94

5. SONUÇ.....	97
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	109



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Akrilik liflerinin genel özellikleri [3, 6].....	17
Çizelge 2.2 Elastan liflerinin genel özellikleri [30].....	23
Çizelge 2.3 Spandeks ve poliester lifleri ile karşılaştırmalı olarak PBT liflerinin genel özellikleri [2, 7]	26
Çizelge 3.1 Geri dönüşüm ve akrilik ipliklerin fiziksel özellikleri	38
Çizelge 3.2 Üretilen kumaş tipleri ve deney planı.....	39
Çizelge 3.3 Kumaşların ilmek iplik uzunluk değerleri.....	41
Çizelge 3.4 Boncuklanma değerlendirme skalası [70]	47
Çizelge 4.1 Kumaşların sıklık sonuçları.....	50
Çizelge 4.2 Yıkama sonrası kumaş sıklıkları ile kumaş eni ve boyunda meydana gelen değişim miktarlarına ait sonuçlar	52
Çizelge 4.3 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ilmek yoğunluk değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	57
Çizelge 4.4 Kumaşların gramaj sonuçları.....	58
Çizelge 4.5 Yıkama sonrası kumaş gramaj değişim miktarlarına ait sonuçlar.....	58
Çizelge 4.6 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların gramaj değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	61
Çizelge 4.7 Kumaşların kalınlık sonuçları	61
Çizelge 4.8 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları.....	64
Çizelge 4.9 Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları	64
Çizelge 4.10 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	67
Çizelge 4.11 Kumaşların Alambeta ısı özellik sonuçları	68
Çizelge 4.12 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı iletkenlik değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	71
Çizelge 4.13 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı direnç değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları.....	74

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısıtılma soğurganlık değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	77
Çizelge 4.15 Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci sonuçları	78
Çizelge 4.16 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	81
Çizelge 4.17 Kumaşların patlama mukavemeti sonuçları	82
Çizelge 4.18 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların patlama mukavemeti değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	84
Çizelge 4.19 Aşınma dayanımı için aşınma devirleri (5000, 10000, 15000 ve 20000 devir) sonrasında kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarlarına ait sonuçlar.....	85
Çizelge 4.20 Kullanılan malzeme tipinin 20000 aşınma devrinden sonra kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarları üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları.....	88
Çizelge 4.21 Kumaşların boncuklanma sonuçları	89
Çizelge 4.22 Esneklik için kumaşların çubuk ve sıra yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar	92
Çizelge 4.23 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	94
Çizelge 4.24 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları	96

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Geri dönüşüm şeması [14].....	7
Şekil 2.2 Mekanik geri dönüşüm akış şeması [1].....	8
Şekil 2.3 Tekstil atıklarının geldiği kaynağa göre sınıflandırılması [1].....	10
Şekil 2.4 Open end iplik eğirme ünitesi [26].....	13
Şekil 2.5 Akrilonitril ve Poliakrilonitrilin kimyasal yapısı [29].....	15
Şekil 2.6 Akrilik lifi yapısındaki hidrojen bağları [2].....	16
Şekil 2.7 Akrilik lifi enine kesit şekilleri a) dairesel b) böbrek-fasulye c) kemik [2].....	16
Şekil 2.8 Gipe iplik yapısı [2].....	20
Şekil 2.9 Elastan polimer zincirindeki sert ve yumuşak bölgeler [2].....	21
Şekil 2.10 Elde edilen polieter ve poliester esaslı poliüretanın kimyasal yapısı [30].....	22
Şekil 2.11 PET ve PBT liflerinin molekül yapısı [7].....	25
Şekil 2.12 PBT polimerizasyon işlemi [6].....	25
Şekil 4.1 Kumaşların çubuk sıklık sonuçları.....	51
Şekil 4.2 Kumaşların sıra sıklık sonuçları.....	51
Şekil 4.3 Kumaşların ilmek yoğunluk sonuçları.....	51
Şekil 4.4 Kumaşların gramaj sonuçları.....	57
Şekil 4.5 Kumaşların kalınlık sonuçları.....	62
Şekil 4.6 Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları.....	65
Şekil 4.7 Kumaşların ısı iletkenlik sonuçları.....	69
Şekil 4.8 Kumaşların ısı direnç sonuçları.....	72
Şekil 4.9 Kumaşların ısı soğurganlık sonuçları.....	75
Şekil 4.10 Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği sonuçları.....	79
Şekil 4.11 Kumaşların patlama mukavemeti sonuçları.....	81
Şekil 4.12 Aşınma dayanımı için aşınma devirleri (5000, 10000, 15000 ve 20000 devir) sonrasında kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarlarına ait sonuçlar.....	86
Şekil 4.13 Kumaşların boncuklanma sonuçları.....	89
Şekil 4.14 Çubuk yönündeki esneklik için kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar.....	92

Şekil 4.15 Esneklik için kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar..... 95



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1 Balkan marka kumaş kesim makinası [20].....	11
Resim 2.2 Balkan Firmasına ait DT 30 Şifanoz makinası [21].....	12
Resim 2.3 Befama firmasına ait garnet lif açma makinası [22]	12
Resim 2.4 OE iplik tesisi genel görünümü [24] ve bobinleme ünitesi [25] (a) Genel görünüm (b) Bobinleme ünitesi)	13
Resim 2.5 Open end iplik eğirme ünitesi resmi [27].....	14
Resim 3.1 Kumaşların üretiminde kullanılan düz örme makinası.....	39
Resim 3.2 Prowhite kalınlık ölçüm test cihazı	42
Resim 3.3 Airtest II hava geçirgenliği test cihazı.....	42
Resim 3.4 Alambeta ısı özellikler ölçüm test cihazı	43
Resim 3.5 Permetest su buharı geçirgenliği test cihazı [68].....	45
Resim 3.6 Lawson Hemphill patlama mukavemeti test cihazı.....	46
Resim 3.7 Martindale boncuklanma ve aşındırma test cihazı	46
Resim 3.8 Zwick Roell Z010 mukavemet test cihazı.....	48

1 GİRİŞ

Tekstil sektörü hammadde, su, enerji ve kimyasal maddeyi yüksek miktarlarda tüketen endüstri dallarından birisini oluşturmaktadır. Bu bakımdan, tekstil mamullerinin üretimi her geçen gün doğal kaynaklarımızın ve enerji kaynaklarımızın önemli ölçüde azalarak tükenmesine neden olduğu gibi, aynı zamanda birçok çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Tekstil katı atıklarının yeni ürünler olarak geri dönüştürülerek ekonomiye kazandırılması bahsedilen sorunların çözümündeki en etkili yollardan birisini oluşturmaktadır. Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi ucuz hammadde kaynağı sağlanması, enerji tasarrufu, çevre kirliliğinin önlenmesi, çöp alanlarının azaltılması, doğal kaynakların korunması, yeni iş alanlarının oluşturulması, istihdam sağlanması vs. gibi pek çok ekonomik, ekolojik ve sosyal faydalar sağlamaktadır [1]. Geri dönüşüm stratejileri ve düzenlenen çevre yasaları ile de tekstil katı atıklarının geri dönüşümü son zamanlarda desteklenmektedir.

Kullanılan tekstil atık malzemesi tipine bağlı olarak, tekstil katı atıklarının geri dönüşümü mekanik, kimyasal ve ısıl metotlar kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir [1]. Lif yumağı, iplik parçası ve kumaş kırıntısı şeklindeki tekstil atıkları yaygın olarak basit ve ucuz olması nedeni ile mekanik geri dönüşüm metodu kullanılarak geri dönüştürülmektedir. Bu yöntemde tekstil atıkları öncelikle renklerine ve hammadde içeriklerine göre sınıflandırılmakta, daha sonra kesilerek küçük parçalar haline getirilmekte ve en son olarak da şifanoz ve garnet olarak adlandırılan üzeri lif açıcı tellerle kaplı tarak benzeri açma makinalarında lif haline getirilmektedir.

Tekstil atıklarının sınıflandırılması belli özelliklerde iplik elde edebilmek için önemlidir. Sınıflandırma genellikle renk ve hammadde içeriğine göre yapılmaktadır. Geri dönüşüm sektöründe tekstil atıkları hammadde içeriğine göre genellikle pamuk, akrilik ve yün içeren tekstil atıkları olarak sınıflandırılmaktadır.

İlk olarak Dupont tarafından 1944 yılında Orlon ticari ismi altında tanıtılan ve kimyasal yapısında en az % 85 oranında akrilonitril içeren akrilik lifleri poliesterden sonra en çok kullanılan sentetik lif türüdür. Akrilik lifleri görünüm, özellik ve tuşe bakımından yüne benzemektedir. Kolay yıkanabilme, şeklini koruma, güveye, yağa ve kimyasallara karşı

dayanıklılık, yüksek haslıkta parlak renklere boyanabilme, güneş ışığına karşı yüksek haslık, yüne benzeyen görünüm ve tutum, kılcallık ve hızlı kuruma gibi avantajlı özelliklerinden dolayı triko, fantezi iplik, döşemelik, halı, kilim, battaniye, çorap ve pelüş kumaş vs. gibi gibi pek çok üst giyim, ev tekstili, otomobil, dış mekan uygulamaları ve endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [2-5].

Yüksek miktarlarla tüketildiği için yüksek miktarlarda akrilik atıkları meydana gelmektedir. Özellikle pamuk içeren atıklardan sonra, ençok yün ve akrilik içeren tekstil atıklarının geri dönüşümü yapılmaktadır. Akrilik içeren tekstil atıkları pamuk atıklarında olduğu gibi yaygın olarak mekanik geri dönüşüm yöntemi ile açılarak lif haline getirilmektedir. Lif haline getirilmiş akrilik atıklarının iplik haline getirilmesinde düşük kalitedeki lifler ile işlem yapılmasına olanak sağlayan ve yine geri dönüşüm sektöründe yaygın olarak kullanılan open end iplik eğirme sistemi kullanılmaktadır.

Akrilik lifleri hem kısa hem de uzun lif iplikçiliğinde kullanılabilir. Bu bakımdan, akrilik liflerinin lif uzunluğu kullanım yerine göre, 25-150 mm arasında değişebilmektedir [2, 6]. Genellikle yün lifleri yerine kullanıldığı için akrilik lifleri yaygın olarak uzun lif iplikçiliğinde daha çok kullanılmaktadır. Uzun lif iplikçiliğine uygun olarak akrilik lifleri yaklaşık 50-150 mm uzunlukta üretilmektedir. Bu nedenle, mekanik geri dönüşüm yönteminde mekanik işlemler her ne kadar liflere zarar verse de geri dönüşüm akrilik lifleri geri dönüşüm pamuk liflerinden daha uzundur.

Pamuk ve akrilik liflerinin lif incelikleri karşılaştırıldığında akrilik lifleri pamuk lifi kadar ince üretilmemektedir. Pamuk liflerinin inceliği metrik numara cinsinden Nm 5000 ile 7000 (0,5-0,7 dtex) arasında değişmektedir [2]. Akrilik liflerinin lif incelikleri ise 0,8 (mikro)-17 dtex arasında değişen değerlerde üretilmektedir. 6,6 dtex-17 dtex arasındaki değerler daha çok halı üretimi için kullanılmakta olup [5], akrilik liflerinin lif incelikleri ise yaygın olarak 1-7 dtex arasında değişmektedir [6]. Bu değerler pamuk lif inceliklerinin kat kat üstündedir. Open end iplik üretim sistemi pamuk gibi ince ve kısa liflerin eğrilmesine daha uygun olduğu için, geri dönüşüm akrilik liflerinin uzun ve kalın yapısı open end iplik sisteminde üretilen ipliğin numarasını sınırlamaktadır. Geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 kullanılması ile genelde Nm 10-15 (Ne 6-9) arasındaki numaralarda open end iplik üretilmektedir. Kalın numaralardaki geri dönüşüm akrilik iplikler halı, kilim, battaniye, çorap gibi kalın numara iplik kullanımı gerektiren ürünlerde kullanılabilir. Geri dönüştürülmüş liflerden elde edilen bu nispeten kalın iplikleri üst giyim gibi daha kaliteli

ürünler içinde kullanmak mümkündür. Bu nedenle, daha yüksek kalitedeki yeni uygulama alanları için daha çok araştırma geliştirme yapılması gerekmektedir.

Mevcut üretim kapasitesini arttırabilmesi, daha geniş bir kullanım alanına hitap edebilmesi ve ürün çeşitliliğini artırabilmesi ve katma değer yaratabilmesi için, bu sektörde daha kaliteli, estetik görünümü olan ve belli fonksiyonel özelliklere sahip ürünler geliştirilmesi oldukça önemli hale gelmektedir.

Özellikle son yıllarda kumaşlara sağladığı avantajlı fiziksel ve estetik özelliklerden dolayı elastik lifler giysilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özel moleküler yapıya sahip polimerlerden elde edilen elastik liflerin en önemli karakteristik özelliği kuvvet etkisi altında kopmadan belli bir dereceye kadar uzama göstermesi ve kuvvet ortadan kalktığında yapısında bozulma olmadan tekrar eski haline geri dönebilmesidir. Esnek yapısı ile elastik lifler hareket özgürlüğü sağlamakta, buruşmayı önlemekte, giyim sırasında oluşabilecek deformasyonları veya potlukları önlemekte ve giysinin vücudu sararak şekil almasını sağlamaktadır. Elastik lifler bu özellikleri ile kullanıldığı ürünlere rahatlık, vücuda uyum ve hareket özgürlüğü gibi özellikler katmaktadır [2, 7].

Elastik lif olarak spandeks veya likra gibi geleneksel elastan lifler çok uzun zamandır ticari olarak kullanılmaktadır. Elastan lifleri yalın (çıplak) halde kullanılabildiği gibi, lif yapısının zarar görmemesini sağlamak, kumaş yüzeyinde görünmesini engellemek, farklı özellikler kazandırmak vs. gibi nedenlerden dolayı elastan lifleri değişik iplikler ile kombine edilerek kullanılabilmektedir. Normal ipliklere yüksek elastomerik özellikler kazandırmak amacıyla ipliğin elastan ile birleştirilmesi ile elde edilen ipliğe gipe ipliği denmektedir. Gipe iplikte basınçlı hava yardımı ile tekstüre iplikler elastanla birleştirilmektedir [2, 8].

Elastan içerikli iplikler dışında, elastik özellikli iplik olarak son zamanlarda yeni jenerasyon poliester lifleri kullanılmaktadır. PBT (poliüretan teraftalat) lifleri yüksek uzama ve elastikiyete sahip tekstüre poliester filament ipliklerdir. PBT iplikler örme ve dokuma kumaşlarda elastan ipliklere alternatif olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Yüksek elastikiyet özellikleri yanında PBT ipliklerin diğer öne çıkan en önemli özellikleri hacimli ve kıvrımlı olması, kimyasallara karşı dayanıklı olması ve iyi boyanma özellikleridir. Boyama sonucunda, canlı ve parlak renkler elde edilmekte olup, renk haslık değerleri de yüksektir. Ayrıca PBT lifi hem yaş ve kuru halde elastikiyet özelliği göstermekte ve elastikiyet özelliği sıcaklık değişiminden etkilenmemektedir [7, 9].

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı, geri dönüşüm akrilik tekstil atıklarının %100 olarak kullanılması ile elde edilen open end geri dönüşüm akrilik iplikten iki farklı sıklık değerlerinde örülen düz örgü kazakların performans özelliklerini elastik özelliklerdeki gipe ve PBT ipliklerin ilavesinin etkisi ile birlikte orijinal akrilik iplikten yapılan benzer kazakların özellikleri ile karşılaştırmalı olarak incelemektir. Orijinal ipliklerde olduğu gibi geri dönüşüm ipliklerin de kullanıcıların beklentileri karşılayacak kalite, görünüm ve performans özelliklerinde olması gerekmektedir. Geri dönüşüm yapılarak elde edilen ürünlerin iç ve dış pazarlarda yer edinebilmesi için kumaşların sıklık, ağırlık, mukavemet, aşınma, boncuklanma, esneklik, ısı iletim, su buharı geçirgenliği gibi kumaşların fiziksel ve ısı konfor ile ilgili performans özellikleri önemli hale gelmektedir. Literatürde ve geri dönüşüm iplik sektöründe geri dönüşüm akrilik lifi içeren örgü kumaşların boyutsal, fiziksel ve konfor gibi tüketici için önemli olan özellikleri hakkında bizim bildiğimiz kadarı ile literatürde hemen hemen hiçbir bilgi bulunmamaktadır. Bu şekilde, teknolojik yaklaşım kullanılarak, geri dönüşüm akrilik ipliğin ve bu iplikten üretilen kazak, süeter, hırka vs. gibi örme kumaşların performans özelliklerinin ortaya çıkarılarak literatüre ve geri dönüşüm sektörüne katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Yine bu çalışmanın diğer bir amacı da elastik özelliklere sahip gipe ve PBT ipliklerin geri dönüşüm akrilik iplik ile birlikte kullanılabilirliğini ve bu elastik ipliklerin geri dönüşüm örme kazakların performanslarına kazandırdıkları özellikleri araştırmaktır. Bu şekilde geri dönüşüm akrilik iplikleri ile ilgili düşük kalitede ürün üretimi imajının ortadan kaldırılmasına, bu ipliklerin kullanım alanının genişletilmesine, ürün çeşitliliğinin artırılmasına ve elde edilen ürünün pazarda bir adım öne geçerek katma değer yaratmasına da katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışması aşağıda verildiği gibi beş bölümden oluşmaktadır.

Tezin ‘Giriş’ kısmını oluşturan ilk bölümünde konunun tanıtımı, konunun önemi, tezin amacı, kullanılan yaklaşım ve kullanılan yöntemlerin ana hatları ve yapılan çalışmanın özeti verilmiştir.

‘Konu ile İlgili Genel Bilgiler ve Daha Önce Yapılan Deneysel Çalışmalar’ olarak verilen tezin ikinci bölümünde tekstil atıklarının geri dönüşümü ile ilgili genel bilgiler, akrilik, elastan ve PBT liflerin yapısı ve özellikleri ile ilgili genel bilgiler, geri dönüşüm open end iplik kalite özellikleri ve bu ipliklerden elde edilen kumaşların performans

özellikleri ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar yanında elastan ve PBT iplikler içeren kumaşların performans özellikleri ile ilgili önceki çalışmalar ele alınmıştır.

‘Materyal ve Metot’ olarak verilen üçüncü bölümde kazakların üretilmesinde kullanılan iplik tipleri ve özellikleri, üretilen kazak tipleri, kazakların üretilmesinde kullanılan makineler ve özellikleri, üretilen kumaşların performans özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan testler, test cihazları ve uygulanan test metotları verilmiştir.

‘Bulgular ve Tartışma’ kısmını içeren tezin dördüncü bölümünde test ölçümleri sonucunda elde edilen deney bulguları tablo ve grafiksel olarak sunulmuş, geri dönüşüm ve orijinal akrilik lif tipleri ile gipe ve PBT ipliklerin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkileri istatistiksel yöntemler yardımı ile tartışılmıştır.

Son olarak ‘Sonuç’ bölümünde ise elde edilen deney sonuçları özetlenmiştir.

2 KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE DAHA ÖNCE YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada geri dönüşüm akrilik iplikten elde edilen düz örgü kazakların performans özellikleri elastik özelliklerdeki gipe ve PBT ipliklerin ilavesinin etkisi ile birlikte orijinal akrilik iplikten yapılan benzer kazakların özellikleri ile karşılaştırmalı olarak incelendiği için bu bölümde geri dönüşüm, akrilik lifleri, gipe iplik, elastan lifleri ve PBT lifleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Konu ile ilgili verilen genel bilgilerden sonra geri dönüşüm ipliklerden üretilen kumaşların performans özelliklerini içeren daha önce yapılan çalışmalar ile elastan ve PBT iplikler içeren kumaşların performans özellikleri ile ilgili yapılan önceki çalışmalar ele alınmıştır.

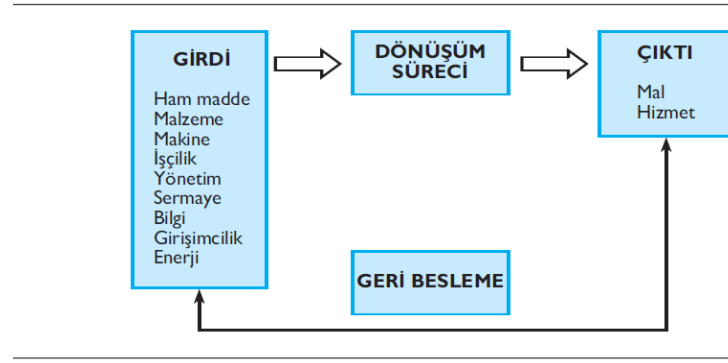
2.1 Tekstil Geri Dönüşümü Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1 Atık Kavramının Tanımı

Atık genel olarak üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü madde olarak tanımlanmaktadır [10]. Atık basit olarak ihtiyaç duyulmayan ve uzaklaştırılmak istenen her tür maddeyi kapsamaktadır. Atık ile çöp birbirinden farklı ve karıştırılmaması gereken kavramlardır. Çöp bertaraf edilmesi gereken artık maddeler için kullanılırken, atık içerdiği maddelerin ayrıştırılması ve özelliklerine göre geri dönüşüm veya geri kazanım işlemlerine tabi tutulması gereken, ülke ekonomisine katma değer sağlayabilecek malzemeler için kullanılmaktadır [11].

2.1.2 Geri Dönüşüm Kavramının Tanımı

İnsanoğlu tarafından meydana getirilen yeniden değerlendirilme olanağı olan atıkların çeşitli fiziksel veya kimyasal işlemlerden geçirilerek ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesine geri dönüşüm denmektedir [12-13]. Geri dönüşüm süreci genel olarak Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Geri dönüşüm şeması [14]

2.1.3 Geri Dönüşümü En Çok Yapılan Malzemeler ve Ürünler

Atık olarak değerlendirilen maddelerin çoğu geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır. Geri dönüşümü en çok yapılan malzeme gruplarını metal (demir, çelik, bakır, alüminyum, kurşun), beton, plastik, kağıt, cam, kauçuk, motor ve atık yağları, ürün gruplarını ise akümülatörler, araç lastikleri, ambalaj atıkları, röntgen filmleri, elektronik atıklar ve organik atıklar oluşturmaktadır [12]. Tekstil sektörü ile ilgili geri dönüşüm çalışmaları daha çok üretim süreçlerinde ortaya çıkan kimyasal atıkların ve kirli suların arıtılmasına yönelik çalışmalardan oluşmakta olup, tekstil katı atıkların değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar ise yukarıda geri dönüşümü belirtilen malzeme ve ürün grupları kadar yaygın değildir [15]. Dünyadaki toplam atık miktarları içinde tekstil atıklarının oranı %4-5 arasında değişmektedir [16].

2.1.4 Tekstil Atıklarının Geri Dönüşümün Sağladığı Avantajlar

Tekstil katı atık malzemelerin geri dönüşümü ile doğal kaynakların korunması, enerji tasarrufu sağlanması, çevre kirliliğinin azalması, küresel ısınmanın azaltılması, ekonomik avantaj sağlanması, atık miktarının azaltılarak çöp işlemlerinde kolaylık sağlanması, iş alanlarının yaratılması gibi birçok ekonomik, çevresel ve sosyal avantajlar sağlamaktadır [1, 17].

2.1.5 Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümde Kullanılan Yöntemler

Tekstil katı atıkları genel olarak hammadde içeriği ve insanların çevre problemlerine olan duyarlılığına göre mekanik, kimyasal ve ısıt yöntemler kullanılarak geri dönüştürülmektedir [1, 18].

Mekanik geri dönüşüm yönteminde lif, iplik ve kumaş parçası şeklindeki tekstil atıkları üzerinde lif açıcı teller olan tarak benzeri makinalarda açılarak iplik, kumaş ve dokusuz yüzey üretiminde kullanılmak üzere lif haline getirilmektedir [1, 18].

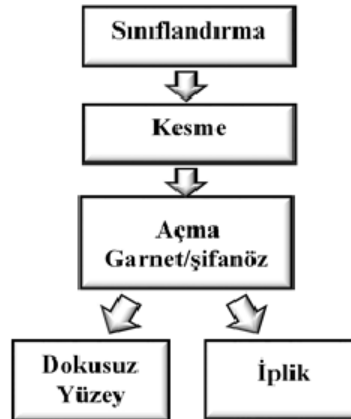
Kimyasal geri dönüşüm yönteminde tekstil atıkları depolimerizasyon (poliester gibi petrokimyasallardan üretilen sentetik polimerlerden oluşan lifler durumunda) veya çözdürme (pamuk veya viskon gibi doğal veya yapay selülozik lifler durumunda) yöntemlerinden oluşan kimyasal yöntemler ile geri dönüştürülmektedir. Kimyasal yöntemle elde edilen polimerler lif haline getirilerek kullanılmaktadır [1, 18-19].

Isıl geri dönüşüm yönteminde, tekstil atıkları eritilerek granül haline getirilmekte ve daha sonra elde edilen granüller plastiklerin ve liflerin üretiminde kullanılmaktadır [1, 18].

İnsan yapımı lif içeren tekstil atıklarının geri dönüşümünde her üç yöntemde kullanılabilirken, doğal lif içeren tekstil atıklarının geri dönüşümünde mekanik geri dönüşüm yöntemi kullanılmaktadır [1]. Bu çalışmada akrilik içeren tekstil atıklarından elde edilen geri dönüşüm open end iplikler mekanik geri dönüşüm yöntemi ile üretildiği için bu bölümde mekanik geri dönüşüm yöntemi ele alınmıştır.

2.1.6 Mekanik Geri Dönüşüm Yöntemi

Mekanik geri dönüşüm akış şeması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Mekanik geri dönüşüm akış şeması [1]

Lif yumağı, iplik parçası ve kumaş kırpıntısı şeklindeki tekstil atıkları yaygın olarak basit ve ucuz olması nedeni ile mekanik geri dönüşüm metodu kullanılarak geri dönüştürülmektedir. Şekil 2.2’de verilen akış şemasından da görüleceği üzere, tekstil atıkları öncelikle sınıflandırılmakta, daha sonra kesilerek küçük parçalar haline getirilmekte ve en

son olarak da şifanoz ve garnet olarak adlandırılan üzeri lif açıcı tellerle kaplı tarak benzeri açma makinalarında açılarak lif haline getirilmektedir. Elde edilen lifler ya iplik haline getirildikten sonra dokuma ve örme kumaş üretiminde kullanılmakta ya da direkt lif olarak kullanılarak dokusuz yüzey kumaş üretiminde kullanılmaktadır [1].

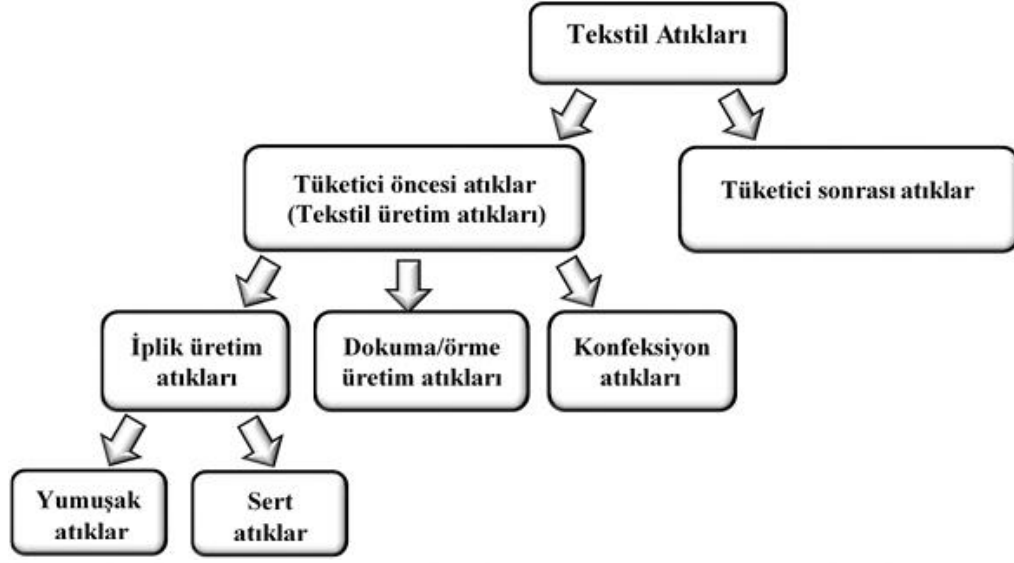
2.1.6.1 Tekstil Atıklarının Sınıflandırılması

Tekstil ve hazır giyim üretim sektörü lif üretimi ile başlayıp, iplik ve kumaş üretimi, terbiye işlemleri (ön terbiye, boyama ve baskı, bitim işlemleri, kaplamalar, yıkama ve kurutma) ve konfeksiyon işlemleri ile sona eren zincir şeklinde uzun üretim aşamalarından oluşmaktadır. Bu nedenle, her üretim birimlerinde yüksek miktarlarda farklı renk ve hammadde içeriklerinde lif atığı, pamuk tozu, iplik atığı, kumaş parçası gibi tekstil katı atıkları meydana gelmektedir. Üretim sırasında oluşan katı atıklar yanında tüketiciden çıkan eskimiş, giyilmeyen tekstil katı atıkları da bulunmaktadır. Üretim birimleri bu katı atıkların bir kısmını geri dönüşüm için hurdacılara satmakta, bir kısmını da çöpe atmakta veya yakmaktadırlar.

Sınıflandırma belirli özelliklerde geri dönüşüm lifler elde etmek ve atık malzemesinden en iyi kalite değerini elde etmek için önem taşımaktadır. Sınıflandırma tekstil atığının geldiği kaynak ile tekstil atığının renk, hammadde içeriği ve diğer özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır.

Geri dönüşüm sektöründe tekstil atıkları hammadde içeriğine göre genellikle pamuk, akrilik ve yün olarak sınıflandırılmaktadır. Tekstil atıkları özellikle renklerine ve hammadde içeriklerine göre sınıflandırıldığında, tekstil atıkları hem çevreye zarar vermeden ekonomiye kazandırılmakta hem de toprak, traktör, su, kimyasal madde ve boya kullanmadan pamuk, akrilik, yün gibi belli hammaddeler içeren renkli lifler elde edilmektedir.

Tekstil atıkları geldiği kaynağa göre Şekil 2.3’de verildiği gibi sınıflandırılmaktadır. Şekilden görüldüğü gibi tekstil atıkları öncelikle tüketici öncesi ve tüketici sonrası olmak üzere iki grup altında sınıflandırılmaktadır [1, 18-19].



Şekil 2.3 Tekstil atıklarının geldiği kaynağa göre sınıflandırılması [1]

Tüketici öncesi tekstil atıkları tüketiciye sunulmadan önce tekstil işletmelerinde hammadde sürecinde veya tekstil üretim aşamaları sırasında çeşitli nedenler ile üretimden ayrılan ve elden çıkarılan atıklardır [1, 19]. Bu atıklara tekstil üretim atıkları da denmektedir.

Tüketici sonrası tekstil atıkları ise tüketiciye sunulduktan sonra istenilen kalite özelliklerini artık karşılamayan veya tüketici tarafından daha fazla kullanılmak istenmemesi gibi sebepler ile elden çıkarılmak istenen atıklardır [1, 19].

Tüketici öncesi atıklar iplik üretimi sırasında meydana gelen iplik üretim atıkları, dokuma/örme üretimi sırasında meydana gelen dokuma/örme kumaş üretim atıkları ve konfeksiyon işlemleri sırasında meydana gelen konfeksiyon atıkları olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [1].

İplik üretim atıkları iplik kopuşları, makine temizleme işlemleri, dikkatsizce yapılan işlemler ve makine hataları gibi nedenlerden dolayı meydana gelmektedir. İplik üretim atıkları büküm alma durumuna göre lif şeklinde veya iplik parçası şeklinde olabilmektedir. İplik atıklarının bir kısmı tekrar üretim süreçlerinde kullanılabilirdiği için ve boyalı olmadığı için beyaz atıklar olarak da adlandırılmaktadır. İplik atıkları yumuşak atıklar ve sert atıklar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır [1].

Yumuşak atıklar daha çok büküm işlemlerinden önceki iplik üretim aşamalarında meydana gelen harman hallaç ve tarak makinalarındaki uçuntular, tarak altı döküntüleri, filtre atıkları, zemindeki süprüntüler, tarak bantları, cer bantları, penye makinası atıkları vs. gibi atıklardan oluşan daha çok büküm almamış ve lif şeklindeki iplik atıklarından

oluşmaktadır. Bu atıklardan temiz olan atıklar tekrar geri dönüşüm işlemlerine tabi tutulmadan üretim işlemlerinde kullanılabilir [1].

Sert atıklar ise büküm işleminden sonraki iplik üretim aşamaları sırasında meydana gelen fitil atıklarından, iplik ve sarım işlemleri sırasında meydana gelen atıklardan oluşmaktadır. Bu iplik atıkları büküm almış olduğu için üretim süreçlerinde geri dönüşüm işlemlerine tabi tutulmadan tekrar kullanılamamaktadır [1].

Şekil 2.3’de verilen örme ve dokuma kumaş atıkları ile konfeksiyon atıkları ise kumaş parçası şeklinde genellikle kenar kesik atıklarından, kesim departmanı atıklarından ve diğer konfeksiyon üretim hattı atıklarından oluşmaktadır [1].

2.1.6.2 Kumaş Kesme İşlemi

Sınıflandırma işleminden sonra, tekstil katı atıkları öncelikle küçük parçalar halinde kesilerek lif açma işlemlerine hazır hale getirilmektedir. Tekstil atıklarının küçük parçalar haline getirilmesinde kullanılan Balkan firmasına ait kesim makinası Resim 2.1’de gösterilmiştir.



Resim 2.1 Balkan marka kumaş kesim makinası [20]

2.1.6.3 Lif Açma İşlemi

Kesilerek küçük parçalar haline getirilen tekstil atıkları açılarak lif haline getirilmektedir. Lif açma işlemi olarak şifanoz ve garnet olarak adlandırılan yüksek hızda dönen ve üzerinde teller bulunan mekanik geri dönüşüm makinaları kullanılmaktadır.

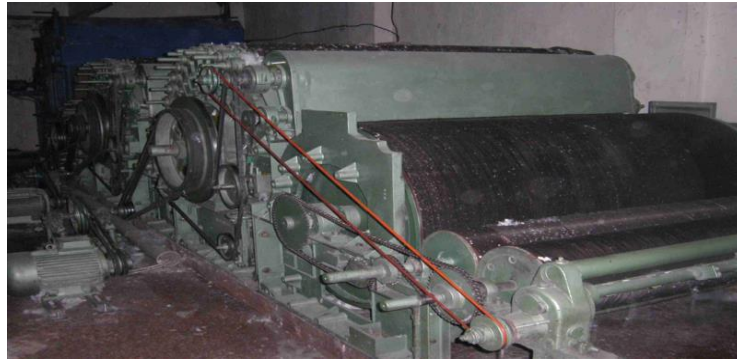
Şifanoz makinası kesilen parçaların açılması için, keskin metalik teller ile kaplanmış bir seri silindir ve tamburu olan bir nevi tarak makinasına benzeyen lif açıcı makinedir. Üzerinde metalik telleri olan silindir yüzeyi tekstil atıkları ile temas ederek bu tekstil atık

malzemelerini lif halinde açmaktadır. Bu işlem birden altıya kadar birçok pasajı içerebilmektedir. Balkan firmasına ait Şifanoz makinası resmi Resim 2.2’de gösterilmiştir.



Resim 2.2 Balkan Firmasına ait DT 30 Şifanoz makinası [21]

Garnet makinası testere dişi biçiminde metalik teller ile kaplı davul ve silindirleri bulunan az veya çok bükümlü tekstil atıklarını açmak için kullanılan tarak makinasına benzer lif açma makinasıdır. Garnet makinaları ile tekstil katı atıkları daha ince bir şekilde açılmaktadır. Befama firmasına ait garnet lif açma makinası Resim 2.3’de verilmiştir. Garnet makinesinde yün, akrilik gibi uzun liflerden elde edilen kumaşların, şifanozda ise pamuk, viskon gibi kısa liflerden elde edilen kumaşların açılmaktadır.



Resim 2.3 Befama firmasına ait garnet lif açma makinası [22]

2.1.6.4 Geri Dönüşüm Liflerin İplik Üretiminde Kullanılması

Yüksek orandaki kısa lifler nedeni ile, geri dönüşüm lifler iplik haline genellikle kısa ve daha düşük kalitedeki liflerin eğrilmesine imkan veren open end (OE) veya friksiyon iplik eğirme sistemleri kullanılarak getirilmektedirler. Open end iplik eğirme sistemi daha yaygın

olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan iplikler open end eğirme sisteminde üretildiği için bu bölümde open end iplik sistemi açıklanmıştır.

Open end iplik eğirme sistemi liflerin açılması ve paralelleştirilmesi, açılan ve paralelleştirilen liflerin rotor içerisine iletilmesi ve açık olan iplik ucunda bir araya toplanması ve en son olarak açık iplik ucunda bir araya toplanan liflere büküm verilerek iplik haline getirilmesi işlemlerini kapsamaktadır [23]. Resim 2.4 Open end (OE) iplik üretim tesisi genel görünümünü ve bobinleme ünitesinin resmini göstermektedir.

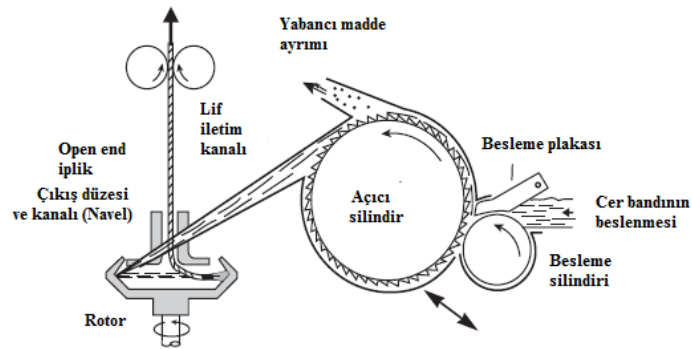


(a)

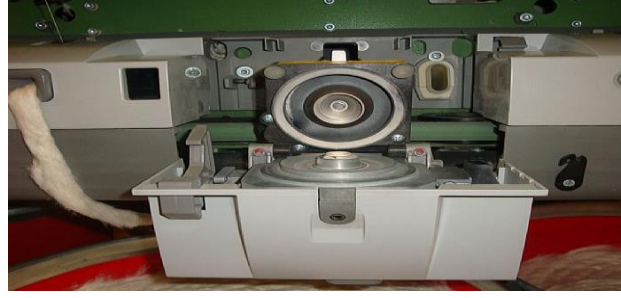
(b)

Resim 2.4 OE iplik tesisi genel görünümü [24] ve bobinleme ünitesi [25]_(a) Genel görünüm (b) Bobinleme ünitesi)

Open end iplik sisteminde bulunan eğirme ünitesinin şematik görünümü Şekil 2.4'de ve resmi Resim 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.4 Open end iplik eğirme ünitesi [26]



Resim 2.5 Open end iplik eğirme ünitesi resmi [27]

Şekil 2.4'den de görüleceği üzere open end iplik eğirme ünitesinde açıcı silindir, rotor ve çıkış düzesi (navel) olmak üzere üç temel eleman bulunmaktadır. Lifler makinenin ön kısmında yerleştirilmiş kovalardan rotor bölümüne cer bandı şeklinde beslenirler. Besleme silindiri ve besleme plakası cer bandını açıcı silindire iletir. Açıcı silindir besleme silindirinden daha hızlı bir şekilde dönmektedir. Hız farkından dolayı cer bandındaki lifler açıcı silindirinin üzerinde bulunan teller ile yüksek çekim oranı altında taranarak tek tek liflere ayrılır. Bu esnada liflerden ayrılan kir, toz ve yabancı maddeler döküntü haznesine dökülürler. Açma silindiriyle daha önce açılmış olan lifler hava akışı ile önce lif besleme kanalına oradan da rotora iletilirler. Lifler dönen rotorun iç duvarından rotor yivine doğru kayar ve dönme kuvvetinin etkisi ile rotor yivinde lifler bilezik şeklinde toplanırlar. Bilezik şeklini alan lifler daha sonra iplik çıkış kanalından sarkıtılan ipliğin açık ucuna tutunarak rotorun dönüşü etkisiyle büküm olarak iplik yapısına dâhil olurlar [26].

2.2 Akrilik (Poliakrilonitril) Lifleri Hakkında Genel Bilgiler

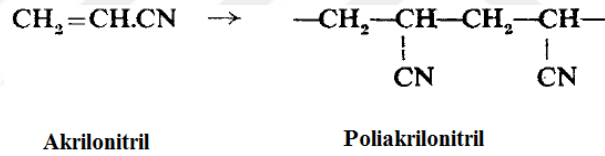
Günümüzde akrilik lifleri, tekstil ve hazır giyim sanayisinde avantajlı özelliklerinden dolayı birçok ürünün üretilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Poliester, poliamid gibi sentetik lifler içerisinde önemli bir yere sahiptir. 2005 yılı itibari ile akrilik liflerinin toplam üretimi 2 milyon ton civarındadır [2]. Akrilik liflerinin en büyük özelliği hacimlilik, görünüm ve tutum olarak yün lifine benzemesidir. Bunun yanında diğer öne çıkan önemli özellikleri güneş ışığına, mikroorganizmalara ve kimyasallara karşı dayanıklı olmasıdır.

2.2.1 Akrilik Liflerinin Üretimi

Akrilonitrilin polimerizasyonu ile elde edilmekte olup, akrilik ve modakrilik olmak üzere iki tip akrilik lifleri bulunmaktadır. Akrilik lifleri kimyasal yapısında ağırlıkça minimum %85 oranında akrilonitril içeren polimerlerden oluşmaktadır. Akrilonitril içeriği

%35 ile %85 arasında değişen liflere ise modakrilik lifleri denilmektedir [3]. Poliakrilonitril (PAN) çok uzun zamandan beri bilinmesine rağmen yaygın olarak kullanılan çözücüler ile çözülememesinden dolayı akrilik lifi uzun süre üretilememiştir. Yumuşama sıcaklığı bozunma sıcaklığına yakın olduğu için eriyikten lif çekimine uygun değildir. Bu nedenle, poliakrilonitril polimerlerinden eriyikten lif çekimi yöntemi ile lif çekimi yapılamamıştır. Poliakrilonitril kalsiyum thiocyanate gibi hidrotropik çözücüler ve dimetilformamid ve tetrametil suphone gibi polar organik çözücüler ile çözülebilmektedir [28]. Bu şekilde, akrilik liflerinin üretimi poliakrilonitrilin uygun çözücüler içinde çözdürülerek polimer çözeltisi haline getirildiği çözeltiden lif çekimi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Akrlonitril ve poliakrilonitril ilk 1893-1894 yıllarında Fransız kimyacı Moreu tarafından sentez edilmiştir. Poliakrilonitril (PAN) bazlı lifler ise ilk 1938 yılında üretilmiştir [3]. Akrilik lifleri Orlon, Courtelle, Acrilan, Cashmilon, Dolan, Dralon, Leacril and Vonnel gibi birçok ticari isimle üretilmektedir [28].

Poliakrilonitril (PAN) polimerleri Şekil 2.5’de verildiği gibi akrilonitril monomerlerinin radikal zincir polimerizasyonu ile elde edilmektedir.

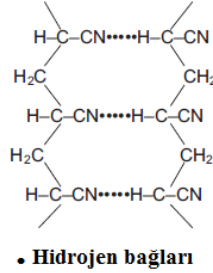


Şekil 2.5 Akrilonitril ve Poliakrilonitrilin kimyasal yapısı [29]

Akrilik lifleri ticari olarak yaş ve kuru çekim yöntemleri ile üretilmektedir. Kuru çekim yönteminde lif çözücünün (solvent) sıcak hava ile uzaklaştırılması ile elde edilmektedir [3]. Kuru çekim yönteminde polimer dimetilformamid gibi organik çözücüde çözdürülür. Daha sonra çözelti filtre edilir, kaynama noktasına kadar ısıtılır ve yüksek sıcaklıkta (400 °C) hava veya diğer gazların aktığı dikey tüp içerisine yerleştirilmiş düzelerle fişkırtılır. Tüp içindeki sıcak hava sayesinde çözücü buharlaşır ve polimer katılarak lif haline gelir [29]. Yaş çekim yönteminde düzeler sıvı içeren koagülasyon banyosu içine daldırılmıştır. Bu yöntemde yine polimer dimetil formamid gibi organik çözücüde çözdürülür ve filtre edilir. Daha sonra çözelti çözücünün çözüdüğü polimerin çözünmediği sıvı haldeki koagülasyon banyosu içindeki düzelerle fişkırtılır. Düzelerden fişkırtılan çözelti ince filamentler halinde katılarak ve tov oluşturur. Tov ısıtılır, gerdirilir, yağlanır ve son

olarak tova kıvrım verilir. Tov halindeki akrilik lifleri koparma veya kesme işlemleri ile kesikli lif haline getirilmektedir [29].

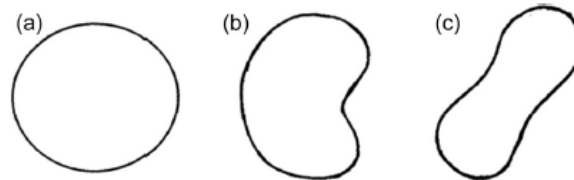
2.2.2 Akrilik Lifinin Yapısı



Şekil 2.6 Akrilik lifi yapısındaki hidrojen bağları [2]

Şekil 2.6’da gösterildiği gibi, akrilik polimerlerindeki monomerler akrilonitrilden oluştuğu için doğal olarak yan yana polimer zincirleri arasında hidrojen bağları bulunmaktadır. Yan yana zincirlerdeki nitril (-CN) grupları arasında itme meydana gelmektedir. Nitril grupları arasındaki meydana gelen itme zincir şeklini etkilemektedir. Her zincir düzensiz helisel yapı şeklinde bükülebilmektedir. Diğer poliamid, poliester ve polipropilen gibi polimerlerin aksine akrilik liflerinin içinde kristalin ve amorf bölgeler bulunmaktadır [2].

Akrilik liflerinin yüzeyi pürüzsüz çubuk şeklindedir. Şekil 2.7’de gösterildiği gibi akrilik liflerinde farklı şekillerde enine kesit oluşturulabilmektedir. Yaş çekim yöntemi ile üretildiğinde enine kesit şeklini düzelerin şekli ve koagülasyon banyosu şartları etkilemekte olup, yaygın olarak böbrek-fasulye şeklinde enine kesit oluşmaktadır. Kuru çekim yönteminde ise düze delikleri dairesel dahi olsa kemik şeklinde enine kesitler meydana gelmektedir [2].



Şekil 2.7 Akrilik lifi enine kesit şekilleri a) dairesel b) böbrek-fasulye c) kemik [2]

2.2.3 Akrilik Liflerinin Genel Özellikleri

Akrilik liflerinin genel özellikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Akrilik liflerinin genel özellikleri [3, 6]

Özellik	Akrilik	Modakrilik
Özgül ağırlık (g/cm^3)	1,14-1,19	1,28-1,37
Mukavemet (cNtex^{-1})	Kuru	9-33
	Yaş	14-24
Kopma uzaması (%)	Kuru	25-45
	Yaş	29-61
Elastisite modülü	Kuru	3,5-4,9
	Yaş	3,1-4,9
Elastik geri dönüş (%)	%2 uzama	99
	%10 uzama	70-95
Elektrik dayanımı	Yüksek	yüksek
Statik elektriklenme	Orta	orta
Yanmazlık	Orta	orta
Limit oksijen indeksi	0,18	0,27
Erime	erir	erir
Güneş ışığına dayanımı	mükemmel	mükemmel
Kimyasallara dayanımı	mükemmel	mükemmel
Aşınma dayanımı	orta	orta
Nem içeriği (%)	1,5-2,5	1,5-3,5

Lif uzunluğu ve inceliği: Akrilik ve modakrilik lifleri daha çok tov ve kesikli lif olarak üretilmekte olup, filament olarak sınırlı miktarlarda üretilmektedir. Akrilik lifi çeşitli uzunluklarda üretilmektedir. Kesikli lif olarak üretilen lif uzunlukları 25-150 mm arasında değişmektedir [2, 6]. Liflerin lineer yoğunluğu (iplik numarası) 0,84 ile 17 dtex arasında değişmektedir. En yaygın olarak üretilen lineer lif yoğunlukları kesikli lif olarak 1,7 dtex ve tov olarak 3,3-5,0 dtex değerlerindedir [3, 6].

Özgül ağırlık: Akrilik lifleri 1,14-1,19 g/cm^3 arasında değişen özgül ağırlığa sahiptir [6]. Akrilik liflerinin özgül ağırlığı düşük olup, naylon liflerinin özgül ağırlığından çok az yüksektir. Bu akrilik liflerinin düşük özgül ağırlığa sahip olması kumaşların hafif ve hacimli olmasını sağlamaktadır [29].

Mukavemet: Akrilik liflerinin mukavemet özellikleri değişkenlik göstermektedir. Genellikle orta derecede mukavemete sahiptir. Germe işlemindeki oryantasyon derecesi lifin mekanik özelliklerinin belirlenmesindeki en önemli faktördür [29]. Akrilik liflerinin mukavemeti viskoz ve naylon lifleri arasında yer almaktadır [29]. Genel olarak akrilik lifinin

mukavemeti poliester ve naylon liflerinden oldukça düşük, yün lifinden yüksek ve pamuk lifi ile benzerdir [3, 6]. Akrilik lifleri normal uygulamalar için yeterli mukavemete sahiptir, fakat akrilik liflerinin mukavemeti naylon ve poliester liflerinin sağladığı yüksek mukavemet gerektiren uygulamalar için yeterli değildir [29].

Kopma uzaması: Orta derecede kopma uzamasına sahiptir. Kopma uzama değerleri Çizelge 2.1’de verildiği gibi %20 ila %45 arasında değişmektedir.

Elastikiyet: Akrilik liflerinin küçük uzama altında tekrar eski haline dönme özelliği çok iyidir. %2 uzamada lif %99 oranında eski haline geri döner. Buna karşın, %5 uzamada elastik geri dönüş sadece %50 ila %95 arasındadır. Akrilik lifinin uzama ve elastik geri dönüş yeteneği daha çok yün lifine benzemekte olup, pamuk lifinden oldukça farklıdır [29]. Yüksek elastikiyet özellikleri akrilik lifine yumuşak yün lifi benzeri tutum kazandırmaktadır [6].

Boyutsal stabilite: İyi mukavemet, uzama ile birlikte mükemmel geri dönüş ve elastik modül özellikleri akrilik liflerinin iyi bir boyutsal stabiliteye sahip olmasını sağlamaktadır.

Nem içeriği ve nem çekme: Akrilik liflerinin nem içeriği %1,5-2,5 arasındadır. Nem çekme özelliği genellikle düşük olup, poliester liflerinden daha yüksektir. Düşük nem özelliklerine rağmen akrilik lifleri giyildiğinde rahatlık sağlamaktadır. Bunun nedeni büyük ölçüde düşük kılcallık özelliği nedeni ile liflerin teri uzaklaştırmasıdır [29]. Düşük nem özelliğinden dolayı çabuk kurular.

Statik elektriklenme: Akrilik liflerinin düşük nem çekme özelliği statik elektrik yükünün artmasına neden olmaktadır. Antistatik kimyasallar ile statik elektriklenme önlenmektedir [29].

Isıl dayanım: Akrilik lifleri ısıya dayanıklıdır. Nem içeriği düşük olduğu için, camsı geçiş sıcaklığı düşük olup, yaklaşık T_g değeri $70\text{ }^\circ\text{C}$ ’dir [3]. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında erimeden daha çok bozunma göstermektedir [29]. Akrilik lifleri $150\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa rahatlıkla dayanabilmektedir [2, 30]. Kısa süreli $230\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta dahi rengini koruyabilmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda rengi sararmakta ve kahverengine dönmektedir [30].

Yanmazlık: Akrilik lifleri orta derecede yanmazlığa sahiptir. Akrilik lifi yanar, fakat tehlikeli bir biçimde alev almamaktadır [29].

Güneş ışığı etkisi: Akrilik lifleri güneş ışığı etkisine karşı oldukça dayanıklıdır [McIntyre, 2000]. 600 saat güneş ışığına maruz kaldıktan sonra, lifin mukavemeti orijinal mukavemetinin %96'sını korumaktadır [29].

Mikro-organizmalara ve böceklere karşı dayanımı: Akrilik lifleri mikro organizmalara karşı oldukça dayanıklıdır. Mikro organizmalar içeren toprağa gömüldüğünde akrilik lifi altı ay sonra orijinal mukavemetini devam ettirirken, pamuk iki hafta sonra mukavemetinin tamamını kaybetmiştir. Ayrıca akrilik lifleri larva ve diğer böcekler tarafından zarar görmemektedir [29].

Kimyasallara dayanımı: Akrilik lifleri ağartıcılar, seyreltik asit, alkaliler, kuru temizleme için kullanılan çözücüler vs. gibi tekstil işlemleri için kullanılan kimyasalların birçoğuna karşı dirençlidir [29]. Genel olarak asitlere ve zayıf alkalilere karşı dayanıklıdır. Ancak, güçlü alkaliler yüksek sıcaklıklarda akrilik liflerinin hızlı bir şekilde bozunmasına neden olmaktadır. Akrilik lifleri ayrıca yükseltgen (oksitleyici) maddelere karşı da dayanıklıdır [2]. Birçok organik maddeye karşı olan direnci de yüksek olup, karboksil asitler, fenoller, alkoller, ketonlar, hidrokarbonlar ve deterjanlar lif mukavemetine zarar vermez [29].

2.2.4 Akrilik Liflerinin Uygulama Alanları

Akrilik lifleri giysilerde, kazak, süeter, çorap vs. gibi örme kumaşlarda, spor giysilerde battaniyelerde, kilim ve halı üretiminde ve döşemelik kumaşlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların yanında akrilik lifleri dış mekan uygulamaları da dahil birçok teknik kumaşların üretiminde de önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle uzun süreli güneş ışığı ve hava şartlarına maruz kalan ve kalıplama gerektiren tenteler, güneş şemsiyeleri, bahçe mobilyaları, araba örtüleri, tekne örtüleri vs. gibi kumaşlar önemli teknik uygulamalar arasındadır [2, 29-30].

2.3 Gipe ve PBT Elastik İplikler Hakkında Genel Bilgiler

Elastik lifler herhangi bir kuvvet uygulandığında belli bir dereceye kadar uzama gösteren ve kuvvet ortadan kalktığında yapısında bozulma olmadan tekrar eski haline dönebilen özel molekülü polimerlerden veya polimerlerin modifiye edilmesi ile elde edilen bir lif sınıfıdır [7]. Polimer malzemesine göre, elastik lifler poliüretan elastik lif, poliester eter elastik lif, poliester elastik lif, XLA gibi olefin bazlı elastik lif gibi farklı tiplerde elastik

liflerden oluşmaktadır. Poliüretan esaslı spandeks veya likra gibi geleneksel elastik lifler uzun süredir ticari olarak üretilmektedir. Poliüretan esaslı lifler yanında fonksiyonel poliester esaslı PBT ve PTT lifleri de geliştirilmiştir [7]. Bu çalışmada poliüretan esaslı elastan lif içeren gipe iplik ile poliester esaslı PBT liflerinden oluşan iplikler kullanıldığı için bu bölümde elastan ve PBT lifleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2.3.1 Gipe iplik ve Elastan Lifleri Hakkında Genel Bilgiler

Şekil 2.8’de gösterildiği gibi normal ipliklere yüksek elastomerik özellikler (esneme-geri toplama) kazandırmak amacıyla, ipliğin elastan ile birleştirilmesiyle elde edilen ipliğe gipe iplik denmektedir [2, 8].



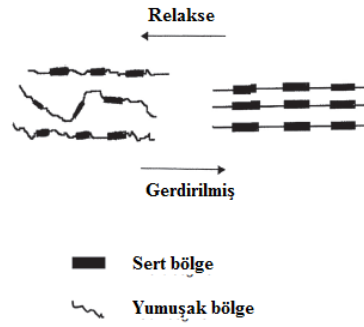
Şekil 2.8 Gipe iplik yapısı [2]

Gipe iplik basınçlı hava yardımıyla tekstüre ipliklerin, elastanla birleştirilmesi sonucunda (gipe makinalarında) elde edilebileceği gibi tekstüre işlemi esnasında (Kombi tekstüre makinalarında) elastanın doğrudan beslenmesiyle de elde edilebilmektedir [8]. Gipe iplik içinde elastan iplik olarak poliüretan esaslı spandeks veya likra gibi elastik iplikler kullanıldığı için bu bölümde poliüretan esaslı elastan lifleri hakkında genel bilgi verilmiştir.

2.3.1.1 Elastan Liflerinin Yapısı

Elastan lifi kütlesinin en az %85 oranında kısmi bölgeler şeklinde (segmented) poliüretan polimerlerinden meydana gelmektedir [2, 30]. Poliüretan polimerleri her zincir boyunca üretan (-NH-CO-O-) grupları içermektedir. Bu liflerin en önemli özelliği % 500’e kadar uzamaya ve %99’a kadar elastik geri dönüş özelliğine sahip olmalarıdır [2].

Elastan liflerini oluşturan polimer zincirlerinin her birisi Şekil 2.9’da gösterildiği gibi ardı ardına dönüşümlü olarak sıranmış sert ve yumuşak bölgelerden oluşmaktadır [2, 30].



Şekil 2.9 Elastan polimer zincirindeki sert ve yumuşak bölgeler [2]

Yumuşak bölgeler uzun zincirli, sert bölgeler kısa zincirlidir. Uzun yumuşak bölgeler amorf yapıda, kısa sert bölgeler kristalin yapıdadır. Uzun bölgelerin erime sıcaklığı (cam geçiş sıcaklığı T_g) oda sıcaklığının altında, kısa bölgelerin erime sıcaklığı ise oda sıcaklığının üzerindedir [7]. Polimer zincirinin yumuşak bileşeni amorf yapıya sahip olduğu için, molekül yapısı düzensiz ve iç içe geçmiştir [7]. Lif relakse haldeyken yumuşak bölgeler birbirini üzerine katlanmış yani bukleli bir yapıdadır. Lifler gerdirildiğinde bukleler düzleşir ve polimer molekülleri lif eksenine doğru yönlenir. Gerilim altında yumuşak bölgeler kristalin bölgeler oluşturur. Gerilim ortan kaldırıldığında hızlı bir şekilde tekrar bukleli haline geri döner [30]. Sert bölge genellikle aromatik-alifatik poliüredir. Polimer zincirinin bu bileşeni komşu zincirlerin sert bileşenleri ile büyük ölçüde hidrojen bağları ile kuvvetli iç zincir bağları oluşturmaktadır. Bu şekilde bağlantı noktalarında ağ şeklinde bir yapı oluşturur. Bu özellik yapıya kararlılık kazandırır ve polimer zincirlerinin kaymasını önler [30]. Lifleri gerdirmek için bir kuvvet uygulandığında, rijit bölgeler arasındaki iç bağlar kopar. Bu şekilde amorf bölgeler düz hale gelir ve uzama gösterir, dolayısı ile lif uzunluğu artar. Lif maksimum uzunluğa kadar gerdirildiğinde, rijit bölgeler tekrar birbirleri ile bağ yapar. Kuvvet ortadan kaldırıldığında amorf bölge tekrar bukleli hale gelir ve lif orijinal relakse haline geri döner [7]. Yeterli derecede esnekliğe sahip lifler üretmek için yumuşak ve sert bileşenlerin dengesinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Eğer çok fazla sayıda bağlantı noktası oluşturulursa, lifin esneme özelliği azalır. Eğer bağlantı noktaları az sayıda oluşturulursa geri dönüşü olmayan kayma meydana gelir ve bu şekilde elde edilen lif gerdirilmiş halinden tekrar eski haline dönemez [2, 30].

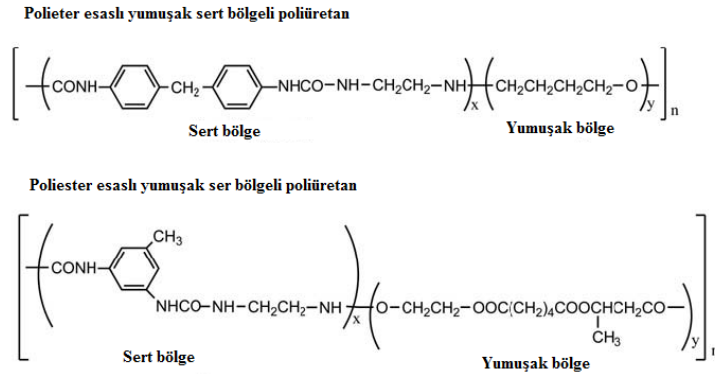
2.3.1.2 Elastan Liflerinin Üretimi ve Kimyasal Yapısı

Üzerinde farklı yumuşak ve sert bölgeler olan poliüretanların oluşturulması izosiyanat (-N=C=O) (tüm poliüretan malzemelerin üretiminde kullanılan bir hammadde) kimyasına dayanmaktadır [29]. Poliüretanlar aşağıda verildiği üç aşamada sentezlenmektedir [30].

1) 1000-3000 arasında molar kütlelerine sahip ya polieter veya poliester olan ve hidroksil -OH grupları olan makroglikol ön polimerinin oluşturulması

2) Makroglikolün aromatik diizosiyanat ile reaksiyona girmesi ve izosiyanat gruplarını içeren ön polimerin oluşturulması

3) Makrodiizosiyanatın ya diamin veya diol ile reaksiyona girmesi ile poliüretanın oluşması. Polieter veya poliesterden üç aşama sonucu elde edilen poliüretanın kimyasal yapısı Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Elde edilen polieter ve poliester esaslı poliüretanın kimyasal yapısı [30]

Polimerden lif çekimi yaş çekim, kuru çekim ve eriyikten lif çekim yöntemleri ile yapılabilmektedir. Yaygın olarak kuru lif çekim yöntemi kullanılmaktadır. Çözücü olarak ya dimetilformamid veya dimetilasetamid kullanılmaktadır. Katışmış polimerler çözücünün sıcak hava ile uzaklaştırılması ile oluşturulmaktadır [2, 30].

2.3.1.3 Elastan Liflerinin Özellikleri

Elastan liflerinin genel özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Elastan liflerinin genel özellikleri [30]

Lif uzunluğu	Sürekli filament
Lif inceliği	2-600 dtex
Özgül ağırlık	1,21
Mukavemet	5-14 cN tex ⁻¹
Kopma uzaması	400-650%
Elastik geri dönüş	mükemmel
Nem içeriği	% 1,3
Isıya dayanım	Termoplastiktir. Yaklaşık 250 °C sıcaklıkta erir. 150 °C yapışkan hale gelir.
Kimyasallara dayanım	iyi
Güneş ışığına dayanım	mükemmel

Lif uzunluğu ve inceliği: Filament şeklinde üretilmektedir. 2-600 dtex arasındaki incelik değerlerinde üretilmektedir. Çok ince filamentler kadın çorapları için istenen şeffaflığı sağlamaktadır [30].

Özgül ağırlık: 1,24 g/cm³ değerinde olup düşüktür. Bu özelliği kumaşların hafif ağırlıkta olmasını sağlamaktadır.

Mukavemet: Çizelge 2.2’de verildiği gibi mukavemeti 5-14 cNtex⁻¹ arasında değişmekte olup, genellikle zayıf bir lifdir. Buna karşın mukavemeti elastik kauçuk lifinden yüksektir [30].

Kopma uzaması: Kopma uzama değerleri %400 ila %600 arasında değişmekte olup, çok yüksektir.

Elastikiyet: %500’e kadar uzamada dahi eski haline geri dönerler. Bu yüksek uzama ve geri dönüş özelliklerini içeren elastikiyet özellikleri giysilere rahatlık ve konfor özellikleri sağlamaktadır.

Nem içeriği: Poliüretandaki esnek bölgeler hidrofobik özelliğe ve sert bölgeler kristalin bir yapıya sahip olduğu için nem çekmemektedir [28].

Statik elektriklenme: Düşük nem içeriğinden dolayı yüksektir [28].

Boyanabilme: Elastan liflerini boyamak zordur [28].

Isıl dayanım: Düşük sıcaklıklarda ısıya karşı davranışını yumuşak bölgelere, yüksek sıcaklıklarda ise sert bölgelere, molekül ağırlığa, zincire ve sert bölgelerin oryantasyonuna

bağlıdır. 170 °C üzerindeki sıcaklıklarda lifte gözle görülür ısıl bozunma meydana gelir, rengi sarıya döner, elastik özellikleri bozulur [7].

Kimyasallara karşı dayanım: Orta şartlarda asitlere, alkalilere, yükseltgen maddelere ve indirgen maddelere karşı dayanıklıdır. Yüksek konsantrasyonlarda asit ve kostik ile uzun süreli işlem gördüğünde elastik özelliklerini kaybetmektedir. Elastik özellik kaybı sıcaklık arttığında daha da artmaktadır [7]. Kuru temizleme çözücüleri de dahil genellikle çözücülere karşı dayanıklıdır. Uzun süreli doymamış hidrokarbonlardan etkilenebilmekte olup, doymuş hidrokarbonlardan etkilenmezler [29]. Kloro karşı dayanıklıdır. Bu özelliği nedeni ile mayolarda kullanılmaktadır [2].

Mikroorganizmalara karşı dayanım: Mikroorganizmalara ve böceklere karşı dayanımı yüksektir [2, 29]

Güneş ışığına karşı dayanım: UV ışınları liflerin rengini değiştirir. Fotokimyasal bozulma meydana gelir. Poliester ürethan polieter ürethan daha yüksek fotokimyasal bozunmaya sahiptir [7].

Diğer özellikleri: Orta derecede aşınma dayanımına sahiptir [2].

2.3.1.4 Elastan Liflerinin Uygulama Alanları

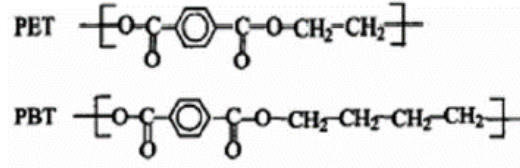
Spor ve gündelik giyimde, mayolarda, medikal ve sağlıkla ilgili ürünlerde, iç giyimde, çoraplarda yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

2.3.2 PBT (Polibütilen tereftalat) Lifleri Hakkında Genel Bilgiler

PBT (Polibütilen tereftalat) lifleri genel olarak poliester esaslı elastik bir lif olup, son zamanlarda geliştirilmiştir. PBT lifinin tekstil kullanımı için üretimi 70'lerin sonunda ve 80'lerin başında Japonya ve Amerika'da başlamıştır [7].

2.3.2.1 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Üretimi

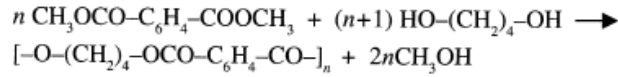
PBT lifini oluşturan polimerin üretimi PET'in sentezi ile benzer olup, direkt esterleşme ve ester değişim polimerizasyonunu içermektedir [7]. Poliester monomerik ünitelerinin ester bağlantıları (-O-CO-) ile bir araya geldiği polimerlerdir. Şimdiye kadar ticari olarak en önemli poliester polietilen tereftalat (PET) dir [30]. Şekil 2.11'de PET ve PBT liflerinin molekül yapısı gösterilmiştir.



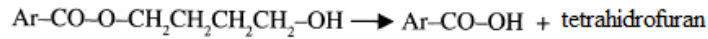
Şekil 2.11 PET ve PBT liflerinin molekül yapısı [7]

PBT lifinin temel ham maddesi bütandiol'dür [6]. PBT bütan 1,4 diol (HO-CH₂-CH₂-CH₂-OH) ve tereftalik asitin (TA) dimetil esterinden (DMA) sentez edilmektedir. Yani PBT bütan 1,4 diol ve dimetil tereftalat (DMA) arasında ester değişimi (EI) kullanılarak oluşturulmaktadır [30]. Tereftalik asiti direkt olarak bütan 1,4 diol ile ısıtmak çok miktarlarda çok uçucu olan tetrahidrofuran (THF) oluşumuna neden olarak diol'un kaybına neden olmaktadır. Titanyum katalizi hem ester değişimi (EI) hem de sonraki polimerizasyonun devam etmesi için kullanılmaktadır. Son reaksiyon sıcaklığı yaklaşık 250-260 °C civarındadır. Bu şekilde ısıl bozunma azalır ve erime polimerizasyonu ile PET'den daha yüksek molekül ağırlığındaki PBT meydana gelir. Isıl bozunmaya neden olan ürün olan tetrahidrofuran (THF) uçtuğu için, PBT'nin polimerizasyonu PET'ten daha temizdir [6, 30]. Yukarıda açıklanan PBT polimerizasyon işlemi aşağıda Şekil 2.12'de gösterilmiştir

PBT polimerizasyonu



Tetrahidrofuran (THF) oluşumu



Şekil 2.12 PBT polimerizasyon işlemi [6]

PBT lifleri PET liflerinde olduğu gibi eriyikten lif çekim yöntemi ile üretilmektedir. Hidrolitik bozunmaya karşı hassas olduğundan lif çekiminden önce kurutma ve sıcaklığın 150 °C üzerinde olması gerekmektedir [7].

2.3.2.2 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Yapısı

PBT lifinin triklinik (3 eksenli) kristalin yapısı bulunmaktadır. PET liflerinin aksine PBT lifinde α ve β formu olmak üzere iki form bulunmaktadır. Her iki formda birbirlerine dönüştürülebilmektedir [6, 31-32]. Polimerin gergin olmayan durumunda, α formu gauche-trans-gauche yapısı, gergin olan β formunun tümü ise çekim şartlarına bağlı olarak trans

yapısı göstermektedir. Her iki α ve β formlarının birim hücre hacimleri 0,261 ve 0.267 nm değerlerindedir. PBT lifi PET lifinden daha yüksek kristalin oranına sahiptir [31].

2.3.2.3 PBT (Polibütilen tereftalat) Liflerinin Özellikleri

PBT liflerinin genel özellikleri Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Spandeks ve poliester lifleri ile karşılaştırmalı olarak PBT liflerinin genel özellikleri [2, 7]

Özellikler	PET	PBT	Spandeks
Mukavemet (cNtex ⁻¹)	38-53	26-44	5-11
Erime noktası (°C)	260	221	230-290
Camlaşma geçiş sıcaklığı (T _g)	70-80	20-40	-70-50/25-45
Özgül ağırlık (g/cm ⁻³)	1,38	1,35	1,21
Elastisite modulu (cN/dtex)	9,15	2,4	0,11-0,45
Elastik uzama (%)	20-27	24-29	400-800
Yumuşaklık	-1	+1	-2
Elastik geri dönme	-1	1	+2
Hacimlilik	-1	+2	-2
Isıl işlenebilirlik kapasitesi	-	-2	-1
Aşınma	+1	+1	-2
Klor dayanımı	-1	+2	-2
Boyandırılabilirlik	-2	+2	-2
Lekelenme dayanımı	+1	+2	-2
Işık haslılığı	+1	-	-2
Yıkama haslılığı	+2	+2	-2
Renk yelpazesi	-1	-	-2
Statik dayanım	+2	+2	-2
Fiyat	+2	-	-2

‘+2’=en iyi, ‘-’=ortalama, ‘-2’= en kötü

Mukavemet: Mukavemeti yüksektir [2].

Elastik uzama: %24-29 arasında kopma uzama değerlerine sahiptir.

Elastik özellikleri: Küçük yükler altında yüksek uzama göstermekte ve kuvvet ortadan kalkınca tekrar hızlı bir şekilde eski haline geri dönmektedir. Elastikiyeti elastan ile tekstüre naylon lifleri arasındadır. Ayrıca PBT lif üzerindeki ekstra baskıyı ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle, elastan lifinden daha fazla konfor sağlamaktadır [7].

Nem çekme: Nem çekme naylon lifinden dahi düşüktür. Nem çekme 24 saatten sonra % 0,1’den daha azdır. Bununla birlikte, 52 °C üzerinde uzun süre sulu ortamda bekletilmesi önerilmemektedir [31]. Düşük nem alma özelliğinden dolayı çabuk kurumaktadır [2].

Boyutsal stabilite: Yaş halde boyutsal stabilitesi yüksektir [7].

Boyanabilme: Kaynama noktasında boyanmaktadır. Renk haslıkları yüksektir [7]. Parlaktır [31].

Isıl dayanım: Isıya karşı dayanıklıdır. Erime noktası 221 °C ve cam geçiş sıcaklığı 20-40 °C arasındadır [31].

Kimyasallara karşı dayanım: Deterjanlara, zayıf asitlere, alifatik ve florlanmış hidrokarbonlara, alkollere, ketonlara, karbon tetrakloride ve ortam sıcaklığındaki yağlara karşı dayanıklıdır [31]. Ayrıca mayo kullanımında önemli olan kloro karşı haslıkları da yüksektir [7].

Diğer özellikleri: Elektrik özellikleri ve aşınma dayanımı iyidir [31]. Yumuşak tutumlu olup, yumuşaklığı poliester lifine yakındır [7].

2.3.2.4 PBT Liflerinin Uygulama Alanları

PBT lifleri iyi uzama ve geri dönüş özellikleri ile iyileştirilmiş boya alma özellikleri nedeniyle tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır. PBT lifleri dış fırçası kılları, halı ipliği, spor giyim, yün süeter giysiler, iç giyim, elastik kot ve çoraplar belirli başlı uygulama alanlarıdır. Yüksek mukavemetli olduğu için, belli stabiliteye sahip olduğu için ve klorine karşı dayanıklı olduğu için mayolarda da kullanılmaktadır [6, 31]. İyi boyutsal stabilite, mukavemet, esneklik ve hızlı kristalleşme gibi özellikleri nedeni ile mühendislik alanında kullanılan plastiklerin üretiminde de tercih edilmektedir. PBT reçineleri dayanıklı fermuarlarda, perde donanımlarında, saç kurutma makinalarında, hesap makinalarında, ütü ve tost makinalarının gövdeleri vs. gibi alanlarda kullanılmaktadır [31].

2.4 Konu ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde geri dönüşüm ipliklerden üretilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar yanında elastan ve PBT iplikler içeren kumaşların performans özellikleri ile ilgili yapılan önceki çalışmalar da ele alınmıştır. Tekstil atıkları içerdikleri lif cinsine göre sınıflandırıldıkları için yapılan çalışmalarda lif tipine göre sınıflandırılarak verilmiştir. Bu bölümde geri dönüşüm ipliklerden üretilen dokuma ve örme kumaşların performans özellikleri incelenmiştir.

2.4.1 Pamuk İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kumaşların Performans Özellikleri İle İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar

Literatürde pamuk içeren tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerden üretilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili olarak gerçekleştirilen çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Alan, Koçlu ve Yüksekaya (2012) [33] ile Celep ve Yüksekaya (2012) [34] yaptıkları çalışmalarda atkı ipliği geri dönüşüm ve orijinal pamuk, akrilik ve poliester lif karışımlarını içeren dokuma battaniyelerinin kopma mukavemeti ve uzaması özellikleri ile ısı iletkenlik, ısı direnç ve ısı soğurganlık parametrelerini içeren ısı konfor özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Geri dönüşüm ve orijinal lif cinslerini içeren battaniyelerin kopma mukavemeti, ısı iletkenlik ve ısı direnç özellikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamış, buna karşın geri dönüşüm lif içeren battaniyenin kopma mukavemeti ile ısı soğurganlık değerlerinin orijinal lif içeren battaniden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Necef, Seventekin ve Pamuk (2013) [35] tarafından yapılan diğer bir çalışmada, geri dönüşüm pamuk lifinden üretilen open end ipliğin ve bu iplikten örülen süprem örme kumaş ve giysinin fiziksel özellikleri orijinal pamuk lifinden üretilen benzer ipliğin, kumaşın ve giysinin özellikleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Geri dönüşüm open end iplik kumaş kırıntılarından elde edilen geri dönüşüm pamuk lifi ile orijinal poliester lifinin %50/50 oranında karıştırılması ile elde edilmiştir. Çalışmada kumaş ve giysilerin fiziksel özellikleri olarak % enine ve boyuna çekme miktarları, may dönmesi, boncuklanma dayanımı ve yıkama haslık özellikleri incelenmiştir. Deneysel sonuçlar geri dönüşüm ve orijinal lif içeren giysilerin kaliteleri arasında belirgin bir fark olmadığını göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, kumaş kırıntılarının geri dönüşümü ile elde edilen iplikten üretilen geri dönüşüm giysilerin hazır giyim sanayinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Gün, Aktürk, Şevkan ve Alan (2014) [36] pamuk içeren kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm lif ile orijinal poliester lif karışımından oluşan open end iplikten üretilen çorapların boyutsal ve fiziksel özelliklerini elastan ilavesinin etkisi ile birlikte %100 orijinal pamuk lifinden oluşan open end iplikten üretilen benzer çorapların boyutsal ve fiziksel özellikleri ile karşılaştırmıştır. Geri dönüşüm lif içeren çoraplar orijinal pamuk çoraplardan daha yüksek ilmek yoğunluğu, ağırlık, kalınlık ve boncuklanma eğilimi ve daha düşük hava geçirgenliği göstermiştir. Geri dönüşüm lif ve orijinal pamuk içeren çorapların patlama

mukavemetleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Çorapların aşınma dayanımları aşınma devirlerinden sonraki ağırlık kaybı ve renk değerleri ölçülerek belirlenmiştir. Geri dönüşüm lif içeren çorapların aşınmadan sonraki ağırlık kayıpları orijinal pamuk çorapların ağırlık kayıplarından daha düşük olarak bulunmuştur. Aşınmadan sonraki renk özelliklerine göre, geri dönüşüm lif içeren çoraplar daha yüksek renk dayanıklılığı (K/S) ve daha düşük renk farkı (ΔE^*) değerleri göstermiştir. Aşınmadan sonraki bu renk sonuçları geri dönüşüm lif içeren çorapların renklerini orijinal pamuk çoraplardan çok az derece daha az kaybettiği anlamına gelebilmektedir. Tüm sonuçlardan, orijinal pamuk lifi kadar, geri dönüşüm pamuk lifinin de poliester lifi ile karıştırılarak kabul edilebilir kalitedeki çorapların üretiminde kullanılabilceği sonucunun çıkarılabileceği belirtilmiştir.

Gün, Alan ve Şevkan (2016) [37] bir sonraki çalışmalarında pamuk içeren kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm lif ile orijinal poliester lifi karışımından oluşan open end iplikten üretilen çorapların ısı konfor özelliklerini elastan ilavesinin etkisi ile birlikte orijinal pamuk lifinden oluşan open end iplikten üretilen benzer çorapların termal konfor özellikleri ile karşılaştırılmalı olarak incelemiştir. Geri dönüşüm lif içeren çoraplar orijinal pamuk içeren çoraplardan daha düşük ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık, fakat daha yüksek ısı dayanım göstermiştir. Elastansız geri dönüşüm lif içeren çorapların su buharı geçirgenliği orijinal pamuk içeren benzer çorapların su buharı geçirgenliğinden daha yüksek olarak bulunmuştur. Geri dönüşüm ve orijinal pamuk içeren elastanlı çorapların su buharı geçirgenlikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Yüksekkaya, Celep, Doğan, Tercan ve Urhan (2016) [38] geri dönüşüm ve orijinal pamuk ile geri dönüşüm ve orijinal poliester liflerinin %100 olarak kullanılması ve bu liflerin birbirleri ile %50/50 oranında karıştırılması ile elde ettikleri open end ipliklerin kalite özelliklerini ve bu ipliklerden üretilen örme kumaşların patlama mukavemeti, boncuklanma ve sürtünme özelliklerini incelemiştir. Geri dönüşüm pamuk lifleri olarak pamuk içeren kumaş atıklarından elde edilen lifler kullanmışlardır. Orijinal lif içeren ipliklerin ve kumaşların geri dönüşüm lif içeren ipliklerden ve kumaşlardan daha iyi kalite özellikleri gösterdiği belirtilmiştir. Geri dönüşüm poliester liflerinden üretilen iplikler geri dönüşüm pamuk liflerinden üretilen ipliklerden daha yüksek düzgünsüzlük, mukavemet ve uzama değerleri göstermiştir. Geri dönüşüm kumaşların patlama mukavemeti sonuçları orijinal kumaşların patlama mukavemetinden daha düşük olarak bulunmuştur. Tüm kumaşlar için orta derecede boncuklanma sonuçları elde edilmiştir.

Celep, Doğan, Yüksekaya ve Tercan (2016) [39] geri dönüşüm ve orijinal pamuk liflerinin %100 olarak kullanılması ve bu liflerin birbirleri ile %50/50 oranında karıtırılması ile elde ettikleri open end ipliklerden üretilen süprem kumaların ısı konfor özelliklerini incelenmitir. Geri dönüşüm pamuk lifleri olarak konfeksiyonda açığa çıkan pamuk içeren kuma kırıntılarından elde ettikleri lifleri kullanmılardır. Isıl konfor özellikleri olarak ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğrganlık ve hava geçirgenlik özelliklerini incelemilerdir. Kumalarda geri dönüşüm pamuk liflerinin kullanımının kumaların ısı direnç değerlerini arttırdığı, buna karın ısı iletkenlik, hava geçirgenliği ve ısı soğrganlık değerlerini düşürdüğü gzlenmitir. Orijinal liflerden üretilen kumalara göre, geri dönüşüm liflerden üretilen süprem kumaların ısı direnç değerlerinin yüksek olmasının ve ilk temasta daha sıcak bir his vermesinin kullanım alanına bağlı olarak üstünlük sağlayabileceği ifade edilmitir.

Telli ve Babaarslan (2016) [40] retici sonrası pamuk atıklarının ve PET Őie atıklarının geri dntrlmesi ile elde edilmi liflere taşıyıcı lif olarak klasik pamuk ve rejenere selülozik Tencel lifleri karıtırarak farklı karıım oranlarında iplik ve bu ipliklerden denim kumalar retmilerdir. Lif tiplerinin iplik kalite özellikleri ile kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, hava geçirgenliği ve eğilme rijitliğinden oluşan kuma performans özellikleri üzerindeki etkilerini incelemilerdir. Araştırma sonuçlarına göre lif tipinin iplik düzgünsüzlüğü, kalın yer, neps, tüylülük, hava geçirgenliği ve aşınma direnci üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirtmilerdir. Geri dönüşüm PET, klasik pamuk ve Tencel liflerinin oranı arttığında iplik düzgünsüzlüğü azalma gstermitir. Geri dönüşüm pamuk lifinden üretilen ipliklerin ise daha yüksek düzgünsüzlük, IPI hataları, ve tüylülük değerlerine sahip olduğu belirtilmitir. Geri dönüşüm PET ve Tencel liflerin oranındaki artış denim kumaların aşınma direncinin artıını sağlamıtır. Geri dönüşüm pamuk miktarı arttığında denim kumaların hava geçirgenliği değerleri azalma gösterirken, geri dönüşüm PET ve Tencel miktarı arttığında ise hava geçirgenliği değerleri azalma gstermitir.

Telli ve Babaarslan (2017) [41] pamuk lifi (CO), iplik atıklardan geri dntrlen pamuk lifi (r-CO) ve PET Őie atıklarından geri dntrlen poliester lifi (r-PET) kullanarak elde ettikleri farklı karıım oranlarındaki open end ipliklerden denim kumalar retmiler ve geri dönüşüm liflerin denim kumaların yıkama performansı üzerindeki etkilerini incelemilerdir. Denim kumalara yıkama işlemi olarak enzim ve ta yıkama uygulanmıtır. Kumaların yıkama sonrası performanslarını kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma

mukavemeti, hava geçirgenliği ve eğilme rijitliği değerleri ölçüm sonuçlarına göre değerlendirmişlerdir. Deneysel sonuçlar r-CO lifinin yırtılma ve kopma mukavemeti üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu göstermiştir. r-PET içeriği arttıkça kopma mukavemeti, kopma uzaması ve yırtılma mukavemeti değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Rijitlik değerleri artışından dolayı r-PET lif içeriğinin artışı kumaş tutumunu negatif olarak etkilemiştir. Yıkama işleminden sonra kopma mukavemeti, hava geçirgenliği ve eğilme rijitliği azalma göstermiştir. Ağartma ve farklı yıkama işlem koşulları gibi çeşitli kot yıkama yöntemlerinde r-PET içeren kumaşların pamuk ve geri dönüşüm pamuk içeren kumaşlardan daha dayanıklı olduğu ifade edilmiştir.

Borman ve Sun (2016, 2017) [42-43] yaptıkları iki makalede standart pamuk lifi ile geri dönüşüm pamuk lifinden üretilen denim kumaşların yırtılma mukavemeti ve aşınma dayanımı özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Standart pamuk lifinden üretilen denim kumaş geri dönüşüm pamuk lifinden üretilen kumaştan çok az derece daha yüksek yırtılma mukavemeti ve aşınma dayanımı sonuçları göstermiştir. Standart pamuk ile geri dönüşüm pamuk kumaşların yırtılma mukavemeti ve aşınma dayanımı sonuçlarındaki farkların az olması geri dönüşüm pamuk kumaşların sürdürülebilir giysi üretimi için daha uygun bir seçim olabileceği belirtilmiştir.

2.4.2. Yün İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar

Işıktaş (2009) [44] tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında geri dönüşüm yün ve poliester karışımından oluşan dokuma kumaşların ıslak haldeki konfor özellikleri araştırılmıştır. Deneysel sonuçlara göre nem içeriği arttıkça, kumaşların hava geçirgenliği, su buharı direnci ve ısı direnç değerleri azalma, buna karşın ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri artış göstermiştir.

2.4.3 Akrilik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar

Pamuk ve yün içeren tekstil atıklarından elde edilen ipliklerden üretilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili yapılan ve yukarıda özetleri verilen önceki çalışmalar incelendiğinde tekstil atık malzemesi olarak iplik ve kumaş atıklarının kullanıldığı ve yine bu çalışmalarda tekstil atık malzemesinin ya %100 olarak tek başına kullanıldığı veya daha çok pamuk ve poliester gibi orijinal lifler ile karışım halinde kullanıldığı görülmektedir. Tüm

çalışmalarda deneysel sonuçlar her ne kadar tekstil atık malzemesinin, elde edilen ipliğin ve kumaşın kalite ve performans özelliklerini negatif yönde etkilediğini gösterse de tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi ile yine de kabul edilebilir kalitelerde ürün üretilebileceği belirtilmiştir.

Pamuk içeren tekstil atıklarının akrilik içeren tekstil atıklarından elde edilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili literatürde bizim bildiğimiz kadarı ile çalışma bulunmaktadır. Akrilik içeren tekstil atıklarından akrilik ve poliester karışımı olarak üretilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili Pınarlık (1998) [45] tarafından yapılan çalışma bulunmaktadır. Pınarlık (1998) [45] yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında %100 akrilik, %80/4/16 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif, %40/12/48 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif, %20/16/64 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif ve %80/20 poliester/geri dönüşüm lif olacak şekilde beş farklı karışımda ve üç farklı iplik numarasında ürettikleri open end ipliklerin kalite özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Kullanılan atık miktarı arttıkça iplik düzgünsüzlüğü artış ve iplik mukavemeti düşüş göstermiştir.

2.4.4 Yapısında Elastan İçeren Örme Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar

Spandeks (Likra) gibi elastan iplikten üretilen örme ve dokuma kumaşların performans özellikleri ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunduğundan bu bölümde tez konusuna uygun olarak elastan içerikli örme kumaşların performans özellikleri ile ilgili önceki çalışmalar ele alınmıştır.

Marmaralı (2003) [46] pamuk ve spandeks ipliklerden oluşan single jersey örme kumaşların boyutsal ve fiziksel özelliklerini incelemiş ve elde ettiği deneysel sonuçları %100 pamuk ipliğinden örülen benzer kumaşlarla karşılaştırmıştır. Kumaşların boyutsal ve fiziksel özelliklerinin spandeks miktarı ve ilmek iplik uzunluğu ile belirlendiği belirtilmiştir. Spandeks miktarındaki artış kumaşların sıra yüksekliği ve çubuk genişliği değerlerini azaltmıştır. Spandeks içeren kumaşlar daha sıkı olduğu için, bu kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerinin daha yüksek, buna karşın hava geçirgenliği, boncuklanma ve may dönmelerinin ise daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Marmaralı, Özdil ve Kretzschmar (2007) [47] bir sonraki çalışmalarında iki sırada bir elastik iplik kullanarak yarım elastanlı (yarım vanize) ve her sırada bir elastik iplik kullanarak tam elastanlı (tam vanize) teknikler ile ürettikleri düz örme kumaşların ısı ve su buharı geçirgenlik özelliklerini elastik iplik içermeyen düz örgü kumaşlara ait sonuçlar ile

karşılaştırmıştır. Kumaş yapısında kullanılan elastik iplik miktarı arttıkça ısı direnç ve ısı soğurganlık değerleri artış, ısı iletkenlik ve su buharı geçirgenlik değerleri ise azalma göstermiştir. Tene temas ettiğinde, elastik iplik içeren kumaşların elastik iplik içermeyen kumaşlardan daha soğuk bir his verdiği belirtilmiştir.

Elastan içeren örme kumaşların boyutsal özellikleri ile ilgili diğer benzer çalışma Herath and Kang (2008) [48] tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar özlü (core-spun) pamuk/spandeks iplikten üç farklı sıklık değerlerinde ürettikleri kuru, yaş ve tam relakse konumlarındaki single jersey örme kumaşların boyutsal özelliklerini %100 pamuk ipliğinden üretilen benzer kumaşlar ile karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Deneysel sonuçlardan, spandeks içerikli ipliklerin kumaş sıklığını artırdığı ve kumaşlara daha iyi boyutsal stabilite kazandırdığı belirtilmiştir.

Tezel ve Kavuşturan (2008) [49] dört farklı spandeks markası içeren spandeks/pamuk ipliklerden farklı sıklıklarda single jersey örme kumaşlar üreterek spandeks markasının örme kumaşların boyutsal ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek uzama değerlerine sahip spandeks iplik içeren kumaşlar en yüksek gramaj, sıklık, kalınlık değerleri buna karşın en düşük hava geçirgenlik değerleri göstermiştir.

Kızıldağ, Uçar ve Görgün (2016) [50] %100 pamuk ve spandeks iplikler ile %100 pamuk, yarım vanize ve tam vanize olarak düz ve 1x1 rib örgülerde örme kumaşlar üretmişler ve kumaşların boyutsal, fiziksel ve konfor özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yarım vanize kumaşlar en yüksek kılcallık sonuçları, tam vanize kumaşlar ise en düşük kılcallık sonuçları göstermiştir. Sabit yük altındaki uzama ve kalıcı deformasyon spandeks miktarı arttıkça artış göstermiştir.

Abdessalem, Abdelkader, Mokhtar ve Elmarzougui (2009) [51] likra miktarı ile kumaşların boyutsal özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Deneysel sonuçlara göre, kumaş genişliği, ağırlığı ve elastikiyeti kumaş içindeki likra miktarı ile orantılı olarak değişmiştir. Tekrarlı yükleme testi likra miktarı arttıkça kumaşın uzama sonrası tekrar eski haline gelme özelliğinin de arttığını göstermiştir.

Likra miktarının kumaş özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili bir diğer benzer çalışma Sadek, El-Hossini, Eldeeb ve Yassen (2012) [52] tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar pamuk ipliği ile birlikte dönüşümlü olmak üzere yarım elastanlı (yarım vanize) ve her sırada olmak üzere tam elastanlı (tam vanize) teknikleri ile beş farklı uzama değerlerinde likra iplik

kullanarak düz örgü kumaşlar üretmişlerdir. Daha sonra likra ipliklerin uzama artış yüzdelerinin düz örgü kumaşların geometrik, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Hem iki yarım ve tam vanize tekniklerinde likra uzama yüzdesi arttıkça, kumaşların sıklık, kalınlık, gramaj, kopma yükü ve uzaması değerleri artmış, hava geçirgenlik ve elastik modül değerleri ise azalmıştır. Aşınma dayanımları ise yarım vanize kumaşlarda azalmış, tam vanize kumaşlarda ise artış göstermiştir.

Uyanık ve Kaynak (2018) [53] vanize tekniği ile ürettikleri farklı elastan oranlarına sahip pamuklu süprem kumaşların fiziksel, boyutsal özellikleri ile may dönmesi ve verevlikten oluşan estetik özelliklerini elastan içermeyen süprem kumaşlar ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Elastanı dönüşümlü kullanarak yani 1x1 elastanlı (yarı elastan), her sırada elastan kullanarak tam elastanlı ve diğer çalışmalardan farklı olarak iki sıra elastanlı ve 1 sıra elastansız olarak yani 2x1 elastanlı süprem kumaşlar üretilmiştir. Deneysel sonuçlar elastanın süprem kumaşları sıkılaştırıp daha ağır ve kalın hale getirdiğini, boydan çekme miktarı ile estetik özellikleri etkileyen verevlik ve may dönmesini oldukça azalttığını ortaya koymuştur. 2x1 elastanlı süprem kumaş, diğer elastanlı süprem kumaşlara ve özellikle 1x1 elastanlı süprem kumaşa göre daha yakın özellikler göstermiştir.

Kumar ve Sampath (2013) [54] pamuk/spandeks özlü iplikten single jersey kumaşlar üreterek, pamuk/spandeks özlü (core spun) ipliğin çıplak spandeks ipliğin alternatifi olarak kullanılıp kullanılmayacağını ve ilmek iplik uzunluk değerlerinin farklı relaksasyon konumlarındaki kumaşların geometrik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Özlü ipliğin yeterli derecede mukavemete, kopma uzamasına, düzgünlüğe ve düşük tüylülüğe sahip olduğu için kumaşlarda kullanılabileceği belirtilmiştir. Deneysel sonuçlar sıra sıklığı, ilmek yoğunluğu, sıklık faktörü ve gramaj değerlerinin tüm relaksasyon konumlarında ilmek iplik uzunluğu ile ters orantılı olarak değiştiğini göstermiştir.

Elastan ipliklerin pamuk iplikleri dışında viskon iplikler ile olan performanslarını içeren çalışmalar bulunmaktadır. Cuden ve Elesini (2010) [55] viskon ve poliakrilinitril (akrilik) ipliklerden elastan ilaveli ve elastan ilavesiz olarak üretilen örme kumaşların gözeneklilik/sıklık özelliklerini elastan kullanımının nem yönetim ve hava geçirgenlik özellikleri üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için incelemişlerdir. Elastan ilavesi yaş relaxe viskon kumaşların ıslanabilirliğini düşürmüş, buna karşın akrilik kumaşların ıslanabilirliğini artırmıştır. Akrilik kumaşların viskon kumaşlardan daha iyi kılcallık özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Elastan bulunmayan kumaşlarda viskon kumaşlar daha iyi hava

geçirgenliği, elastan ilaveli kumaşlarda akrilik kumaşlar daha iyi hava geçirgenlik değerleri göstermiştir.

Sülar, Okur ve Özçelik (2017) [56] viskon ve poliamid/elastan gipe ipliklerden iki farklı viskon iplik numarası, iki farklı sıklık ve üç farklı gipe iplik numarasında ürettikleri örme spor giysilerin tekrarlı yükler altındaki deformasyon özelliklerini üç farklı yöntem ile incelemiştir. Viskon ile gipe iplik numarasının ve kumaş sıklığının deformasyon üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir. Sıkı ve kalın viskon iplik numarasına sahip kumaşların daha az derecede deforme olduğunu göstermişlerdir. 70/40 numara gipe ipliğin 70/20 ve 70/70 numara iplikler ile karşılaştırıldığında kumaşlarda daha az deformasyon sağladığı belirtilmiştir.

Yukarıda geri dönüşüm ile ilgili önceki çalışmaların incelendiği bölümde verilen geri dönüşüm pamuk iplikten üretilen çorapların performans özelliklerinin (boyutsal ve fiziksel özellikleri ile ısı konfor özelliklerini içeren) elastan iplik ilavesinin etkisi ile birlikte incelendiği Gün, Aktürk, Şevkan ve Alan (2014) [36] ve Gün, Şevkan ve Alan (2016) [37] tarafından yapılan iki çalışma mevcuttur. Çorapların boyutsal ve fiziksel özelliklerini kapsayan çalışma sonuçlarına göre, elastan ilavesi çorapların sıklık, gramaj ve kalınlık değerlerini artırmıştır. Elastan ilaveli kumaşların patlama mukavemeti ve aşınma dirençleri daha yüksek, hava geçirgenliği ise daha düşük olarak elde edilmiştir. Çorapların ısı konfor özelliklerini kapsayan çalışma sonuçlarına göre ise, elastan ilavesi çorapların ısı iletkenliğini, ısı dayanımını ve ısı soğurganlık değerlerini artırmış, buna karşın su buharı geçirgenliğini düşürmüştür.

2.4.5 PBT İplik İçeren Kumaşların Performans Özellikleri ile İlgili Gerçekleştirilen Önceki Çalışmalar

Elastan ipliklerden üretilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili çok sayıda yapılmış çalışma olmasına kadar rağmen, PBT içeren ipliklerden üretilen kumaşların performans özellikleri ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Yapılan çalışmalar daha çok çözümlü örme ve dokuma kumaşların performans özellikleri ile ilgilidir.

Strukelj ve Dimitrovski (2012) [57] tektüre PBT ve pamuk ipliklerini atkı yönünde farklı sıralarda ve farklı miktarlarda kullanılarak pamuk PBT karışımı dokuma kumaşlar elde etmişler, daha sonra çözgü ve atkı sıklıkları ile PBT miktarının dokuma kumaşların kopma kuvveti ve kopma uzaması üzerindeki etkilerini incelenmiştir. PBT miktarı kumaşların atkı yönündeki elastik özelliklerini etkilemiş ve en yüksek elastikiyet en fazla miktarda PBT

içeren kumaş için elde edilmiştir. Minimum miktarda yerleştirilen PBT ipliği dahi kumaşların mekanik özelliklerini iyileştirmiştir.

Kadoğlu, Dimitrovski, Marmaralı, Çelik, Bayraktar, Üte, Ertekin, Demşar ve Kostanjek (2016) [9] pamuk ipliği, PBT/pamuk, PBT filament ve elastan iplikleri atkı yönünde kullanarak ürettikleri dokuma kumaşların performans özellikleri ile ilgili karşılaştırmalı çalışma yapmışlardır. PBT/pamuk ipliğini özlü iplik (core spun) tekniği ile üretmişlerdir. Elastan ve PBT içerikli iplikler benzer uzama ve boyutsal olarak çekme davranışı göstermiştir. PBT içeren iplikler ile daha hafif özellikte elastik kumaşların üretilebileceği belirtilmiştir. Pamuk kumaştan sonraki en yüksek hava geçirgenlik değerini PBT kumaş göstermiş, bu kumaşı PBT/pamuk kumaş izlemiştir. PBT kumaş tüm kumaş tipleri içinde en yüksek su buharı geçirgenliği, en düşük ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri göstermiştir. Elastan içerikli kumaşlar için elde edilen en yüksek ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri nedeni ile bu kumaş tiplerinin ilk tene temasta soğukluk hissi verdiği belirtilmiştir.

Chen, Ma, Mao, Miao ve Jiang (2017) [58] PET (poliester) ve PBT ipliklerden üretilen iki raylı çözümlü örme kumaşların elastik uzama ve geri dönme özelliklerini araştırılmıştır. Kumaşları farklı sıra sıklığı, örgü tipi ve ön-arka ray PET ve PBT iplik düzeninden oluşan üç farklı parametre kullanarak üretmişlerdir. Her parametre üç farklı seviyede seçilmiş olup, seçilen parametre değerlerini ortogonal deney tasarım yöntemine göre düzenlemişlerdir. Her iki rayda PBT ipliğinin kullanıldığı ve %100 PBT iplikten üretilen kumaşlar en yüksek elastik uzama sonuçları göstermiştir.

3 MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışmasında elastik özelliklerdeki gipe ve PBT ipliklerin etkisi de göz önüne alınarak open end geri dönüşüm ve orijinal akrilik ipliklerden elde edilen kazakların performans özelliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, geri dönüşüm ve orijinal akrilik open end ipliklerden elastik iplik ilavesiz ve elastik özelliklerdeki gipe ve PBT iplik ilaveli olarak iki farklı ilmek iplik uzunluklarında kazak amacı için kullanılacak kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların performans özellikleri istatistiki yöntemler yardımı ile incelenmiştir. Kumaşların üretilmesinde kullanılan iplik tipleri ve özellikleri, üretilen kumaş tipleri, kumaşların üretilmesinde kullanılan örme makinası ve özellikleri, üretilen kumaşların performans özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan testler, test cihazları ve uygulanan test metot ve standartları aşağıda sunulmuştur.

3.1 Kumaşların Üretilmesinde Kullanılan İplik Tipleri ve Özellikleri

Bu çalışmada geri dönüşüm ve orijinal akrilik örme kumaşların performans özelliklerinin karşılaştırılması için Nm 14 (Ne 8) iplik numarasında open end geri dönüşüm ve orijinal akrilik olmak üzere iki farklı tipte iplik kullanılmıştır.

Geri dönüşüm sektöründe geri dönüşüm lifler, hammadde ve renklerine göre sınıflandırılan tekstil atıklarının garnet veya şifanöz olarak adlandırılan üzeri metalik teller ile kaplı tarak benzeri makinalarda açılması ile elde edilmektedir. Tekstil atıkları içerdikleri hammadde cinsine göre pamuk, akrilik ve yün olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmanın amacına uygun olarak akrilik içeren tekstil atıkları göz önüne alınmış ve geri dönüşüm akrilik iplik tipi geri dönüşüm akrilik liflerin %100 olarak kullanılması ile üretilmiştir. Geri dönüşüm akrilik iplik geri dönüşüm iplik üretimi yapan Uşak Tekstil Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Kandemiroğlu Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Geri dönüşüm akrilik lifinin inceliği TS EN ISO 137 standardına uygun olarak mikroskop ile ölçülmüş olup, lif incelik değeri $15,64 \pm 3,20$ mikron olarak belirlenmiştir.

Karşılaştırma amacı için kullanılan diğer iplik ise 1,3 dtex lif inceliğinde 38 mm uzunluğunda orijinal akrilik lifler kullanılarak üretilmiştir. Geri dönüşüm akrilik iplik open end iplik makinasında üretildiği için orijinal akrilik iplikte open end iplik makinasında üretilmiştir. Geri dönüşüm akrilik lif ve iplik geri dönüşüm olarak, orijinal akrilik lifi ve iplik

ise akrilik olarak adlandırılmıştır. Geri dönüşüm ve akrilik ipliklerin ölçülen fiziksel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Geri dönüşüm ve akrilik ipliklerin fiziksel özellikleri

İplik özellikleri	Geri dönüşüm	Akrilik
Numara (Ne)	7,20 (0,07)	8,02 (0,05)
Büküm (T/M)	384,6 (10,21)	340,00 (6,04)
Mukavemet (Rkm)	8,46 (0,81)	18,91 (4,61)
Uzama (%)	18,85 (1,43)	28,73 (4,08)
Düzensüzlük (%)	U	10,27 (0,15)
	CVm	13,06 (0,22)
İnce Yer (-%50)	0	0
Kalın Yer (+%50)	53,5 (6,5)	0
Neps (+%280)	52,0 (4,8)	0
Tüylülük indeksi	9,61 (0,04)	8,10 (0,10)

*Standart sapmalar parantez içinde verilmiştir.

İplik numara testi TS 244 EN ISO 2060 standardına uygun olacak şekilde ölçülmüştür. İpliklerin büküm sayıları (T/m) TS EN ISO 2061 standardına göre Mesdan Lab-Twist iplik büküm cihazında, düzensüzlük (%U ve %CVm), IPI iplik hataları (ince yer, kalın yer ve neps) ve tüylülük testleri ISO 16549 standardına göre Uster Tester 4 cihazında ve kopma mukavemeti ve uzama değerleri TS 245 EN ISO 2062 standardına göre Uster Tensorapid 3 cihazında ölçülmüştür.

Geri dönüşüm akrilik ipliğin elastik iplikler ile olan performansını incelemek için gipe ve PBT olmak üzere iki farklı tipte elastik iplik kullanılmıştır. Gipe iplik olarak 20/50 denye likra/poliester iplik kullanılmıştır. Gipe iplik ile aynı iplik numarasını elde etmek için 50 denye ve 20 denye PBT iplik birlikte kullanılmıştır. Toplam 70 denye iplik numaralarındaki gipe ve PBT iplikler geri dönüşüm ve akrilik iplikler ile katlama makinasında katlanmış, daha sonra S yönünde 250 T/m büküm verilerek bükülmüştür. Hu, Lu ve Zhu (2008) [7] isimli araştırmacılar tarafından verildiği gibi, gipe ipliğin elastik uzama miktarı %400-800 arasında değişirken, PBT ipliğin elastik uzama miktarı %24-29 arasında değişmektedir. Gipe iplik PBT ipliğe göre daha elastik bir yapıdadır.

3.2 Kullanılan Düz Örme Makinesinin Özellikleri

Örme kumaşlar E12 makine inceliğinde Shima Seiki SVR 122 düz örme makinasında üretilmiştir. Kullanılan düz örme makinesinin resmi Resim 3.1’de gösterilmiştir.



Resim 3.1 Kumaşların üretiminde kullanılan düz örme makinası

3.3 Üretilen Örme Kumaş Tipleri ve Deney Planı

Çizelge 3.2 Üretilen kumaş tipleri ve deney planı

Kumaş no	Kumaş tipleri		
	Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif cinsi
1	Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm
2			Akrilik
3		Uzun	Geri dönüşüm
4			Akrilik
5	Gipe iplik ilaveli	Kısa	Geri dönüşüm
6			Akrilik
7		Uzun	Geri dönüşüm
8			Akrilik
9	PBT iplik ilaveli	Kısa	Geri dönüşüm
10			Akrilik
11		Uzun	Geri dönüşüm
12			Akrilik

Örme kumaşların üretiminde tek katlı RL düz örgü kullanılmıştır. Tüm farklı hammadde içeren kumaş tipleri sıkı ve gevşek örme kumaş yapılarını temsil etmek üzere kısa ve uzun olmak üzere iki farklı ilmek iplik uzunluğu değerlerinde üretilmiştir.

Geri dönüşüm akrilik ile orijinal akrilik iplikleri kullanarak ve daha sonra bu ipliklere elastik iplik olarak gipe ve PBT iplikler ilave ederek iki farklı ilmek iplik uzunluğu

değerlerinde toplam 12 farklı tipte kazak olarak kullanılacak örme kumaş tipleri üretilmiştir. Bu çalışma için üretilen tüm kumaş tiplerini içeren deney planı Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

3.4 Kumaşlara Uygulanan Relaksasyon İşlemleri

Örme işleminden sonra, kumaşları stabil denge konumuna getirmek için aşağıda açıklandığı gibi kuru ve tam relaksasyon işlemleri uygulanmıştır.

Kuru relaksasyon işleminde kumaşlar standart atmosfer koşullarında (% 65 ± 2 nem ve 20±2 °C sıcaklık) 1 hafta düz zemin üzerinde bekletilmişlerdir.

Tam relaksasyon işleminde kumaşlar EN ISO 6330 standardına uygun olarak tam otomatik çamaşır makinasında 60 °C de 1 saat yıkanmış ve daha sonra 70 °C sıcaklıkta tamburlu kurutucuda 1 saat kurutulmuşlardır. Deney sonuçları verilirken kuru relaksasyon için yıkama öncesi, tam relaksasyon için ise yıkama sonrası ifadeleri kullanılmıştır. Ölçümlerden önce, kumaşlar standart atmosfer koşullarında 24 saat bekletilerek kondisyonlanmışlardır.

3.5 Kumaşların Sıklık Değerlerinin Belirlenmesi

Kumaşların sıklık değerleri olarak cm’deki çubuk sayısı (çubuk/cm) ve cm’deki sıra sayısı (sıra/cm) ve cm²’deki ilmek yoğunluğu (ilmek/cm²) belirlenmiştir. Cm’de bulunan çubuk ve sıra sayıları iki cm’de bulunan çubuk ve sıra sayıları sayılarak belirlenmiştir. Her farklı kumaş tipi için kumaşların farklı yerlerinden toplam 30 farklı ölçüm alınmıştır. Cm’deki çubuk ve sıra sayılarının çarpılması ile cm² deki ilmek sayısı yani ilmek yoğunluğu hesaplanmıştır. Kumaşların sıklık değerleri hem yıkama öncesi (kuru relakse) ve hem de yıkama sonrası (tam relakse) ölçülmüştür.

3.6 Kumaşların Eni ve Boyu Yönünde Meydana Gelen Çekme Miktarının Belirlenmesi

Kumaşlarda meydana gelen enine ve boyuna yönde meydana gelen % çekmelerin miktarı yıkama öncesi (kuru relakse) ve yıkama sonrası (tam relakse) ölçülen çubuk sıklık (w/cm) ve sıra sıklık (c/cm) değerleri kullanılarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\% \text{ enine çekme} = \left(\frac{\left(\frac{1}{w/cm} \right)_{tam} - \left(\frac{1}{w/cm} \right)_{kuru}}{\left(\frac{1}{w/cm} \right)_{kuru}} \right) \cdot 100 \quad (3.1)$$

$$\% \text{ boyuna çekme} = \left(\frac{\left(\frac{1}{c/cm} \right)_{tam} - \left(\frac{1}{c/cm} \right)_{kuru}}{\left(\frac{1}{c/cm} \right)_{kuru}} \right) \cdot 100 \quad (3.2)$$

3.7 Kumaşların İlmek İplik Uzunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Tüm kumaş tipleri için ölçülen ilmek iplik uzunluk değerleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kumaşların ilmek iplik uzunluk değerleri

Kumaş tipleri			İlmek iplik uzunluğu değeri (cm)
Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif cinsi	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	0,728 (0,013)
		Akrilik	0,756 (0,007)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,822 (0,017)
		Akrilik	0,825 (0,011)
Gipe iplik ilaveli	Kısa	Geri dönüşüm	0,714 (0,007)
		Akrilik	0,726 (0,005)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,772 (0,009)
		Akrilik	0,802 (0,012)
PBT iplik ilaveli	Kısa	Geri dönüşüm	0,693 (0,013)
		Akrilik	0,704 (0,013)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,801 (0,009)
		Akrilik	0,792 (0,011)

İlmek iplik uzunluğunun belirlenmesi için 50 çubuğu oluşturan iplik uzunluğu kumaştan çıkarılmış ve bu çıkarılan ipliğin ucuna 10 g ağırlık asılarak ipliğin uzunluğu ölçülmüştür. Her farklı kumaş tipi için 30 tekrar yapılmıştır. 50 ilmek için belirlenen ortalama iplik uzunluğu 50 değerine bölünmüş ve bu şekilde bir ilmek için harcanan ilmek iplik uzunluğu elde edilmiştir. İlmek iplik uzunluk değerleri yıkama öncesinde ölçülmüştür.

3.8 Kumaşların Gramaj Değerlerinin Ölçülmesi

Kumaşların gramaj ölçümleri TS 251 standardına göre yapılmıştır. 100 cm² alana sahip dairesel numune kesme aparatı ile kumaşlardan dairesel örnekler kesilmiş ve daha sonra kesilen örnekler hassas terazide tartılmıştır. Kumaşların metre kare alanının gram olarak kütlelerinin (g/m²) belirlenmesi için tartım sonuçları 100 ile çarpılmıştır. Her farklı kumaş tipi için beş tekrar yapılmıştır.

3.9 Kumaşların Kalınlık Değerlerinin Ölçülmesi

Kumaşların kalınlığı Resim 3.2’de gösterilen Prowhite kalınlık ölçüm test cihazı kullanılarak TS 7128 EN ISO 5084 standardına uygun olarak ölçülmüştür. Her kumaş tipi için beş tekrar yapılmıştır. Kalınlık değerleri mm olarak verilmiştir.



Resim 3.2 Prowhite kalınlık ölçüm test cihazı

3.10 Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Ölçülmesi

Hava geçirgenliği, bir malzemenin iki yüzeyi arasından belirli hava basınç farkı altında birim zamanda kumaşın bilinen alanından dik olarak geçen hava miktarı olarak tanımlanmaktadır [59-60].



Resim 3.3 Airtest II hava geçirgenliği test cihazı

Kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin ölçümü için Resim 3.3’de gösterilen Prowhite firmasına ait Airtest II marka hava geçirgenlik test cihazı kullanılmıştır. Hava geçirgenliği testi TS 391 EN ISO 9237 standardına göre yapılmıştır. Test için kullanılan

ölçüm alanı 20 cm² ve kumaşa uygulana basınç 100 Pascal'dır. Hava geçirgenlik değerleri l/m²/s birim cinsinden verilmiştir. Her kumaş tipi için 10 tekrar yapılmıştır.

3.11 Kumaşların Isıl Özelliklerinin Ölçülmesi

Kumaşların ısıl özellikleri Hes isimli araştırmacı tarafından geliştirilen Resim 3.4'de gösterilen Alambeta test cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler ISO 11092 standardına göre yapılmıştır. Her kumaş tipi için beş ölçüm tekrarı yapılmıştır.



Resim 3.4 Alambeta ısıl özellikler ölçüm test cihazı

Alambeta test cihazı ile kumaşların ısıl özelliklerinin belirlenmesini sağlayan ısıl iletkenlik (λ), ısıl direnç (R), ısıl soğurganlık (b), ısıl difüzyon (a), ısı akış yoğunluk oranı (I) ve kararlı ısı akış yoğunluğu (q_s) parametreleri ölçülmektedir. Bu parametreler aşağıda verildiği gibi açıklanmıştır.

1) Isıl iletkenlik ($Wm^{-1}K^{-1}$): Bir malzemedeki belirli sıcaklık farkında, kumaşın birim kalınlığından, birim alanda transfer edilen ısı miktarının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır [61]. Isıl iletkenlik (λ) Eş. 3.3'de verilen bağıntı ile ifade edilmektedir [62-63].

$$\lambda = \frac{Q}{At \frac{\Delta T}{h}}, Wm^{-1}K^{-1} \quad (3.3)$$

Yukarıda verilen eşitlikte Q: transfer edilen ısı miktarı, ΔT : sıcaklık farkı, t: ısıнын iletildiği zaman, A: alan ve h: kumaş kalınlığıdır.

2) Isıl direnç (m^2KW^{-1}): Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının yüzeylere normal birim alandaki ısı akış hızına oranı olarak tanımlanmaktadır [61]. Eş. 3.4'de verildiği gibi, ısıl direnç (R) ısıl iletkenlik katsayısının (λ) kumaş kalınlığına (h) bölünmesi ile hesaplanmaktadır [62-63].

$$R = \frac{h}{\lambda}, m^2KW^{-1} \quad (3.4)$$

3) Isıl soğurganlık ($Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}$): İki farklı sıcaklıklardaki yüzeylerin birbirine temas ettiği anda meydana gelen ani ısı akışı olarak tanımlanmaktadır [64-65]. Isıl soğurganlık (b), Eş. 3.5’de verildiği gibi hesaplanmaktadır [65]. Kumaşa anlık olarak dokunulması durumunda algılanan soğukluk veya sıcaklık hissinin değerlendirilmesini sağlamaktadır. Isıl soğurganlık değeri düşük olan kumaşlar ilk temas anında sıcaklık hissi, yüksek olanlar ise soğukluk hissi vermektedir [64].

$$b = \sqrt{\lambda\rho c}, Ws^{1/2}/m^2K \quad (3.5)$$

Yukarıda verilen ifade de ρ : kumaş yoğunluğu, λ : ısıl iletkenlik katsayısı ve c: özgül ısı kapasitesidir.

4) Isıl difüzyon (m^2s^{-1}): Malzeme yapısından geçen sıcaklığın yayılım hızı olarak tanımlanmaktadır [64, 66]. Isıl difüzyon (a) Eş. 3.6’de verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır [64].

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}, m^2s^{-1} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki ifade de verilen ρ : malzeme yoğunluğu, λ : ısıl iletkenlik katsayısı ve c:özgül ısı kapasitesidir

5) Isı akış yoğunluk oranı: Maksimum ısı akış yoğunluğunun (q_{max}) kararlı ısı akış yoğunluğuna (q_s) olan oranı olarak ifade edilmektedir. Isı akış yoğunluk oranı (I) Eş. 3.7 kullanılarak hesaplanmaktadır [63].

$$I = \frac{q_{max}}{q_s} \quad (3.7)$$

Maksimum ısı akış yoğunluğu (q_{max}) soğuk malzemenin insan derisine anlık olarak temas etmesinden çok kısa bir süre içinde ortaya çıkan ani ısı akışı olarak tanımlanmaktadır. Isıl soğurganlık değerinde olduğu gibi kumaşların sıcaklık/soğukluk hissinin değerlendirilmesini sağlamaktadır. Yüksek q_{max} değeri soğukluk hissi, düşük q_{max} değeri sıcaklık hissi anlamına gelmektedir [67].

6) Kararlı ısı akış yoğunluğu (Wm^{-2}): Soğuk kumaş insan derisi ile anlık olarak temas ettiğinde ortaya çıkan maksimum ısı akışının belli zaman içinde belirli seviyede kararlı hale geldiği ısı akışı olarak ifade edilmektedir [63]. Kararlı ısı akış yoğunluğu (q_s) Eş. 3.8’de verildiği gibi hesaplanmaktadır [62-63].

$$q_s = \frac{Q}{At}, Wm^{-2} \quad (3.8)$$

Yukarıdaki ifadede verilen Q: ısı miktarı, A: alan ve t: akış zamanıdır.

3.12 Kumaşların Su Buharı Geçirgenliği Değerlerinin Ölçülmesi

Kumaşların su buharı geçirgenliği Hes isimli araştırmacı tarafından geliştirilen Permetest su buharı geçirgenlik test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler TS EN 31092 Standardına göre yapılmıştır. Permetest cihazı ile her kumaş tipi için beş ölçüm tekrarı yapılmıştır. Permetest cihazının fotoğrafı Resim 3.5’de verilmiştir.



Resim 3.5 Permetest su buharı geçirgenliği test cihazı [68]

Deri modeli olarak da adlandırılan bu test cihazı ile kuru ve ıslak insan derisi temsil edilmektedir. Bu test cihazı ile % olarak bağıl su buharı geçirgenliği (P) ve su buharı direnci (R_{et}) değerleri ölçülmektedir [68]. Su buharı geçirgenlik (%P) ve su buharı direnci (R_{et}) değerleri Eş. 3.9 ve Eş. 3.10’da verilen ifadeler ile hesaplanmaktadır [68].

$$P = \left(\frac{q_s}{q_0} \right) 100, \% \quad (3.9)$$

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_s^{-1} - q_0^{-1}), (m^2 Pa/W) \quad (3.10)$$

Yukarıda verilen ifadede P_m : t_a çevre sıcaklığı için pascal olarak doymuş kısmı su buharı, P_a : t_a çevre sıcaklığı için pascal olarak laboratuardaki gerçek kısmi su buharı basıncı, q_0 : numune yerleştirilmeden önceki ısı akış değeri ve q_s : numune yerleştirildikten sonraki ısı akış değeridir.

3.13 Kumaşların Patlama Mukavemeti Değerlerinin Ölçülmesi

Patlama mukavemeti çok yönlü kuvvetlerin etkisi altında kalan tekstil malzemelerinin mukavemet değerlerinin ölçümü için kullanılan alternatif bir metottur [59]. Patlama mukavemeti, kumaşı koparmak için kumaş yüzeyine dik bir şekilde uygulanan hidrostatik kuvvet olarak tanımlanmaktadır [59-60]. Kumaşların patlama mukavemet değerleri Resim 3.5’de gösterilen hidrolik diyafram metoduna göre çalışan Lawson Hemphill patlama mukavemeti test cihazında ölçülmüştür. Ölçümler TS EN ISO 13938-1

standardına göre yapılmıştır. Patlama mukavemeti kPa olarak ölçülmüştür. Her kumaş tipi için beş ölçüm tekrarı yapılmıştır.



Resim 3.6 Lawson Hemphill patlama mukavemeti test cihazı

3.14 Kumaşların Aşınma Dayanımlarının Ölçülmesi

Aşınma genel olarak tekstil malzemesinin kendisine veya diğer bir malzemeye sürtünmesi ile kumaştaki liflerin kırılması veya dışarı çıkarak uzaklaşması sonucunda kumaşa meydana gelen madde azalması veya bozulmadır. Aşınma dayanımı sürtünme kuvvetlerinin etkisi altında kalan tekstil malzemelerinin aşınmaya karşı göstermiş olduğu direnme yeteneğini ölçmek için kullanılmaktadır. [69]. Kumaşların aşınma dayanımları Resim 3.6’da gösterilen James Heal firmasına ait Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazında ölçülmüştür.



Resim 3.7 Martindale boncuklanma ve aşındırma test cihazı

Kumaşların aşınma dayanımları 5000, 10000, 15000 ve 20000 aşınma devirleri sonrasında kumaşlarda meydana gelen kütle kayıpları ölçülerek belirlenmiştir. Aşınma dayanımı testi TS EN ISO 12947-3 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Aşınma devirleri

sonrası kütle kayıp miktarları mg olarak verilmiştir. Her kumaş tipi için üç ölçüm tekrarı yapılmıştır.

3.15 Kumaşların Boncuklanma Değerlerinin Ölçülmesi

Boncuklanma kumaşların giyilmesi ve yıkanması sırasında meydana gelen sürtünme nedeni ile kumaş yüzeyinden çıkan gevşek liflerin topaklanarak kumaş yüzeyinde küçük boncuklar oluşturmasıdır [70].

Kumaşların boncuklanma değerleri daha önce Resim 3.7’de gösterilen James Heal marka Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Tüm ölçümler TS EN ISO 12945-2 standardına göre yapılmıştır. Martindale test cihazına yerleştirilen dairesel olarak kesilen kumaşlara 2000 devir uygulanmış ve kumaş yüzeyinde oluşan boncuklar 1 ve 5 arasında değişen dereceli skala kullanımı ile subjektif olarak değerlendirilmiştir. Subjektif değerlendirmede, kumaşlar test sonrasında standart fotoğraflarla karşılaştırılarak Çizelge 3.4’de gösterilen boncuklanma derecelerine göre 1’den 5’e kadar olan sayılarla değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4 Boncuklanma değerlendirme skalası [70]

Derece	Açıklama
5	Boncuklanma yok
4	Hafif derecede boncuklanma
3	Orta derecede boncuklanma
2	İleri derecede boncuklanma
1	Çok ileri derecede boncuklanma

Kumaşların görünümü birbirini takip eden iki derece arasında bulunduğu, değerlendirmede 1/2, 2/3, 3/4 ve 4/5 gibi yarım değerler kullanılmıştır. Her kumaş tipi için iki ölçüm tekrarı yapılmıştır.

3.16 Kumaşların Esneklik Değerlerinin Ölçülmesi

Esneklik testi olarak kumaşların maksimum uzama miktarları ölçülmüştür. Maksimum uzama olarak belirli bir yük altında kumaşların göstermiş olduğu yüzde uzama miktarı belirlenmektedir. Maksimum uzama miktarı çubuk ve sıra yönlerinde olmak üzere iki yönde ölçülmüştür. Maksimum uzama miktarı Resim 3.8’de verilen Zwick Roell Z010 mukavemet test cihazında TS EN 14704-1 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu test yönteminde öncelikle 5x35 cm uzunluklarında kesilen kumaş numuneleri ön

gerginlik verilmeden 100 mm uzunlukta mesafede bulunan çenelere yerleştirilmiştir. Daha sonra kumaş numunelerine sabit hızda 15 N kuvvetinde germe işlemi uygulanmış ve yük altında kumaşın dayanabildiği maksimum uzama miktarı ölçülmüştür.



Resim 3.8 Zwick Roell Z010 mukavemet test cihazı

3.17 Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Ölçümlerinden elde edilen tüm test sonuçları SPSS 20 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Kullanılan elastik iplik tipinin, kullanılan geri dönüşüm ve orijinal akrilik lif tiplerinin ve ilmek iplik uzunluğunun kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizi genel olarak iki veya daha fazla sayıda gruba ait olan ölçüm ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı ile ilgili hipotezleri test etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir [71]. Elastik iplik tipinin etkisi için elastik ipliksiz, gipe ve PBT alt grupları, lif tipinin etkisi için geri dönüşüm ve akrilik alt grupları son olarak ilmek iplik uzunluğunun etkisi için ise kısa ve uzun grupları oluşturulmuştur. Grupları oluşturan ortalamalar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı 'p' değerlerine göre belirlenmiştir. 'p' değerinin önemlilik derecesi 0,05 değerinden büyük olduğunda ($p > 0,05$) ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı, 'p' değerinin önemlilik derecesi 0,05 değerinden küçük olduğunda ($p < 0,05$) ise ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu kabul edilmiştir. Varyans analizi sonucunda elastik iplik tipi ile lif tipi etkisinde istatistiksel olarak $p < 0,05$ olduğunda, hangi gruplar arasında fark olduğunun ortaya konması için SNK çoklu karşılaştırma testi (Post-hoc) uygulanmıştır. Varyans analizinde ayrı olarak ele alınan elastik iplik tipi ile geri dönüşüm

ve orijinal lif tipinin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkileri SNK çoklu karşılaştırma testinde birlikte malzeme tipi olarak ele alınmıştır. Bu şekilde elastik iplik ilavesi ve tipi ile geri dönüşüm ve akrilik lif tiplerinin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkilerinin birlikte incelenmesi amaçlanmıştır. SNK testindeki malzeme tipi etkisini oluşturan gruplar ‘Elastik ipliksiz geri dönüşüm’, ‘Elastik ipliksiz akrilik’, ‘Gipe geri dönüşüm’, ‘Gipe akrilik’, ‘PBT geri dönüşüm’ ve ‘PBT akrilik’ olarak adlandırılmıştır.

Varyans analizi dışında kumaşların ilmek yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve gramaj değerlerinden oluşan yapısal özelliklerinin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkisinin derecesini belirlemek için Bivariate korelasyon analizi ile yapılmıştır. Korelasyon analizi iki değişken arasındaki lineer ilişkinin derecesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [71].

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kumaşların Yapısal (Boyutsal) Özelliklerine Ait Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Kumaşların yapısal özellikleri olarak ölçülen sıklık (çubuk sıklığı, sıra sıklığı ve ilmek yoğunluğu), gramaj ve kalınlık sonuçları ve değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

4.1.1 Kumaşların Sıklık Sonuçları ve Değerlendirilmesi

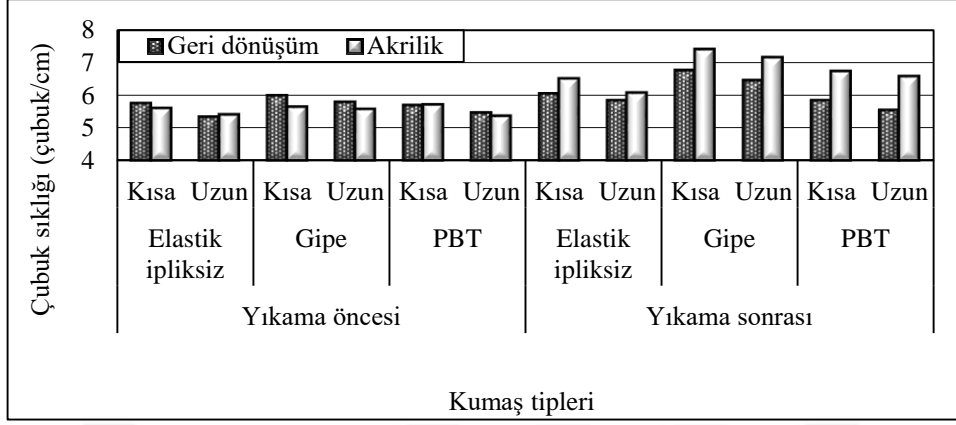
Yıkama öncesi ve sonrası (kuru ve tam relakse haldeki) tüm örme kumaşların sıklık sonuçlarını içeren çubuk sıklığı, sıra sıklığı ve ilmek yoğunluğu ölçüm sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kumaşların sıklık sonuçları

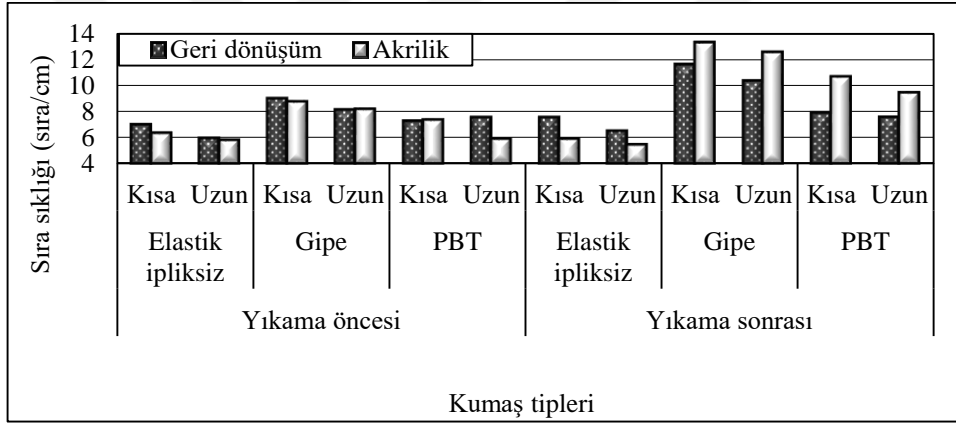
İşlem (Relakse konumu)	Kumaş tipleri			Çubuk sıklığı (Çubuk/cm)	Sıra sıklığı (Sıra/cm)	İlmeğin yoğunluğu (İlmeğin/cm ²)
	Elastik iplik tipi	İlmeğin iplik uzunluğu	Lif tipi			
Yıkama öncesi (Kuru relakse)	Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	5,74 (0,12)	7,02 (0,09)	40,30
			Akrilik	5,61 (0,16)	6,36 (0,14)	35,68
		Uzun	Geri dönüşüm	5,33 (0,15)	5,96 (0,10)	31,77
			Akrilik	5,41 (0,15)	5,81 (0,18)	31,43
	Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	5,98 (0,01)	9,03 (0,17)	54,00
			Akrilik	5,64 (0,13)	8,74 (0,21)	49,29
		Uzun	Geri dönüşüm	5,78 (0,10)	8,15 (0,16)	47,11
			Akrilik	5,58 (0,14)	8,18 (0,27)	45,64
	PBT	Kısa	Geri dönüşüm	5,68 (0,11)	7,29 (0,19)	41,41
			Akrilik	5,71 (0,10)	7,37 (0,14)	42,08
		Uzun	Geri dönüşüm	5,46 (0,10)	6,67 (0,17)	36,42
			Akrilik	5,37 (0,13)	6,54 (0,15)	35,12
Yıkama sonrası (Tam relakse)	Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	6,04 (0,10)	7,56 (0,14)	45,66
			Akrilik	6,51 (0,18)	5,92 (0,14)	38,54
		Uzun	Geri dönüşüm	5,83 (0,12)	6,52 (0,11)	38,01
			Akrilik	6,08 (0,30)	5,46 (0,20)	33,20
	Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	6,75 (0,11)	11,65 (0,35)	78,64
			Akrilik	7,41 (0,13)	13,27 (0,34)	98,33
		Uzun	Geri dönüşüm	6,44 (0,11)	10,38 (0,43)	66,85
			Akrilik	7,16 (0,12)	12,52 (0,43)	89,64
	PBT	Kısa	Geri dönüşüm	5,83 (0,12)	7,90 (0,16)	46,06
			Akrilik	6,74 (0,08)	10,66 (0,18)	71,85
		Uzun	Geri dönüşüm	5,54 (0,12)	7,58 (0,12)	41,99
			Akrilik	6,58 (0,16)	9,45 (0,36)	62,18

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

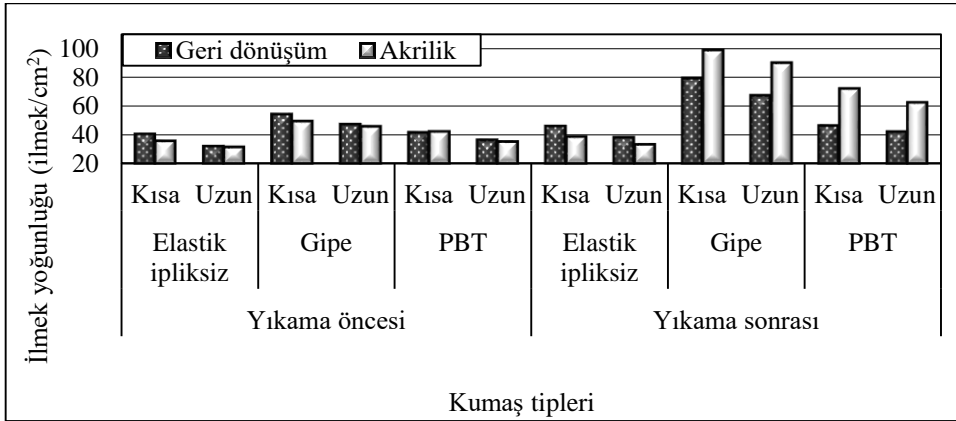
Çizelge 4.1’de verilen çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk sonuçları Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de sırası ile grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kumaşların çubuk sıklık sonuçları



Şekil 4.2 Kumaşların sıra sıklık sonuçları



Şekil 4.3 Kumaşların ilmek yoğunluk sonuçları

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1-4.3 arasında verilen grafiklerde kumaşların yıkama öncesi yani kuru relakse haldeki sıklık değerleri incelendiğinde, her iki kısa ve uzun ilmek uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülecektir. Kumaşların tam olarak relakse olması için uygulanan yıkama işlemi elastik ipliksiz akrilik kumaşların sıra sıklık değerleri haricindeki diğer tüm kumaşların çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerini beklenildiği gibi artırmıştır. Bilindiği üzere, örme işlemi sırasında ilmekleri oluşturan iplik gerilim, eğilme ve burulma kuvvetleri etkisi altında kalmaktadır. Bu meydana gelen kuvvetler nedeni ile ilmekler ve dolayısı ile kumaş şekil değiştirme ve uzama göstermektedir. Örme işlemi tamamlandığında örme kumaş üzerindeki kuvvetleri atarak doğal stabil denge konumuna yani minimum enerji seviyesine gelmeye çalışmaktadır [72-73]. Kumaşlar stabil denge konumuna dönmeye çalışırken enine ve boyuna yönlerde çekme göstererek sıklık değerlerini artırmaktadır. Knapton ve çalışma arkadaşları (1968) [74] ile Postle (1968) [75] adlı araştırmacıların da belirttiği gibi, örme kumaşlar üzerinde bulunan kuvvetleri tamamen tam relaksasyon işlemi içeren yıkama işlemleri yardımı ile atabilmektedirler.

Yıkama sonrası sıklık değerlerindeki artış miktarları kullanılan malzemeye göre farklılık gösterdiğinden, yıkama öncesi birbirine yakın olarak elde edilen geri dönüşüm ve orijinal akrilik kumaşların sıklık değerleri arasındaki farklar yıkama sonrasında özellikle de gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda bu kumaşların fazla miktarda çekmesinden dolayı artış eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.2 Yıkama sonrası kumaş sıklıkları ile kumaş eni ve boyunda meydana gelen değişim miktarlarına ait sonuçlar

Malzeme tipi		Kumaş sıklıklarında meydana gelen değişim miktarları (%)			Kumaş eni ve boyunda meydana gelen değişim miktarı (%)	
Elastik iplik tipi	Lif tipi	Çubuk sıklığı	Sıra sıklığı	İlmeğin yoğunluğu	Kumaş eni	Kumaş boyu
Elastik ipliksiz	Geri dönüşüm	7,30	8,54	16,47	6,77	7,87
	Akrilik	14,21	-6,47	6,82	12,42	-6,92
Gipe	Geri dönüşüm	12,15	28,19	43,77	10,83	21,99
	Akrilik	29,85	52,44	97,95	22,98	34,40
PBT	Geri dönüşüm	2,05	11,01	13,26	2,01	9,86
	Akrilik	20,29	44,57	73,90	16,84	30,83

Çizelge 4.1’de verilen çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk sonuçlarından yıkama sonrası kumaş sıklıkları ile kumaş eni ve boyunda meydana gelen değişim miktarları (%) kısa ve uzun ilmek iplik uzunluk değerleri için ortalama olarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’de verilen yıkama sonrası çubuk sıklık değişim miktarları ve kumaşın enine çekme miktarları elastik iplik ilavesi ve tipi göz önüne alınarak incelendiğinde, yıkama sonrasında hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlarda en yüksek çubuk sıklık değişim miktarını gipe iplik ilaveli kumaşların (geri dönüşüm için %12,15 ve akrilik için %29,85) gösterdiği ve buna bağlı olarak en yüksek miktarlarda enine yönde çekmelerin de gipe iplik ilaveli kumaşlarda (geri dönüşüm için %10,83 ve akrilik için %22,98) meydana geldiği görülecektir. Bu sonuca göre de, Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’den de görüleceği üzere, yıkama sonrasında her iki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar içinde en yüksek çubuk sıklık değerlerini gipe iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek yıkama sonrası çubuk sıklık değişim miktarları, enine çekme miktarları ve çubuk sıklık değerleri kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipi içeriklerine göre farklılık göstermiştir. Geri dönüşüm kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek çubuk sıklık değişim miktarı, enine çekme miktarı ve çubuk sıklık değerleri elastik ipliksiz kumaş tipi için elde edilirken, akrilik kumaşlar içinde ise gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek aynı değerler PBT iplik ilaveli kumaş tipi için elde edilmiştir. Gipe ve PBT ipliklerin uzama miktarları ve dolayısı ile elastikiyetleri farklıdır. Hu, Lu ve Zhu (2008) tarafından verildiği gibi spandeks liflerinin elastik uzama miktarı %400-800 arasında değişirken, PBT liflerinin elastik uzama miktarları %24-29 arasında değişmektedir. Elastik gipe ipliğin çok yüksek uzama ve tekrar eski haline dönme özelliği kumaşlar relakse olduğunda ilmek iplik uzunluğunda bir miktar kısalmaya neden olarak kumaşların çubuk sıklıklarını artırmış olabilecektir. PBT ipliğin ise uzama miktarının dolayısı ile elastikiyetinin gipe iplikten çok daha düşük olması nedeniyle, PBT iplik kumaşlara ilave edildiğinde gipe iplik kadar kumaşların çubuk sıklık değerlerini artırmamıştır. Bu nedenle de, geri dönüşüm ve akrilik ipliklerin uzama özelliklerinin farklı olması nedeni ile PBT iplik ilaveli ve elastik ipliksiz kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipine göre farklı yönlerde çubuk sıklık değerleri göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2’de verilen çubuk sıklık değişim miktarları ve kumaşların enine çekme miktarları geri dönüşüm ve akrilik lif tipi etkisine göre incelenecek olursa, elastik ipliksiz ve

elastik iplik ilaveli kumaşlar için geri dönüşüm kumaşların yıkama sonrası çubuk sıklık değişim miktarlarının akrilik kumaşlardan biraz daha düşük olduğu ve dolayısı ile geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha az miktarlarda enine yönde çektiği görülecektir. Bu nedenle, Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'den de görüleceği üzere elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluğunda yıkama sonrası geri dönüşüm kumaşların çubuk sıklık değerleri akrilik kumaşların çubuk sıklık değerlerinden daha düşük olarak elde edilmiştir. Yıkama sonrası geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha düşük çubuk sıklık değişim miktarları, enine çekme miktarları ve çubuk sıklık değerleri göstermesi "Materyal ve Metot" Bölümünde Çizelge 3.1'de verildiği gibi ipliklerin kopma uzama değerleri ile açıklanabilir (kopma uzaması geri dönüşüm için %18,85 ve akrilik için %28,73). Geri dönüşüm akrilik ipliğe göre daha yüksek kopma uzama değerine sahip olan ve dolayısı ile daha elastik bir yapıda olan orijinal akrilik iplikten üretilen kumaşlar üzerindeki gerilimleri daha çabuk atabildiği için daha fazla miktarlarda enine yönde çekmiş ve bu nedenle de akrilik kumaşlar yıkama sonrası geri dönüşüm kumaşlara göre daha yüksek çubuk sıklık değerleri göstermiş olabilecektir.

Çizelge 4.2'de verilen yıkama sonrası sıra sıklık değişim miktarları ve kumaşın boyuna çekme miktarları elastik iplik ilavesi ve tipi göz önüne alınarak incelendiğinde yıkama sonrasında hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşların sıra sıklık değişim miktarlarının gipe iplik ilaveli kumaşlarda en yüksek olduğu (geri dönüşüm için %28,19 ve akrilik için % 52,44) ve buna bağlı olarak da en yüksek miktarlarda boyuna yönde çekmelerin gipe iplik ilaveli kumaşlarda (geri dönüşüm için %21,99 ve akrilik için %34,40) meydana geldiği görülecektir. Bu sonuca göre de, yıkama sonrasında her iki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar içinde en yüksek sıra sıklık değerlerini gipe iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2). Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek sıra sıklık değişim miktarlarını (geri dönüşüm için %11,11 ve akrilik için %44,57), boyuna yönde çekme miktarlarını (geri dönüşüm için % 11,01 ve akrilik için %44,57) ve sıra sıklık değerlerini PBT iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir.

Şekil 4.2'de verilen sıra sıklık değişim miktarları ve kumaşların boyuna çekme miktarları geri dönüşüm ve akrilik lif tipi etkisine göre incelenecek olursa, geri dönüşüm ve akrilik kumaşların yıkama sonrası sıra sıklık değişim ve boyuna yönde çekme miktarlarının elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde olduğu görülecektir. Elastik iplik ilaveli kumaşlar için geri dönüşüm kumaşların yıkama sonrası sıra sıklık değişim

miktarlarının çubuk sıklık sonuçlarında olduğu gibi akrilik kumaşlardan biraz daha düşük olduğu ve boyuna yönde daha az miktarlarda çektiği görülecektir. Bu nedenle, Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2'den de görüleceği üzere elastik iplik ilaveli kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluğunda yıkama sonrasında geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük sıra sıklık değerleri göstermiştir. Bu sonuç daha öncede çubuk sıklık sonuçlarında belirtildiği gibi geri dönüşüm akrilik ipliğin orijinal akrilik iplikten daha düşük kopma uzama değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, elastik ipliksiz akrilik kumaşların sıra sıklık değerleri yıkama sonrasında artış yerine tam tersi olarak azalma göstermiştir. Bu nedenle, elastik ipliksiz kumaşlarda elastik iplik bulunan kumaşların tersi yönünde geri dönüşüm akrilik kumaşın sıra sıklık değişim miktarı ve boyuna yönde çekme miktarı orijinal akrilik kumaştan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Ayrıca bu sonuca bağlı olarak, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek sıra sıklık değerleri göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2). Elastik iplik bulunmayan kumaş yapısında daha önce belirtildiği gibi akrilik kumaşlar geri dönüşüm kumaşlardan daha fazla miktarda enine yönde çektiği için, bu nispeten yüksek miktardaki enine yönde çekme akrilik kumaşlarda boyuna yönde artışa neden olarak sıra sıklık değerlerinde azalmaya neden olmuş olabilecektir.

Çizelge 4.2'de verilen yıkama sonrası ilmek yoğunluk değişim miktarları elastik iplik ilavesi ve tipi göz önüne alınarak incelendiğinde, yıkama sonrasında hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar için en yüksek ilmek yoğunluk değişim miktarlarını gipe iplik ilaveli kumaşların (geri dönüşüm için %43,77 ve akrilik için %97,95) gösterdiği görülecektir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3'e göre, yıkama sonrasında her iki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar içinde en yüksek ilmek yoğunluk değerlerini gipe iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek yıkama sonrası ilmek yoğunluk değişim miktarları, çubuk sıklık değişim miktarlarında olduğu gibi, kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipi içeriklerine göre farklılık göstermiştir. Geri dönüşüm kumaşlarda gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek ilmek yoğunluk değişim miktarı elastik ipliksiz kumaş için elde edilirken (%16,47), akrilik kumaşlarda ise gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek ilmek yoğunluk değişim miktarı PBT iplik ilaveli kumaş (%73,90) için elde edilmiştir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3'den yıkama sonrası ilmek yoğunluk değerleri incelendiğinde, her iki ilmek iplik uzunluğunda hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlarda gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek ilmek yoğunluk değerlerini

PBT iplik ilaveli kumaşların gösterdiği görülecektir. Bu sonuçlara göre, özet olarak gipe ve PBT iplik ilave etmek kumaşların ilmek yoğunluk değerlerini artırmakta olup, gipe iplik PBT ipliğe göre kumaşların ilmek yoğunluk değerlerini daha fazla miktarlarda artırmaktadır. Daha öncede belirtildiği gibi, gipe ve PBT ipliklerin çok yüksek uzama ve tekrar eski haline dönme özelliği nedeni ile kumaşlardaki ilmeklerin iplik uzunluklarında meydana gelen kısaltmalar kumaşların ilmek yoğunluk değerlerini artırmış olabilecektir.

Çizelge 4.2’de verilen yıkama sonrası ilmek yoğunluk değişim miktarları lif tipi etkisi göz önüne alınarak incelendiğinde, geri dönüşüm ve akrilik kumaşların yıkama sonrası ilmek yoğunluk değişim miktarlarının elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde olduğu görülecektir. Elastik iplik ilaveli kumaşlar için geri dönüşüm akrilik kumaşların yıkama sonrası ilmek yoğunluk değişim miktarları çubuk ve sıra sıklık değerlerinde olduğu gibi orijinal akrilik kumaşlardan daha düşüktür. Bu nedenle, elastik iplik ilaveli kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluğunda yıkama sonrasında geri dönüşüm kumaşların ilmek yoğunluk değerleri akrilik kumaşlardan daha düşük olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3). Elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşın ilmek yoğunluk değişim miktarı akrilik kumaştan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Elastik ipliksiz kumaşlarda ilmek yoğunluk değerleri daha çok sıra sıklık değerleri etkisinde kalmıştır. Elastik ipliksiz kumaşlarda daha önce belirtildiği gibi, geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha yüksek sıra sıklık değerlerine sahip olması nedeni ile her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek ilmek yoğunluk değerleri göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3).

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi ile geri dönüşüm veya akrilik lif tipi parametrelerinin kumaşların ilmek yoğunluğu değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Kullanılan malzeme tipinin yıkama sonrası kumaşların ilmek yoğunluk değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Malzeme tipi etkisi için gerçekleştirilen SNK sonuçları farklı lif tipi içeren kumaşların ilmek yoğunluk değerlerinin altı farklı gruba ayrıldığını ve bu sonuca göre, tüm farklı malzeme içeren kumaşların ilmek yoğunlukları arasında fark bulunduğunu göstermektedir. Elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi en düşük ilmek yoğunluk yani en gevşek kumaş yapısı, gipe iplik içeren akrilik kumaş tipi ise en yüksek ilmek yoğunluk yani en sıkı kumaş yapısı göstermişlerdir. PBT iplik ilaveli kumaşların ilmek yoğunluk değerleri her iki

kumaş tipi arasında yer almıştır. Elastik ipliksiz kumaş yapılarında geri dönüşüm iplik içeren kumaş tipi, elastik iplik içeren kumaş yapılarında ise akrilik iplik içeren kumaşlar daha yüksek ilmek yoğunluk değerleri göstermiştir.

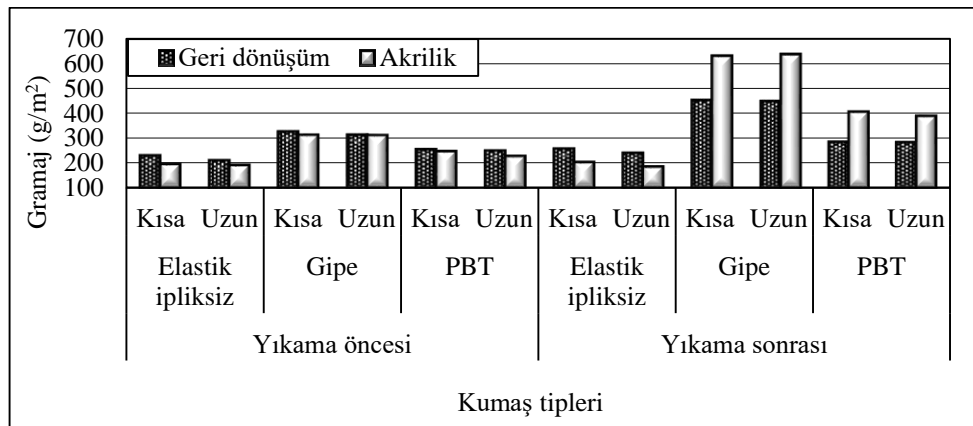
Çizelge 4.3 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ilmek yoğunluk değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar					
	1	2	3	4	5	6
Elastik ipliksiz akrilik	35,85					
Elastik ipliksiz geri dönüşüm		41,84				
PBT geri dönüşüm			44,00			
PBT akrilik				66,98		
Gipe geri dönüşüm					72,77	
Gipe akrilik						93,95
Anlamlılık	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.1.2 Kumaşların Gramaj Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama öncesi ve sonrası tüm kumaşların gramaj ölçüm sonuçları Çizelge 4.4’de tablo olarak, Şekil 4.4’de grafiksel olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4’de verilen gramaj sonuçlarından yıkama sonrası kumaş gramajlarında meydana gelen değişim miktarları (%) kısa ve uzun ilmek iplik uzunluk değerleri için ortalama olarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Kumaşların gramaj sonuçları

Çizelge 4.4 Kumaşların gramaj sonuçları

İşlem (Relakse konumu)	Kumaş tipleri			Gramaj (g/m ²)
	Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif tipi	
Yıkama öncesi (Kuru relakse)	Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	227,85 (3,47)
			Akrilik	193,79 (3,72)
		Uzun	Geri dönüşüm	207,67 (3,37)
			Akrilik	189,77 (3,35)
	Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	323,38 (4,00)
			Akrilik	311,35 (3,06)
		Uzun	Geri dönüşüm	310,69 (4,99)
			Akrilik	310,14 (3,16)
	PBT	Kısa	Geri dönüşüm	251,98 (3,47)
			Akrilik	246,00 (2,00)
		Uzun	Geri dönüşüm	246,43 (2,61)
			Akrilik	225,89 (1,67)
Yıkama sonrası (Tam relakse)	Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	254,62 (3,01)
			Akrilik	202,06 (4,44)
		Uzun	Geri dönüşüm	238,23 (6,17)
			Akrilik	183,65 (2,37)
	Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	447,83 (5,41)
			Akrilik	629,14 (1,03)
		Uzun	Geri dönüşüm	444,11 (5,85)
			Akrilik	635,78 (14,94)
	PBT	Kısa	Geri dönüşüm	282,27 (10,84)
			Akrilik	403,80 (6,80)
		Uzun	Geri dönüşüm	279,87 (2,84)
			Akrilik	388,06 (5,87)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.5 Yıkama sonrası kumaş gramaj değişim miktarlarına ait sonuçlar

Malzeme tipi		Kumaş gramajı değişim miktarları (%) (İlmek yoğunluk değişim miktarı ile birlikte)	
Elastik iplik tipi	Lif tipi	Gramaj	İlmek yoğunluğu
Elastik ipliksiz	Geri dönüşüm	13,23	16,47
	Akrilik	0,52	6,82
Gipe	Geri dönüşüm	40,72	43,77
	Akrilik	103,53	97,95
PBT	Geri dönüşüm	12,80	13,26
	Akrilik	67,97	73,90

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’de verilen kumaş gramaj sonuçları ve Çizelge 4.5’de verilen gramaj değişim miktarları elastik iplik ilavesi ve tipinin etkisine göre incelendiğinde elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaş gramaj sonuçlarını ilmek yoğunluk sonuçlarına benzer şekilde etkilediği görülecektir. Çizelge 4.5’de verilen kumaş gramaj değişim miktarlarına göre yıkama sonrasında hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar için en yüksek gramaj değişim miktarlarını gipe iplik ilaveli kumaşlar (geri dönüşüm için %40,72 ve akrilik için %103,53) göstermiştir. Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’e göre de, yıkama sonrasında en yüksek gramaj değerleri gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek yıkama sonrası gramaj değişim miktarları, kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipi içeriklerine göre farklılık göstermiştir. Çizelge 4.5’e göre, geri dönüşüm kumaşlarda gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek yıkama sonrası gramaj değişim miktarı elastik ipliksiz kumaş (%13,23) için elde edilirken, akrilik kumaşlarda ise gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek yıkama sonrası gramaj değişim miktarı PBT iplik ilaveli kumaş tipi (%67,97) için elde edilmiştir. Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’den yıkama sonrası gramaj değerleri incelendiğinde, her iki ilmek iplik uzunluğunda hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlarda gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek gramaj değerlerini PBT iplik ilaveli kumaşların gösterdiği görülecektir. Bu sonuçlara göre, özet olarak gipe ve PBT iplik ilave etmek kumaşların gramaj değerlerini artırmakta olup, gipe iplik PBT ipliğe göre kumaşların gramaj değerlerini daha fazla miktarlarda artırmaktadır.

Daha önce kumaşların sıklık özelliklerinde belirtildiği gibi, yapısının elastik olmasından dolayı gipe ve PBT elastik iplikler kumaşlarda çekmelere neden olarak kumaşların çubuk ve sıra sıklık değerleri ile ilmek yoğunluk değerlerini ve dolayısı ile gramaj değerlerini artırmaktadır. Gipe ipliğinin PBT ipliğe göre daha elastik olması ve dolayısı ile daha yüksek ilmek yoğunluk değerlerine sahip olması gipe iplik ilaveli kumaşların PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha ağır olmasını sağlamıştır. Gipe ve PBT iplik ilaveli elastik kumaşların elastik ipliksiz kumaşlardan daha yüksek gramaj değerleri göstermesinin diğer nedeni de ilave olarak yerleştirilen gipe ve PBT ipliklerin iplik numaralarıdır. Gipe ve PBT iplikler kumaşa ilave olarak yerleştirildiği için ve bu ipliklerin sahip olduğu iplik numarası kumaşların daha ağır yapıda olmasını sağlamış olabilmektedir.

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’de verilen kumaş gramaj sonuçları ve Çizelge 4.5’de verilen gramaj değişim miktarları geri dönüşüm ve akrilik lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, geri dönüşüm ve akrilik kumaşların yıkama sonrası gramaj değişim miktarlarının ve gramaj

değerlerinin elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde olduğu görülecektir. Elastik iplik ilaveli kumaşlarda için geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük gramaj değişim miktarları göstermiştir. Bu nedenle, elastik iplik ilaveli kumaşlarda yıkama sonrasında geri dönüşüm kumaşların gramaj değerleri akrilik kumaşlardan daha düşük olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4). Elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşın gramaj değişim miktarı akrilik kumaştan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Elastik ipliksiz kumaşlarda daha önce belirtildiği gibi, geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha yüksek ilmek yoğunluk değerlerine sahip olması nedeni ile her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek gramaj değerleri göstermiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4).

İlmeğin iplik uzunluğunun kumaşların gramaj değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, tüm kumaşlarda ilmek iplik uzunluğu arttıkça birim alanda bulunan ilmek sayılarının azalmasından ve dolayısı ile kumaş yapısının daha gevşek hale gelmesinden dolayı gramaj değerlerinin çok az miktarlarda azaldığı görülecektir.

Bivariate korelasyon analizi ile kumaş gramajı ve ilmek yoğunluğu arasında bivariate korelasyon analizi yapılmış ve analiz sonuçlarına göre kumaş gramajı ile ilmek yoğunluğu arasında 0,98 derecesinde kuvvetli pozitif bir ilişki olduğu bulunmuş ve bu ilişkininde 0,01 seviyesinde anlamlı olduğu görülmüştür.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipinin, geri dönüşüm ve akrilik lif tipinin ve ilmek iplik uzunluğunun kumaşların gramaj sonuçları üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların gramaj değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

SNK sonuçları farklı lif tipi içeren kumaşların gramaj değerlerinin altı farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Bu sonuç, altı farklı malzeme tipi içeren tüm kumaşların gramaj değerleri arasında fark olduğunu göstermektedir. Elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi en düşük gramaj ve gipe iplik ilaveli akrilik kumaş tipi ise en yüksek gramaj değerleri göstermiştir. PBT iplik ilaveli kumaşların gramaj değerleri her iki kumaş tipi arasında yer almıştır. Elastik ipliksiz kumaş yapılarında geri dönüşüm kumaş tipi, elastik iplik içeren kumaş yapılarında ise akrilik kumaş tipi daha yüksek gramaj değerleri göstermiştir.

Çizelge 4.6 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların gramaj değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar					
	1	2	3	4	5	6
Elastik ipliksiz akrilik	194,70					
Elastik ipliksiz geri dönüşüm		246,42				
PBT geri dönüşüm			281,07			
PBT akrilik				395,93		
Gipe geri dönüşüm					445,80	
Gipe akrilik						632,76
Anlamlılık	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

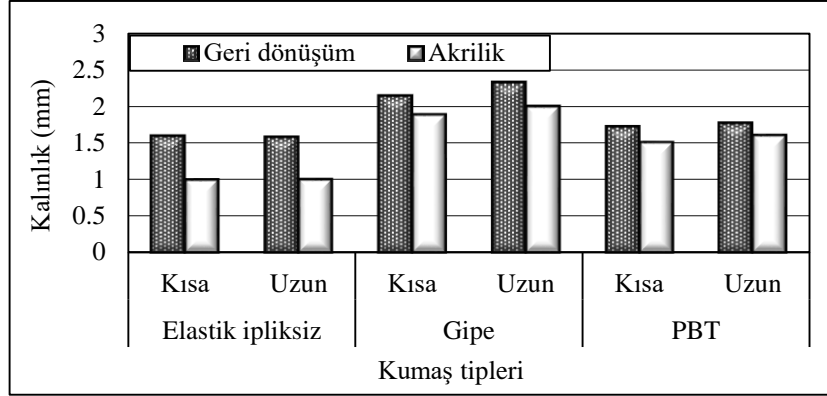
4.1.3 Kumaşların Kalınlık Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama sonrası tüm kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları Çizelge 4.7’de tablo olarak, Şekil 4.5’de grafiksel olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kumaşların kalınlık sonuçları

Kumaş tipleri			Kalınlık (mm)
Elastik iplik tipi	İlmeç iplik uzunluğu	Lif tipi	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	1,600 (0,000)
		Akrilik	0,998 (0,004)
	Uzun	Geri dönüşüm	1,582 (0,022)
		Akrilik	1,000 (0,000)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	2,146 (0,013)
		Akrilik	1,886 (0,009)
	Uzun	Geri dönüşüm	2,330 (0,000)
		Akrilik	1,998 (0,013)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	1,726 (0,018)
		Akrilik	1,506 (0,009)
	Uzun	Geri dönüşüm	1,776 (0,008)
		Akrilik	1,602 (0,018)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.5 Kumaşların kalınlık sonuçları

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5’de verilen kumaş kalınlık sonuçları incelendiğinde elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaşların kalınlık değerlerini etkilediği görülecektir. Kısa ve uzun ilmek iplik uzunluklarındaki hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar içinde elastik ipliksiz kumaşlar beklenildiği gibi en düşük kumaş kalınlık değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlardan sonraki en yüksek kumaş kalınlık değerleri PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en yüksek kumaş kalınlık değerleri ise gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Bu sonuca göre, gipe ve PBT iplik ilavesi kumaşların kalınlık değerlerini artırmakta olup, gipe iplik PBT ipliğe göre kumaşların kalınlık değerlerini daha fazla miktarda artırmaktadır. Elastik iplik ilaveli kumaşların elastik ipliksiz kumaşlara göre daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olması literatürde verilen Marmaralı (2003) [46], Uyanık ve Kaynak (2018) [53], Tezel ve Kavuşturan (2008) [49] ve Kızıldağ, Uçar ve Görgün (2016) [50] tarafından elastik iplik kullanılarak üretilen pamuklu kumaşların performans özellikleri ile ilgili yapılan birçok çalışma sonuçları ile uyumludur.

Daha önce kumaşların sıklık ve gramaj özelliklerinde belirtildiği gibi, yapısının elastik olmasından dolayı gipe ve PBT elastik iplikler kumaşlarda çekmelere neden olarak kumaşların ilmek yoğunluk değerlerini ve dolayısı ile gramaj değerlerini artırmaktadır. Artan ilmek yoğunluğu ve gramaj ile kumaş kalınlığı artmaktadır. Gipe ipliğin PBT ipliğe göre daha elastik olması ve dolayısı ile daha yüksek ilmek yoğunluğu ve gramaj değerlerine sahip olması gipe iplik ilaveli kumaşların PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha kalın olmasını sağlamıştır. Gipe ve PBT iplik ilaveli elastik kumaşların elastik ipliksiz kumaşlardan daha yüksek kalınlık değerleri göstermesinin diğer nedeni de ilave olarak yerleştirilen gipe ve PBT ipliklerin iplik numaralarıdır. Gipe ve PBT iplikler kumaşa ilave olarak yerleştirildiği

için ve bu ipliklerin sahip olduğu iplik numarası veya kalınlık kumaşların daha kalın yapıda olmasını sağlamıştır.

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5’da verilen kumaş kalınlık sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların kalınlık değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olduğu görülecektir. Geri dönüşüm kumaşların kalınlık değerlerinin akrilik kumaşların kalınlık değerlerinden biraz daha yüksek olmasının nedeninin “Materyal ve Metot” bölümündeki Çizelge 3.1’de verildiği gibi, geri dönüşüm ipliğin tüylülük değerinin akrilik iplikten biraz daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (geri dönüşüm 9,61 ve akrilik 8,10). Yine son olarak elastik ipliksiz kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde geri dönüşüm kumaşların ilmek yoğunluk ve gramaj değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olması da elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşların elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek kalınlık değerleri göstermesine neden olmuş olabilir. Elastik iplik ilaveli kumaşların kalınlıkları çok yüksek olduğu için, bu kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların ilmek yoğunluk değerleri arasındaki fark kalınlık değerlerine yansımamıştır.

İlmeğin iplik uzunluğunun kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaş tipi haricindeki diğer kumaşlarda ilmek iplik uzunluğu arttıkça kumaş yapısının daha gevşek ve hacimli hale gelmesinden dolayı kalınlık değerlerinin çok az miktarlarda arttığı görülecektir. Marmaralı (2003) ile Tezel ve Kavuşturan (2008) isimli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da kumaş kalınlığı ve ilmek iplik uzunluğu arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipinin, geri dönüşüm ve akrilik lif tipinin ve ilmek iplik uzunluğunun kumaşların kalınlık değerleri üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların kalınlık değerlerinin beş farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Aynı grupta yer alan PBT iplik ilaveli akrilik ve elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşların kalınlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($p > 0,05$). En düşük kalınlık elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi için, en yüksek kalınlık ise gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tipi için elde edilmiştir. Elastik ipliksiz ve

elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek kalınlık değerleri göstermiştir.

Çizelge 4.8 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların kalınlık değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar				
	1	2	3	4	5
Elastik ipliksiz akrilik	0,999				
PBT akrilik		1,554			
Elastik ipliksiz geri dönüşüm		1,591			
PBT geri dönüşüm			1,751		
Gipe akrilik				1,942	
Gipe geri dönüşüm					2,238
Anlamlılık	1,000	0,126	1,000	1,000	1,000

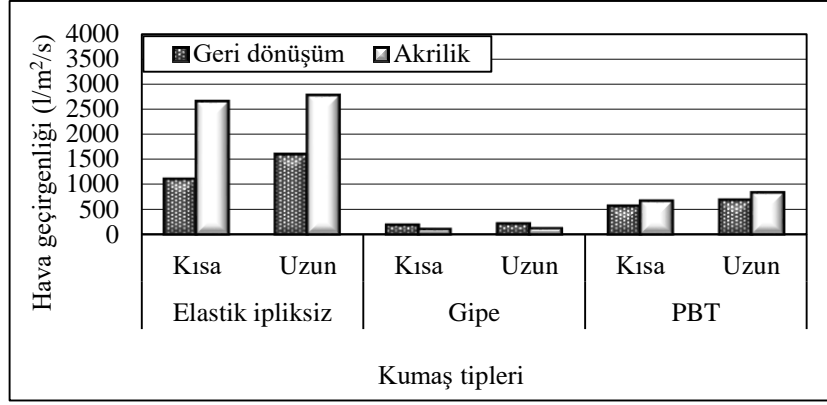
4.2 Kumaşların Hava Geçirgenlik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama sonrası tüm kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 4.9'da tablo olarak, Şekil 4.6'da grafiksel olarak verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları

Kumaş tipleri			Hava geçirgenliği (l/m ² /s)
Elastik iplik tipi	İlme iplik uzunluğu	Lif tipi	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	1107,80 (33,45)
		Akrilik	2650,30 (453,24)
	Uzun	Geri dönüşüm	1598,90 (83,03)
		Akrilik	2775,10 (451,62)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	189,00 (11,79)
		Akrilik	104,00 (8,71)
	Uzun	Geri dönüşüm	214,60 (10,89)
		Akrilik	120,00 (9,49)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	564,9 (29,10)
		Akrilik	672,2 (32,96)
	Uzun	Geri dönüşüm	686,30 (31,67)
		Akrilik	838,30 (102,12)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.6 Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları

Havanın kumaş içinden geçebilme yeteneğini belirleyen hava geçirgenliği konfor sağlayan giysilerin üretimi için önemli bir özelliktir. Kumaşların özellikle nefes alabilirliğini belirlemektedir. Hava geçirgenliği düşük olan kumaşlar vücutta terlemenin meydana gelmesine neden olduğu için, ısı konfor sağlayan giysilerde kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin yüksek olması istenmektedir. Bununla birlikte, düşük hava geçirgenliği özellikle kışlık dış giysilik kumaşlarda rüzgara karşı korunmada avantaj sağlamaktadır.

Kumaşların hava geçirgenlik özelliklerini birçok araştırmacının da belirttiği gibi özellikle kumaşların yapısal parametrelerine bağlı olarak değişen kumaşların gözeneklilik ve kalınlık özellikleri belirlemektedir [76-77]. Kumaş gözenekliliği arttıkça ve kalınlık azaldıkça hava geçirgenlik değerleri artmaktadır.

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.6'da verilen hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaşların hava geçirgenlik değerlerini oldukça fazla miktarda etkilediği görülecektir. Kısa ve uzun ilmek iplik uzunluklarında elastik ipliksiz geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar beklenildiği gibi en yüksek hava geçirgenlik değerlerini göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlardan sonraki en yüksek hava geçirgenlik değerleri PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en düşük hava geçirgenlik değerleri ise gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Bu sonuca göre, gipe ve PBT iplik ilavesi kumaşların hava geçirgenlik değerlerini önemli derecede azaltmakta olup, gipe iplik PBT ipliğe göre kumaşların hava geçirgenlik değerlerini daha fazla miktarda azaltmaktadır. Elastik ipliğin kumaşların hava geçirgenlik değerlerini azalttığı sonucu literatürde bulunan elastik özellikte iplik içeren kumaşların performans özellikleri ile ilgili birçok önceki çalışma sonuçları ile uyumludur [9, 36, 46, 55]. Kadoğlu ve arkadaşlarının (2016) [9] PBT ve elastan iplik ilaveli dokuma kumaşların performans özelliklerini incelediği çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi PBT iplik ilaveli

kumaşlar elastan iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenlik değerleri göstermiştir.

Daha önce kumaşların yapısal özelliklerinde belirtildiği gibi, yapısının elastik olmasından dolayı gipe ve PBT iplikler kumaşlarda çekmelere neden olarak kumaşların sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerini artırmaktadır. Artan ilmek yoğunluğu kumaşta lifler ve iplikler arasındaki boşlukları yani kumaşların gözenekliliğini azalttığı için bu kumaşlarda hava geçirgenliği azalmaktadır. Gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşların elastik ipliksiz kumaşlardan daha düşük hava geçirgenlik değerleri göstermesinin diğer bir nedeni olarak kumaş kalınlık değerleri gösterilebilir. Gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşların elastik ipliksiz kumaşlardan daha kalın yapıda olması bu kumaşlardan geçen hava miktarını azaltmıştır. Gipe iplik içeren kumaşlar PBT iplik içeren kumaşlardan daha kalın olduğu için gipe iplik ilaveli kumaşlarda hava geçirgenlik değerleri kalınlıkla orantılı olarak PBT iplikli kumaşların hava geçirgenlik değerlerinden daha düşük olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.6'da verilen hava geçirgenlik sonuçları lif tipi etkisine göre incelendiğinde, geri dönüşüm ve akrilik kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin elastik iplik ilavesi ve tipine göre farklı yönlerde eğilim gösterdiği görülmüştür. Her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük hava geçirgenlik değerleri gösterirken, gipe iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenlik değerleri göstermiştir. Geri dönüşüm ve akrilik kumaşların hava geçirgenlikleri arasındaki farklar PBT ve gipe iplik ilaveli kumaşlar ile karşılaştırıldığında elastik ipliksiz kumaşlarda daha fazladır. Özellikle, gipe iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların hava geçirgenlik değerleri birbirlerine çok yakın olarak elde edilmiştir. Elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların kalınlık değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olması geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenlik değerleri göstermesine neden olmuş olabilir. Geri dönüşüm ipliğin tüylülük değerinin akrilik iplikten yüksek olmasının da bu sonuç üzerinde etkili olan bir diğer faktör olduğu düşünülmektedir. Kumaş yüzeyinde oluşan tüyler havanın kumaş içinden geçişini azaltacaktır. Ayrıca, elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenlik değerleri göstermesi, geri dönüşüm kumaşların ilmek yoğunluk değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olmasından da kaynaklanmış olabilir. PBT iplik ilaveli kumaşlarda ise kumaş yapısı çok sıkı olduğu için

hava geçirgenliği değerlerini ilmek yoğunluk değerlerinden daha çok kumaş kalınlık değerleri etkilemiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlar diğer elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlardan oldukça sıkı olduğu ve hava geçirgenlik değerleri çok düşük olduğu için lif tipine göre farklılık gösteren kumaş kalınlık ve ilmek yoğunluk değerleri gipe iplik ilaveli kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerinde lif tipine göre etkili olmamıştır. Geri dönüşüm pamuk ve orijinal pamuk ipliklerinden üretilen çorapların boyutsal ve fiziksel özelliklerinin incelendiği Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] tarafından yapılan çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi geri dönüşüm kumaşlar orijinal pamuk kumaşlardan daha düşük hava geçirgenlik değerleri göstermiş olup, her iki kumaş tipi arasındaki fark elastansız kumaşlarda daha yüksek olarak elde edilmiştir.

Yine aynı çizelge ve şekilden ilmek iplik uzunluğunun kumaşların hava geçirgenliği üzerindeki etkisi incelendiğinde, ilmek iplik uzunluğu arttıkça kumaş yapısının daha gevşek hale gelmesinden dolayı hava geçirgenlik değerlerinin arttığı görülecektir.

Bivariate korelasyon analizi sonuçlarına göre, hava geçirgenliği ile kumaş yapısal parametreleri arasındaki en yüksek istatistiksel ilişki kumaş kalınlığı için elde edilmiştir. Hava geçirgenliği ile kalınlık arasında -0,909 derecesinde kuvvetli negatif bir ilişki olduğu bulunmuş olup, bu ilişkininde 0,01 seviyesinde anlamlı olduğu görülmüştür.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar				
	1	2	3	4	5
Gipe akrilik	112,00				
Gipe geri dönüşüm	201,80				
PBT geri dönüşüm		625,60			
PBT akrilik			755,25		
Elastik ipliksiz geri dönüşüm				1353,35	
Elastik ipliksiz akrilik					2712,70
Anlamlılık	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin beş farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. En düşük hava geçirgenlik değerlerine sahip olan gipe iplik ilaveli geri dönüşüm ve akrilik kumaş tiplerinin hava geçirgenlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. En yüksek hava geçirgenliği ise elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi için elde edilmiştir. Gipe iplik ilaveli kumaş tipi dışında, elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaş tiplerinde geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük hava geçirgenlik değerleri göstermiştir.

4.3 Kumaşların Alambeta Isıl Özelliklerine Ait Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.11 Kumaşların Alambeta ısı özellik sonuçları

Kumaş tipleri			Isıl iletkenlik (λ) ($Wm^{-1}K^{-1}$)	Isıl direnç (R) (m^2KW^{-1})	Isıl soğurganlık (b) ($Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}$)	Isıl difüzyon (a) (m^2s^{-1}) 10^{-6}	Maks. ısı akış yoğ. (q_{max}) (Wm^{-2})	Maks. ısı akış yoğ. oranı (I)
Elastik iplik tipi	İlme iplik uz.	Lif tipi						
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	0,0330 (0,0007)	0,0412 (0,004)	98,88 (0,89)	0,112 (0,03)	472,20 (3,57)	1,651 (0,011)
		Akrilik	0,0391 (0,0016)	0,0233 (0,0007)	104,16 (3,94)	0,141 (0,009)	678,84 (25,12)	1,365 (0,026)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,0277 (0,0012)	0,0415 (0,0003)	119,04 (7,22)	0,054 (0,006)	568,52 (28,16)	2,041 (0,101)
		Akrilik	0,0361 (0,0035)	0,0251 (0,0013)	99,50 (6,78)	0,132 (0,020)	638,68 (31,36)	1,395 (0,028)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	0,0460 (0,0013)	0,0457 (0,0012)	131,96 (15,88)	0,127 (0,036)	498,22 (43,73)	1,907 (0,178)
		Akrilik	0,0623 (0,0029)	0,0289 (0,0018)	168,80 (6,487)	0,137 (0,016)	663,18 (29,45)	1,655 (0,038)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,0513 (0,0017)	0,0434 (0,0014)	183,98 (8,17)	0,078 (0,008)	683,14 (36,58)	2,535 (0,104)
		Akrilik	0,0657 (0,0017)	0,0280 (0,0009)	257,30 (32,27)	0,068 (0,021)	1010,26 (141,07)	2,392 (0,301)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	0,0358 (0,0012)	0,0432 (0,0019)	125,40 (3,82)	0,081 (0,005)	560,80 (22,73)	2,042 (0,038)
		Akrilik	0,0504 (0,0011)	0,0273 (0,0007)	156,60 (6,401)	0,104 (0,012)	738,50 (22,82)	1,709 (0,069)
	Uzun	Geri dönüşüm	0,0435 (0,0015)	0,0380 (0,007)	96,16 (1,33)	0,205 (0,017)	425,48 (5,63)	1,575 (0,022)
		Akrilik	0,0523 (0,0014)	0,0271 (0,0030)	147,40 (3,430)	0,126 (0,005)	698,56 (17,33)	1,699 (0,039)

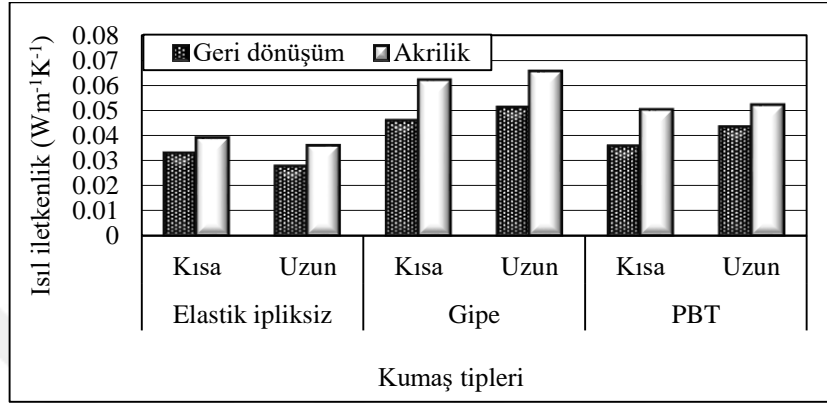
* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

Alambeta ısı özellik test cihazında ölçülen yıkama sonrası tüm kumaş tiplerine ait ısı iletkenlik ($Wm^{-1}K^{-1}$), ısı direnç (m^2KW^{-1}), ısı soğurganlık ($Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}$), ısı difüzyon (m^2s^{-1}), maksimum ısı akış yoğunluğu (Wm^{-2}) ve maksimum ısı akış yoğunluğu oranı parametrelerinden oluşan ısı özellik ölçüm sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgede

verilen ısı özellik test sonuçlarından ısı iletkenlik, ısı direnç ve ısı soğurganlık parametrelerinin analizi yapılmıştır.

4.3.1 Kumaşların Isıl İletkenlik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.11’de verilen ısı iletkenlik sonuçları Şekil 4.7’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Kumaşların ısı iletkenlik sonuçları

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.7’de verilen ısı iletkenlik sonuçları incelendiğinde elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaşların ısı iletkenlik değerlerini oldukça fazla miktarda etkilediği görülecektir. Her iki kısa ve uzun ilmek iplik uzunluklarındaki hem geri dönüşüm ve hem de akrilik kumaşlar içinde elastik ipliksiz kumaşlar en düşük ısı iletkenlik değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlardan sonraki en düşük ısı iletkenlik değerleri PBT iplik ilaveli kumaşlar için elde edilirken, en yüksek ısı iletkenlik değerleri ise gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Bu sonuca göre, gipe ve PBT elastik ipliklerin ilavesi kumaşların ısı iletkenlik değerlerini önemli derecede artırmaktadır. Elastik iplik içeren kumaşların daha yüksek ısı iletkenlik değerleri göstermesi sonucu pamuk ve elastan içeren kumaşların ısı özellikleri ile ilgili Gün, Alan ve Şevkan (2016) [37] ve Ertekin, Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2018) [78] tarafından yapılan iki çalışma sonuçları ile de uyumludur. PBT ve gipe iplikli kumaşların ısı iletkenlik değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, gipe iplik ilaveli kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek olduğu görülecektir. Kadoğlu ve arkadaşlarının (2016) [9] PBT ve elastan ilaveli dokuma kumaşların performans özelliklerini incelediği çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi PBT iplik ilaveli pamuk kumaşlar elastan ilaveli pamuk kumaşlardan daha düşük ısı iletkenlik değerleri göstermiştir.

Kumaş yapısı içindeki lif ve havanın miktarları büyük ölçüde kumaşların ısı iletkenlik değerlerini etkilemektedir. Havanın ısı iletkenlik katsayısı $0,025 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ve akrilik (poliakrironitril) lifinin ısı iletkenlik katsayısı ise $0,2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ değerlerinde olup [61], lifin ısı iletkenlik katsayısı havanın ısı iletkenlik katsayısından yaklaşık sekiz kat olacak şekilde oldukça yüksektir. Bu sonuca göre, daha fazla miktarda lif içeren kumaşların daha yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olması beklenmektedir. Oldukça sıkı kumaş yapısına sahip olan elastik iplik içeren kumaşlar elastik ipliksiz kumaşlar ile karşılaştırıldığında yapısında daha fazla lif buna karşın daha az miktarda hava bulundurmaktadır. Lifin havaya göre daha yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olması elastik iplikli kumaşlarda ısı iletkenlik değerlerinin artmasına neden olmuş olabilecektir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.7’de verilen kumaş yapısal parametrelerine göre, gipe iplik içeren kumaşlar PBT içeren kumaşlara göre daha sıkı ve kalın olduğu için dolayısı ile daha yüksek miktarda lif içerdiği için gipe iplik ilaveli kumaşlar daha yüksek ısı iletkenlik değerleri göstermiş olabilecektir.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.7’de verilen ısı iletkenlik sonuçları lif tipi etkisine göre incelenecek olursa, Gün, Alan ve Şevkan (2016) [37] tarafından yapılan çalışma ile uyumlu olacak şekilde her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz, gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin akrilik kumaşlardan daha düşük olduğu görülecektir. Bu sonucun nedeni kumaş yapısal parametrelerinden ilmek yoğunluk değerleri ile açıklanabilir. Çizelge 4.1’de verildiği gibi ve daha önce açıklandığı üzere gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların ilmek yoğunluk değerleri akrilik kumaşlardan daha düşüktür. Bu nedenle, geri dönüşüm kumaşların yapısında daha yüksek oranda düşük ısı iletkenliğe sahip hava barındırması geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha düşük ısı iletkenlik değerleri göstermesine neden olmuş olabilir.

Elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek ilmek yoğunluk değerlerine sahip olmasına rağmen elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar elastik ipliksiz akrilik kumaşlardan daha yüksek ısı iletkenlik değerleri göstermemiştir. Bu sonucun nedeninin elastik ipliksiz kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin çok düşük olması ve yapısında çok fazla hava barındırması olduğu düşünülmektedir.

İlme k iplik uzunluğu arttıkça kumaşların ısı iletkenlik değerleri belirli bir yönde artış veya azalış göstermemiştir.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluk parametrelerinin kumaşların ısı iletkenliği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı iletkenlik değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

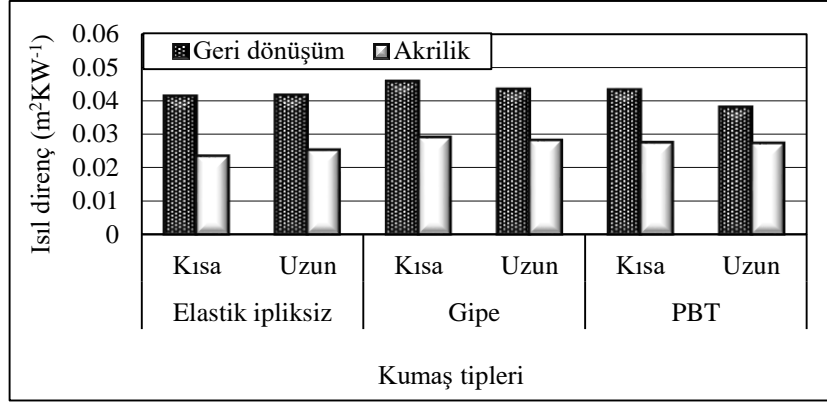
Çizelge 4.12 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı iletkenlik değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar			
	1	2	3	4
Elastik ipliksiz geri dönüşüm	0,0304			
Elastik ipliksiz akrilik		0,0376		
PBT geri dönüşüm		0,0396		
Gipe geri dönüşüm			0,0487	
PBT akrilik			0,0513	
Gipe akrilik				0,0640
Anlamlılık	1,000	0,141	0,058	1,000

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin dört farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaş tipi en düşük ısı iletkenlik, gipe iplik ilaveli akrilik kumaş tipi ise en yüksek ısı iletkenlik değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz akrilik ile PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tiplerinin ısı iletkenlikleri arasında ve gipe iplik ilaveli geri dönüşüm ile PBT iplik ilaveli akrilik kumaş tiplerinin ısı iletkenlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır. Elastik ipliksiz, PBT iplik ilaveli ve gipe iplik ilaveli kumaş tiplerinde geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük ısı iletkenlik değerleri göstermiştir.

4.3.2 Kumaşların Isıl Direnç Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.11’de verilen ısı direnç sonuçları Şekil 4.8’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Kumaşların ısı direnç sonuçları

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.8’de verilen ısı direnç sonuçları incelendiğinde, elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaşların ısı direnç değerleri üzerinde oldukça etkili olduğu görülecektir. Her iki ilmek iplik uzunluklarında hem geri dönüşüm ve hem de akrilik kumaşlar içinde en yüksek ısı direnç değerleri gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Uzun ilmek iplik uzunluğundaki elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerleri hariç, gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek ısı direnç değerlerini PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en düşük ısı direnç değerlerini ise elastik ipliksiz kumaşlar göstermiştir. Bu sonuca göre, gipe iplik ilave etmek tüm ilmek iplik uzunluk değerlerindeki geri dönüşüm ve akrilik kumaşların ısı direnç değerlerini en fazla derecede artırmaktadır. PBT iplik ilave etmek ise uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer kumaşların ısı direnç değerlerini artırmakta olup, gipe iplik PBT ipliğe göre tüm incelenen kumaşların ısı direnç değerlerini daha fazla miktarlarda artırmaktadır.

Elastik iplik içeren kumaşların daha yüksek ısı direnç değerleri göstermesi sonucu pamuk ve elastan içeren örme kumaşların ısı özellikleri ile ilgili Gün, Alan ve Şevkan (2016) [37] ve Marmaralı, Özdil ve Kretschmar (2007) [47] tarafından yapılan ve aynı şekilde pamuk ve elastan içeren dokuma kumaşların ısı özellikleri ile ilgili Gorjanc, Dimitrovski, & Bizjak (2012) [79] tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile de uyumludur. Bilindiği gibi kumaşın ısı direnci kumaş kalınlığının ısı iletkenlik değerine oranı ile ifade edilmektedir [64]. Isı direnç kumaş kalınlığı ile doğru orantılı, ısı iletkenlik ile ters orantılı olarak değiştiği için, ısı iletkenlikte meydana gelen azalma veya kumaş kalınlığında meydana gelen artış ısı direnci artırmaktadır. Genellikle, kumaş kalınlığının ısı direnci etkileyen en önemli parametre olduğu kabul edilmektedir [61, 80]. Kumaş kalınlığı ve ısı iletkenlik dışında, ısı direnci etkileyen diğer faktör ısı iletkenlik özelliğinde olduğu

gibi, kumaş yapısı içindeki lif ve hava oranıdır [61, 80]. Havanın düşük ısı iletkenlik özelliği veya ısı yalıtım özeliğinden dolayı, kumaş yapısı içinde bulunan hava kumaşın ısı direncini artırmaktadır.

Verilen ısı direnç sonuçlarına göre, ısı iletkenlik katsayısının ve kumaş yapısı içindeki hava miktarının elastik iplik kullanımı ve elastik iplik tipi parametrelerine göre kumaşların ısı direnç sonuçları üzerinde pek etkili olmadığı görülmüştür. Bir önceki kısımda da açıklandığı gibi, elastik iplik içeren kumaşların elastik iplik içermeyen kumaşlardan daha yüksek ısı iletkenlik değerleri gösterdiği belirtilmiştii. Bu durumda ısı iletkenlik değeri ile ters orantılı olarak değişen ısı direnç değerlerinin de yüksek ısı iletkenliğe sahip elastik iplikli kumaşlarda düşük olması gerekirdi. Yukarıda verilen bilgiler ışığında, sıkı yapıdaki elastik iplik içeren kumaşlar yapısında yüksek miktarlarda hava bulundurmadığı halde, yüksek ısı direnç özelliği göstermişlerdir. Kumaşların ısı direnç sonuçları üzerinde kumaş yapısı içinde bulunan hava miktarı ve ısı iletkenlik katsayısından ziyade kumaş kalınlığın etkili olduğu görülmektedir. Elastik iplik ilaveli kumaşların kalın yapısı ısı direncini artırmıştır. Gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha kalın yapıda olduklarından, gipe iplik ilaveli kumaşların ısı direnci PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.8’de verilen ısı direnç sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ile gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olduğu görülecektir. Bu sonuç geri dönüşüm kumaşların soğuk havalar için daha uygun olduğunu göstermektedir. Geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olmasının nedeni kumaş yapısal parametrelerinden kumaş kalınlığı ve kumaşların ısı iletkenlik değerleri ile açıklanabilmektedir. Çizelge 4.7’de verildiği üzere geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olması ve Çizelge 4.11’de verildiği gibi daha düşük ısı iletkenlik değerlerine sahip olması geri dönüşüm kumaşların daha yüksek ısı direnç sonuçları göstermesinde etkili olmuş olabilir.

İlmek iplik uzunluğunun kumaşların ısı direnç değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, ilmek iplik uzunluğunun elastik iplik ilavesiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilim gösterdiği görülmüştür. İlmek iplik uzunluğu arttıkça elastik ipliksiz geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda kumaş yapısının daha gevşek hale gelmesinden

dolayı ısı direnç değerlerinin arttığı görülmüştür. Elastik iplikli kumaş yapılarında ise elastik ipliksiz kumaş yapılarının tersi yönünde ilmek iplik uzunluğundaki artış beklenenin tersine ısı direnç değerlerini elastik iplikli kumaş yapılarında bulunan hava miktarının çok az olmasından dolayı düşürmüştür.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların ısı direnci üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı direnç değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısı direnç değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

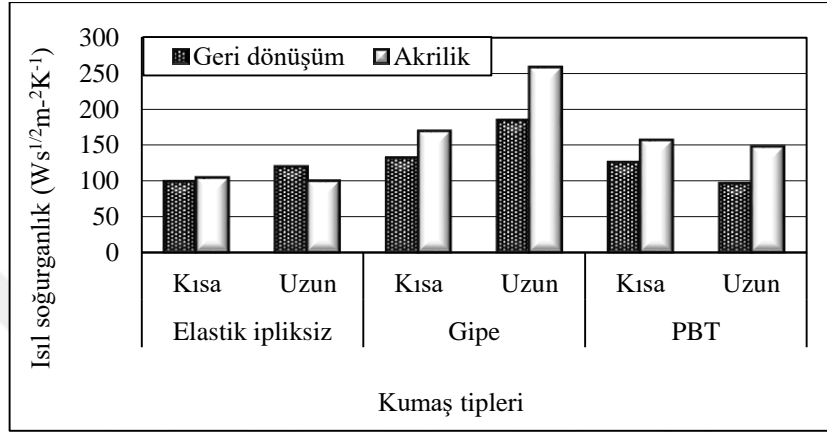
Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar			
	1	2	3	4
Elastik ipliksiz akrilik	0,0242			
PBT akrilik		0,0272		
Gipe akrilik		0,0285		
Elastik ipliksiz geri dönüşüm			0,0406	
PBT geri dönüşüm			0,0414	
Gipe geri dönüşüm				0,0445
Anlamlılık	1,000	0,147	0,383	1,000

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların ısı direnç değerlerinin dört farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi en düşük ısı direnç, gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tipi ise en yüksek ısı direnç değerleri göstermiştir. PBT iplik ilaveli akrilik ile gipe iplik ilaveli akrilik kumaşların ısı direnç değerleri arasında ve elastik ipliksiz geri dönüşüm ile PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır. PBT iplik ilavesi geri dönüşüm kumaşların ısı direnç sonuçlarında istatistiksel olarak önemli değişikliğe neden olmamıştır. Çizelge 4.13’de verilen ortalama ısı direnç değerleri incelendiğinde, gerek elastik ipliksiz gerekse elastik iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerlerinin benzer akrilik kumaşlardan çok yüksek olduğu görülecektir. Ayrıca PBT ve gipe elastik iplik ilaveli akrilik kumaşların ısı direnç değerleri dahi elastik iplik ilave edilmeyen geri dönüşüm kumaşların ısı direnç değerlerinden düşüktür. Bu sonuç, geri dönüşüm kumaşların soğuk havalar için daha uygun olduğu ve geri dönüşüm iplikten örülen

kumaşların elastik iplik ilave edilmeden bile elastik iplik ilaveli akrilik kumaşlardan daha iyi ısı yalıtım sağlayarak soğuktan koruyabileceği anlamına gelebilmektedir.

4.3.3 Kumaşların Isıl Soğurganlık Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.11’de verilen ısı soğurganlık sonuçları Şekil 4.9’da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Kumaşların ısı soğurganlık sonuçları

Isıl soğurganlık ilk temas anında kumaşların sıcaklık-soğukluk hissini objektif olarak ölçümüdür. İki malzemenin temas ısısını belirlemektedir. Yüksek ısı soğurganlık değerine sahip kumaşlar soğukluk hissi, düşük ısı soğurganlık değerine sahip kumaşlar ise sıcaklık hissi vermektedir. Soğuk havalarda kullanılacak kazaklık kumaşlarda sıcaklık hissi istenmektedir.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.9’da verilen ısı soğurganlık sonuçları incelendiğinde elastik iplik kullanımı ve tipinin özellikle gipe ipliğinin kumaşların ısı soğurganlık değerleri üzerinde oldukça etkili olduğu görülecektir. Her iki ilmek iplik uzunluklarında hem geri dönüşüm ve hem de akrilik kumaşlar içinde en yüksek ısı soğurganlık değerleri gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Uzun ilmek iplik uzunluğundaki elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların ısı soğurganlık değerleri hariç, gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek ısı soğurganlık değerlerini PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en düşük ısı soğurganlık değerlerini ise elastik ipliksiz kumaşlar göstermiştir. Bu sonuca göre, her ne kadar bazı istisnalar olsa da elastik iplik ilavesi özellikle de gipe iplik ilavesi kumaşların ısı soğurganlık değerlerini arttırmaktadır. Elastik iplik içeren kumaşların daha yüksek ısı soğurganlık değerleri göstermesi eğilimi sonucu pamuk ve elastan içeren

kumaşların ısı özellikleri ile ilgili Gün, Alan ve Şevkan (2016) [37], Marmaralı, Özdil ve Kretschmar (2007) [47] ve Ertekin, Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2018) [78] tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile de uyumludur. PBT ve gipe iplik ilaveli kumaşların ısı soğurganlık değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, gipe iplik ilaveli kumaşların ısı soğurganlık değerlerinin PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek olduğu görülecektir. Kadoğlu ve arkadaşlarının (2016) [9] PBT ve elastan ilaveli dokuma kumaşların performans özelliklerini incelediği çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi PBT iplik ilaveli kumaşlar elastan iplik ilaveli kumaşlardan daha düşük ısı soğurganlık değerleri göstermiştir.

Isı soğurganlık “Materyal ve Metot” Eş. 3.5’de verildiği gibi ısı iletkenlik, kumaş yoğunluğu ve kumaşın özgül ısı kapasitesine bağlıdır [64]. Isı soğurganlık ısı iletkenlik, kumaş yoğunluğu ve kumaşın özgül ısı kapasitesi ile doğru orantı olarak değişmektedir. Özellikle kumaşların ısı iletkenliği arttığında ısı soğurganlık artış göstermektedir. Isı soğurganlığı etkileyen diğer parametre de kumaşın pürüzlü veya düzgün olması yani kumaşın yüzey özellikleridir. Düzgün yüzeyler insan derisinde daha büyük alanda temas sağladığı için ısı geçiş değerlerini artırarak kumaşın ısı soğurganlığını artırmaktadır. Bu şekilde, soğukluk hissi hissedilmektedir. Pürüzlü yüzeyler ise tam tersi olarak insan derisinde daha küçük alanda temas sağladığı için ısı soğurganlığı düşürmekte ve sıcaklık hissi hissedilmektedir [81-82].

Yukarıda verilen bilgiler ışığında elastik iplik ilaveli kumaşların yüksek ısı soğurganlık gösterme eğilimi bu kumaşların Çizelge 4.11’de verildiği gibi yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olması ile açıklanabilmektedir. Bu sonucun diğer bir nedeni de, elastik iplik ilaveli kumaşların daha düzgün yüzey özelliğine sahip olmasıdır. Elastik iplik ilaveli kumaşlar sıkı yapısı ile bu kumaşların daha düzgün yüzeyli olmasını sağlayarak kumaşların ısı soğurganlığını artırmış olabilecektir.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.9’de verilen ısı soğurganlık sonuçları lif tipi etkisi göz önüne alınarak incelenecek olursa, uzun ilmek iplik uzunluğundaki elastik ipliksiz kumaşlar haricinde, diğer kısa ve uzun ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların ısı soğurganlık değerlerinin akrilik kumaşlardan daha düşük olduğu görülecektir. Bu sonuç üzerinde daha çok kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Geri dönüşüm kumaşların Çizelge 4.11’de verildiği gibi daha düşük ısı iletkenlik değerlerine sahip olması geri dönüşüm kumaşların daha düşük ısı soğurganlık sonuçları göstermesine neden olmuş olabilir. Geri

dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha düşük ısıl soğurganlık değerlerinde olması bu kumaşların ilk temas anında kişiye daha çok sıcaklık hissi verebileceği düşünülmektedir.

İlmek iplik uzunluğunun kumaşların ısıl soğurganlık değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, ilmek iplik uzunluğunun ısıl soğurganlık üzerinde belirli bir artış veya azalış yönünde etkisi olmadığı görülmüştür.

Isıl soğurganlık ile kumaş yapısal parametreleri arasında en yüksek ilişki 0,785 ile ilmek yoğunluğu arasında tespit edilmiş olup, bu ilişki 0,01 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların ısıl soğurganlık üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısıl soğurganlık değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların ısıl soğurganlık değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar		
	1	2	3
Elastik ipliksiz akrilik	101,83		
Elastik ipliksiz geri dönüşüm	108,96		
PBT geri dönüşüm	110,78		
PBT akrilik		152,00	
Gipe geri dönüşüm		157,97	
Gipe akrilik			213,05
Anlamlılık	0,721	0,608	1,000

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların ısıl soğurganlık değerlerinin üç farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Elastik ipliksiz akrilik, elastik ipliksiz geri dönüşüm ve PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tipleri birlikte en düşük ısıl soğurganlık, gipe iplik ilaveli akrilik kumaş tipi ise en yüksek ısıl soğurganlık değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz akrilik, elastik ipliksiz geri dönüşüm ve PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tiplerinin ısıl soğurganlık değerleri arasında ve PBT iplik ilaveli akrilik ve gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tiplerinin ısıl soğurganlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanamamıştır. Bu istatistiki sonuca göre, geri dönüşüm kumaşlarda gipe iplik ilavesi ısıl soğurganlık değerini istatistiksel olarak etkilerken, PBT iplik ilavesi ısıl soğurganlık

değerini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde etkilememiştir. Elastik ipliksiz kumaş tipi haricindeki diğer elastik iplik ilaveli kumaş tiplerinde geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan istatistiki olarak daha düşük ısı soğurganlık değerleri göstermiştir.

4.4 Kumaşların Permetest Bağlı Su Buharı Geçirgenliği ve Su Buharı Direnci Sonuçları ve Değerlendirilmesi

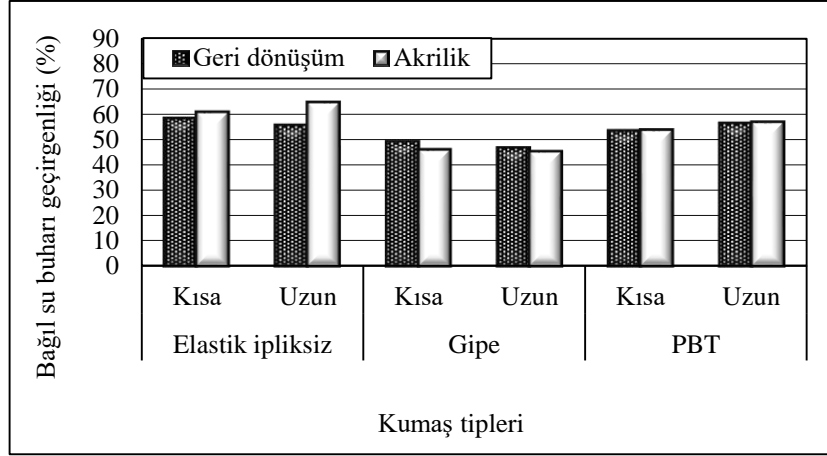
Yıkama sonrası tüm kumaşların su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci ölçüm sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Kumaşların bağlı su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci sonuçları

Kumaş tipleri			Bağlı su buharı geçirgenliği (%)	Su buharı direnci (m ² PaW ⁻¹)
Elastik iplik tipi	İlmeç iplik uzunluğu	Lif tipi		
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	58,10 (1,20)	5,56 (0,23)
		Akrilik	60,62 (2,33)	4,84 (0,25)
	Uzun	Geri dönüşüm	55,48 (2,80)	5,86 (0,23)
		Akrilik	64,46 (3,73)	4,20 (0,57)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	49,12 (1,37)	7,66 (0,22)
		Akrilik	45,98 (2,20)	8,26 (0,66)
	Uzun	Geri dönüşüm	46,52 (2,13)	8,30 (0,73)
		Akrilik	45,24 (2,88)	8,90 (0,50)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	53,24 (2,44)	6,44 (0,39)
		Akrilik	53,66 (3,21)	6,12 (0,49)
	Uzun	Geri dönüşüm	56,26 (4,97)	5,94 (0,68)
		Akrilik	56,72 (2,83)	5,80 (0,35)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

Su buharı geçirgenliği su buharının kumaştan geçebilme yeteneğini ölçmektedir. Su buharı direnci ise su buharı geçişine karşı kumaşın göstermiş olduğu dayanımdır. Bağlı su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci birbirleri ile ters orantılı olarak değiştikleri için, bu çalışmada kumaşların bağlı su buharı geçirgenliği değerleri analiz edilmiştir. Çizelge 4.15’de verilen bağlı su buharı geçirgenliği sonuçları Şekil 4.10’da grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.10 Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği sonuçları

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.10'da verilen su buharı geçirgenliği sonuçları incelendiğinde uzun ilmek iplik uzunluğundaki PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşlar haricindeki diğer kısa ve uzun ilmek iplik uzunluklarında hem geri dönüşüm ve hem de akrilik kumaşlar içinde beklenildiği gibi elastik ipliksiz kumaşlar en yüksek su buharı geçirgenlik değerlerini göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlardan sonraki en yüksek su buharı geçirgenlik değerleri PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en düşük su buharı geçirgenlik değerleri ise gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Bu sonuca göre, her iki ilmek iplik uzunluğunda kumaşlara gipe iplik ilave edilmesi kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerini önemli derecede azaltmakta olup, kumaşlara PBT iplik ilave edilmesi ise uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş haricindeki diğer kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerini gipe ipliğe göre daha az miktarlarda azaltmaktadır. Elastik iplik ilaveli kumaşların düşük su buharı geçirgenlik değerleri göstermesi sonucu literatürde bulunan birçok çalışma sonuçları ile uyumludur [37, 47, 50, 78-79]. Daha önce kumaşların yapısal özelliklerinde belirtildiği gibi, elastik iplikli kumaşların sık ve kalın yapıda olması hava geçirgenlik değerlerinde olduğu gibi, bu tip elastik iplikli kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerini azaltmıştır. Gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha sıkı ve kalın yapıda olduğu için, bu gipe iplik ilaveli kumaşlarda su buharı geçirgenlik değerleri daha düşük olarak elde edilmiştir. Kadoğlu ve arkadaşlarının (2016) [9] PBT ve elastan ilaveli dokuma kumaşların performans özelliklerini incelediği çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi PBT iplik ilaveli kumaşlar elastan ilaveli kumaşlardan daha yüksek su buharı geçirgenlik değerleri göstermiştir.

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.10'da verilen su buharı geçirgenlik sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, su buharı geçirgenlik sonuçlarının lif tipi etkisi bakımından hava

geçirgenliği sonuçlarına benzer şekilde davranış gösterdiği görülecektir. Hava geçirgenlik sonuçlarında olduğu gibi, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük su buharı geçirgenlik değerleri gösterirken, gipe iplik ilaveli kumaşlarda tam tersi olarak geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek su buharı geçirgenlik değerleri göstermiştir. Geri dönüşüm ve akrilik kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri arasındaki farklar elastik ipliksiz kumaşlarda daha fazladır. Elastik iplik ilaveli kumaşlarda özellikle gipe iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri birbirlerine çok yakındır. Elastik ipliksiz kumaşlardaki bahsedilen sonucun nedeni elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha sıkı, kalın ve ağır bir yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Elastik iplik ilaveli kumaşların çok sıkı, kalın ve ağır yapısı olduğu için, bu tip kumaşlarda lif tipi su buharı geçirgenlik değerlerini farklı yönlerde etkilemiş olabilecektir. Elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların kalınlık değerlerinin akrilik kumaşlardan daha yüksek olması geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha düşük su buharı geçirgenlik değerleri göstermesinin diğer bir nedeni olabilir. PBT iplik ilaveli kumaşlarda ise kumaş yapısı çok sıkı olduğu için su buharı geçirgenliği değerlerini ilmek yoğunluk değerlerinden daha çok kumaş kalınlık değerleri etkilemiş olabilecektir. Gipe iplik ilaveli kumaşlar diğer elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha sıkı olduğu ve su buharı geçirgenlik değerleri düşük olduğu için lif tipine göre farklılık gösteren kumaş kalınlık ve ilmek yoğunluk değerleri gipe iplik ilaveli kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri üzerinde lif tipine göre farklı davranmıştır.

İlme iplik uzunluğunun kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, ilmek iplik uzunluğunun su buharı geçirgenliği üzerinde belirli bir artış veya azalış yönünde etkisi olmadığı görülmüştür.

Su buharı geçirgenliği ile istatistiksel olarak anlamlı ikili ilişki kalınlık ve hava geçirgenliği arasında tespit edilmiştir. Su buharı ile kalınlık arasında -0,881 ve su buharı ile hava geçirgenliği arasında 0,882 derecesinde 0,01 seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ilişki elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi ile geri dönüşüm ile akrilik lif tipi parametrelerinin kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). İlme iplik uzunluğunun su buharı geçirgenliği üzerindeki etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı olarak elde edilememiştir.

($p>0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir.

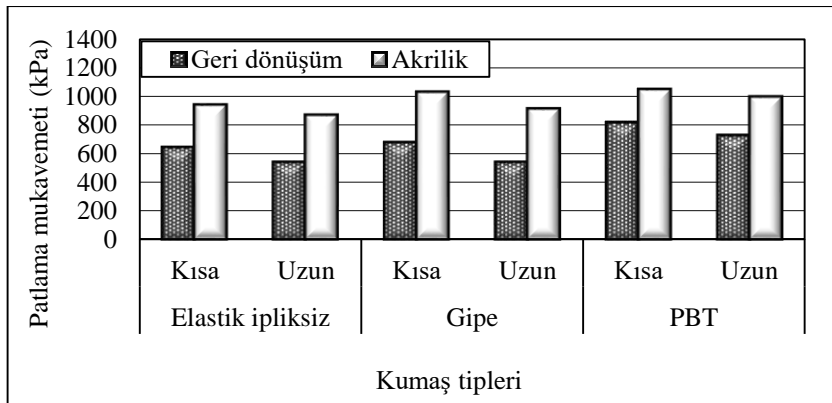
Çizelge 4.16 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların su buharı geçirgenliği değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar		
	1	2	3
Gipe akrilik	45,61		
Gipe geri dönüşüm	47,82		
PBT geri dönüşüm		54,75	
PBT akrilik		55,19	
Elastik ipliksiz geri dönüşüm		56,79	
Elastik ipliksiz akrilik			62,54
Anlamlılık	0,11	0,30	1,00

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerinin üç farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Gipe iplik ilaveli akrilik kumaş tipi gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaş tipi ile birlikte en düşük su buharı geçirgenlik değeri göstermiştir. En yüksek su buharı geçirgenlik değeri ise elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi için elde edilmiştir. En yüksek ve en düşük su buharı geçirgenlik değerleri arasında yer alan PBT geri dönüşüm, PBT akrilik ve elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaş tiplerinin su buharı geçirgenlik değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır.

4.5 Kumaşların Patlama Mukavemeti Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama sonrası tüm kumaşların patlama mukavemeti ölçüm sonuçları Çizelge 4.17’de tablo olarak, Şekil 4.11’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.11 Kumaşların patlama mukavemeti sonuçları

Çizelge 4.17 Kumaşların patlama mukavemeti sonuçları

Kumaş tipleri			Patlama mukavemeti (kPa)
Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif tipi	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	641,04 (48,20)
		Akrilik	941,92 (61,98)
	Uzun	Geri dönüşüm	539,18 (44,25)
		Akrilik	870,3 (67,43)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	675,62 (47,28)
		Akrilik	1031,56 (59,41)
	Uzun	Geri dönüşüm	538,2 (14,41)
		Akrilik	914,54 (50,42)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	813,96 (61,29)
		Akrilik	1051,24 (56,92)
	Uzun	Geri dönüşüm	725,44 (115,06)
		Akrilik	999,26 (36,36)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

Kumaşların patlama mukavemetini en çok iplik mukavemeti etkilemektedir. Büyük ölçüde liflerin ve ipliklerin uzama özellikleri ile kumaşların yapısal özellikleri tarafından belirlenen kumaşların uzama yani elastikiyet özellikleri de patlama mukavemetini etkileyen diğer önemli parametrelerdir [69].

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.11’de verilen patlama mukavemeti sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi etkisine göre incelenecek olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde hem geri dönüşüm kumaşlar içinde hem de akrilik kumaşlar içinde en yüksek patlama mukavemeti sonuçlarının PBT iplik ilaveli kumaşlar için elde edildiği görülecektir. Her iki ilmek iplik uzunluğundaki akrilik ve kısa ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaşlar içinde PBT iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek patlama mukavemeti sonuçları gipe iplik ilaveli kumaşlar göstermiş olup, en düşük patlama mukavemeti sonuçları ise elastik ipliksiz kumaşlar için elde edilmiştir. Uzun ilmek iplik uzunluğunda elastik ipliksiz ve gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşlar birbirine çok yakın patlama mukavemeti sonuçları göstermiştir. Bu sonuca göre, tüm ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliklerin kumaşların patlama mukavemeti değerlerini artırma eğiliminde olduğu ve uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer kumaşlarda PBT ipliğın gipe ipliğe göre kumaşların patlama mukavemetini daha fazla miktarda artırdığı görülmüştür. Ertekin, Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2018) [78] ile Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] tarafından yapılan çalışmalarda elastan ilaveli kumaşlar elastansız kumaşlardan daha yüksek patlama

mukavemeti değerleri göstermiştir. Daha önce kumaşların yapısal özelliklerinde belirtildiği gibi, yapısının elastik olmasından dolayı gipe ve PBT iplikler kumaşta çekmelere neden olarak kumaşların ilmek yoğunluk, kalınlık ve gramaj değerlerini artırmaktadır. Bu durumda uygulanan patlama kuvvetini daha fazla sayıda ilmek ve lif karşılayacağı için kumaşların patlama mukavemeti artmış olacaktır. Birim alanda bulunan ilmek sayıları ve kalınlık değerlerindeki artış dışında elastik iplik ilaveli kumaşların elastik yapısının da uygulanan patlama kuvvetine karşı olan direnci artıran bir diğer neden olduğu düşünülmektedir. Yine elastik iplik ilaveli kumaşlarda ilave olarak yerleştirilen elastik ipliğin mukavemeti ve elastik yapısı kumaşların patlama mukavemetini artıran bir neden olarak gösterilebilir. Gipe iplik içindeki likranın mukavemetinin düşük olması ve PBT ipliğin %100 yüksek mukavemetli poliester liflerinden oluşması nedenleri ile PBT iplik ilaveli kumaşlar gipe iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek patlama mukavemeti değerleri göstermiş olabilecektir.

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.11’da verilen patlama mukavemeti sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların patlama mukavemeti değerlerinin akrilik kumaşlardan oldukça fazla miktarda daha düşük olduğu görülecektir. Geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlara göre daha düşük patlama mukavemeti göstermesi sonucu Yüksekkaya, Celep, Doğan, Tercan ve Urhan (2016) [38] ile Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile uyumludur. Her iki çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi geri dönüşüm kumaşlar orijinal pamuk kumaşlardan daha düşük patlama mukavemeti değerleri göstermiştir. Bu sonuç üzerinde ipliklerin kopma mukavemet değerlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. ‘Materyal ve Metot’ bölümünde izelge 3.1’de verildiği gibi geri dönüşüm akrilik ipliğin kopma mukavemetinin 8,48 Rkm ve orijinal akrilik ipliğin kopma mukavemet değerinin 18,91 Rkm olduğu görülecektir. İpliklerin kopma mukavemeti sonuçlarına göre geri dönüşüm akrilik ipliğin mukavemet değerlerinin oldukça düşük olması geri dönüşüm iplikten üretilen kumaşların mukavemet değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha sıkı ve kalın yapıda olması bu kumaşların patlama mukavemet değerlerinin artırılmasını sağlayamamıştır.

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.11’de verilen patlama mukavemeti sonuçları ilmek iplik uzunluğunun etkisi göz önüne alınarak incelendiğinde, tüm farklı hammadde içeren kumaş tiplerinde ilmek iplik uzunluğu arttıa patlama mukavemeti sonuçlarının azaldığı

görürecektir. İlmek iplik uzunluğu arttıkça birim alana düşen ilmek sayısı yani ilmek yoğunluğu azaldığı için, uygulanan patlama mukavemetini daha az ilmeğin karşılama olduğu ve böylece patlama mukavemetinin azalmakta olduğu düşünülmektedir.

Bivariate korelasyon analizi sonuçlarına göre, patlama mukavemeti ile ilmek yoğunluk, kalınlık ve gramaj değerlerinden oluşan kumaş yapısal parametreleri arasında anlamlı olarak istatistiksel bir ilişki bulunamamıştır.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların patlama mukavemeti sonuçları üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların patlama mukavemeti değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların patlama mukavemeti değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar			
	1	2	3	4
Elastik ipliksiz geri dönüşüm	590,11			
Gipe geri dönüşüm	606,91			
PBT geri dönüşüm		769,70		
Elastik ipliksiz akrilik			906,11	
Gipe akrilik			973,05	973,05
PBT akrilik				1025,25
Anlamlılık	0,63	1,00	0,06	0,13

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların patlama mukavemeti değerlerinin dört farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Hem geri dönüşüm kumaşlarda hem de akrilik kumaşlarda elastik ipliksiz ile gipe iplik ilaveli kumaşların patlama mukavemeti sonuçları aynı grupta yer almıştır. Bu sonuca göre, gipe iplik ilave etmek geri dönüşüm ve akrilik kumaşların patlama mukavemeti sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturmamıştır. Elastik ipliksiz ile gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların patlama mukavemetleri en düşük patlama mukavemeti sonuçları, buna karşın gipe ve PBT iplik ilaveli akrilik kumaşların ise en yüksek patlama mukavemeti sonuçları gösterdiği görülmüştür.

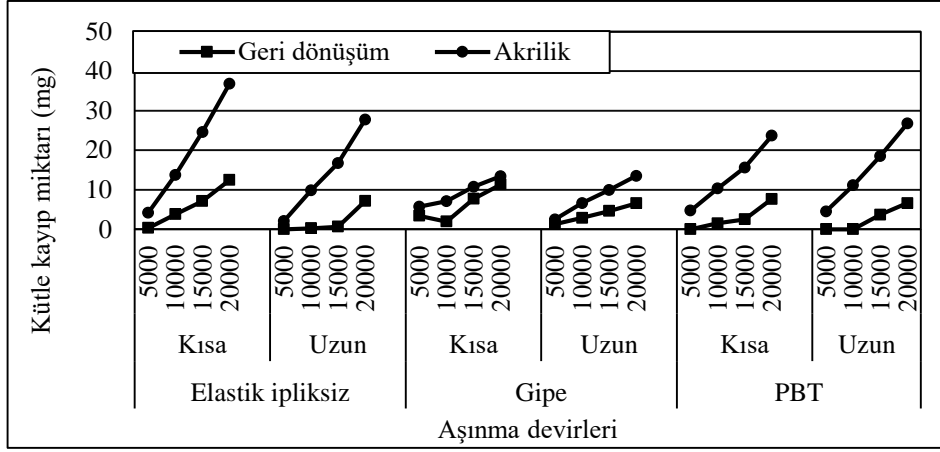
4.6 Kumaşların Aşınma Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama sonrası tüm kumaşlarda 5000, 10000, 15000 ve 20000 aşınma devirleri sonrasında meydana gelen kütle kayıplarına ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.19’da tablo olarak, Şekil 4.12’de grafiksel olarak verilmiştir.

Çizelge 4.19 Aşınma dayanımı için aşınma devirleri (5000, 10000, 15000 ve 20000 devir) sonrasında kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarlarına ait sonuçlar

Kumaş tipleri			Aşınma dayanımı için kütle kayıp miktarları (mg)			
Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif tipi	Aşınma devirleri			
			0-5000	0-10000	0-15000	0-20000
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	0,33 (1,19)	3,80 (2,75)	7,10 (2,29)	12,47 (2,77)
		Akrilik	4,17 (0,81)	13,70 (0,66)	24,57 (0,15)	36,80 (0,56)
	Uzun	Geri dönüşüm	0 (0)	0,23 (1,53)	0,63 (1,36)	7,13 (1,88)
		Akrilik	2,03 (0,60)	9,80 (1,81)	16,73 (2,82)	27,67 (3,78)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	3,40 (0,44)	1,93 (1,06)	7,67 (0,81)	11,33 (0,93)
		Akrilik	5,70 (0,56)	7,07 (0,59)	10,73 (0,70)	13,40 (0,89)
	Uzun	Geri dönüşüm	1,27 (1,45)	2,87 (0,38)	4,60 (0,52)	6,53 (0,25)
		Akrilik	2,47 (0,46)	6,60 (0,60)	9,90 (0,66)	13,47 (2,21)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	0 (0)	1,47 (0,90)	2,50 (0,36)	7,63 (1,31)
		Akrilik	4,67 (0,81)	10,27 (1,19)	15,57 (1,17)	23,63 (2,20)
	Uzun	Geri dönüşüm	0 (0)	0 (0)	3,67 (0,91)	6,60 (1,93)
		Akrilik	4,47 (0,75)	11,07 (1,12)	18,50 (1,28)	26,70 (1,76)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.12 Aşınma dayanımı için aşınma devirleri (5000, 10000, 15000 ve 20000 devir) sonrasında kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarlarına ait sonuçlar

Aşınma liflerin kırılarak, koparak veya kırılmadan kumaş yüzeyinden uzaklaşması sonucu meydana geldiği için liflerin iplik ve kumaş yapısı içinde hareket edebilirliğini belirleyen lif, iplik ve kumaş parametreleri aşınma dayanımını belirlemektedir. Lif tipi, lif inceliği, lif uzunluğu, liflerin mukavemeti, liflerin elastikiyeti, vs. gibi lif özellikleri, iplik bükümü, numarası, kat sayısı vs. gibi iplik yapısal özellikleri ve kumaş sıklığı, kalınlığı ve gramajı, örgü tipi vs. gibi kumaşların yapısal özellikleri kumaşların aşınma dayanımını büyük ölçüde etkilemektedir [59, 69]. Lif özelliklerinden lif çapı, lif uzunluğu, lif elastikiyeti ve lif mukavemetindeki artış ile kumaşların yapısal özelliklerinden kumaş sıklığındaki, kalınlığındaki ve gramajındaki artış kumaşların aşınma dayanımını artırmaktadır. Ayrıca kumaş yüzeyinin pürüzsüz olması ve sürtünme katsayısının düşük olması da aşınma dayanımını artıran diğer kumaş parametreleridir [69].

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.12’de verilen kütle kayıp miktarları sonuçlarına göre aşınma devirleri arttıkça kumaşlar daha fazla aşınma kuvvetlerine maruz kaldığı için, tüm kumaşların kütle kayıp miktarları yani aşınma miktarları artış beklenildiği gibi göstermektedir. Elastik iplik ilavesi ve tipinin tüm aşınma devirleri (5000, 10000, 15000 ve 20000 devir) sonrasında meydana gelen kütle kayıp miktarları üzerindeki etkisi incelendiğinde, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde hem geri dönüşüm kumaşlar hem de akrilik kumaşlar içinde elastik ipliksiz kumaşların kütle kayıp miktarlarının elastik iplik içeren kumaşlardan beklenildiği gibi çok daha yüksek olduğu görülecektir. Bu sonuç, elastik ipliksiz kumaşların aşınma dayanımlarının çok düşük olduğunu göstermektedir. Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] tarafından yapılan çalışma ile de uyumlu olarak, elastik iplik kullanmak kumaşların kütle kayıp miktarlarını azaltmış yani aşınma dayanımlarını

artırmıştır. Gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşların kütle kayıp miktarları birbirleri ile karşılaştırıldığında ise kısa ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaşlar haricindeki diğer hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan çok daha az miktarlarda kütle kayıp miktarları göstermiştir. Elastik iplik kumaşların sıklık değerlerini artırdığı için aşınma devirleri sırasında elastik iplik ilaveli kumaşlarda iplik ve kumaş içindeki lifler arasındaki sürtünme artacaktır. Elastik iplik ilaveli kumaşlarda lifler arası sürtünme etkisi ile lifler bir arada daha sıkı bir şekilde tutulabildiği için liflerin aşındırmanın etkisiyle kopması veya kumaş yapısından dışarı çıkması zorlaşabilecektir. Yine elastik iplik ilaveli kumaşların elastik iplik içermeyen kumaşlara göre daha kalın yapısı da bu kumaşların daha düşük kütle kayıp miktarları göstermesinin diğer bir nedeni olarak da gösterilebilir. Gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha sıkı bir yapıya sahip olduğu için, bu kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha düşük kütle kayıp değerleri göstermiş olabilecektir.

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.12’de verilen kütle kayıp sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlar içinde geri dönüşüm kumaşların kütle kayıp miktarlarının tüm aşınma devirleri sonrasında akrilik kumaşlardan oldukça fazla miktarlarda daha düşük olduğu görülecektir. Özellikle elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların kütle kayıp miktarları arasındaki fark oldukça fazladır. Bu sonuca göre, geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan çok daha iyi aşınma dayanımı göstermiştir. Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] tarafından yapılan çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi geri dönüşüm pamuk kumaşlar orijinal pamuk kumaşlardan daha yüksek aşınma dayanımı sonuçları göstermiştir. Aşınma sonuçları üzerinde ipliklerin kopma mukavemetinden daha çok ilmek yoğunluğu, kalınlık ve gramaj parametrelerinden oluşan kumaşların yapısal parametrelerinin daha etkili olduğu düşünülmektedir. Geri dönüşüm ipliğin kopma mukavemeti akrilik ipliğin kopma mukavemetinden daha düşük olmasına rağmen bu kumaşlar daha yüksek aşınma dayanımı göstermiştir. Çizelge 4.1’de verilen ilmek yoğunluk sonuçlarına göre, özellikle elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha yüksek ilmek yoğunluk değerlerine sahip olması bu kumaşların daha yüksek aşınma dayanımı göstermesinin nedeni olarak gösterilebileceği düşünülmektedir. Yine geri dönüşüm kumaşların tüm elastik iplikli ve elastik ipliksiz kumaşlar içinde daha yüksek kumaş kalınlık değerlerine sahip olması da bu kumaşların daha yüksek aşınma dayanımı göstermesinin

diğer bir nedeni olabilecektir. Bununla birlikte, bivariate korelasyon analizi sonuçlarına göre, kütle kayıp miktarları ile ilmek yoğunluğu ve kalınlık değerlerinden oluşan kumaş yapısal parametreleri arasında anlamlı istatistiksel bir ilişki bulunamamıştır.

Varyans analizi 20000 aşınma devri sonrasında meydana gelen kütle kayıp miktarı sonuçlarına uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçları elastik iplik tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların kütle kayıp sonuçları üzerinde etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin kumaşların kütle kayıp miktarları üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Kullanılan malzeme tipinin 20000 aşınma devrinden sonra kumaşlarda meydana gelen kütle kayıp miktarları üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar			
	1	2	3	4
PBT geri dönüşüm	7,12			
Gipe geri dönüşüm	8,93	8,93		
Elastik ipliksiz geri dönüşüm	9,80	9,80		
Gipe akrilik		13,43		
PBT akrilik			25,17	
Elastik ipliksiz akrilik				32,23
Anlamlılık	0,33	0,05	1,00	1,00

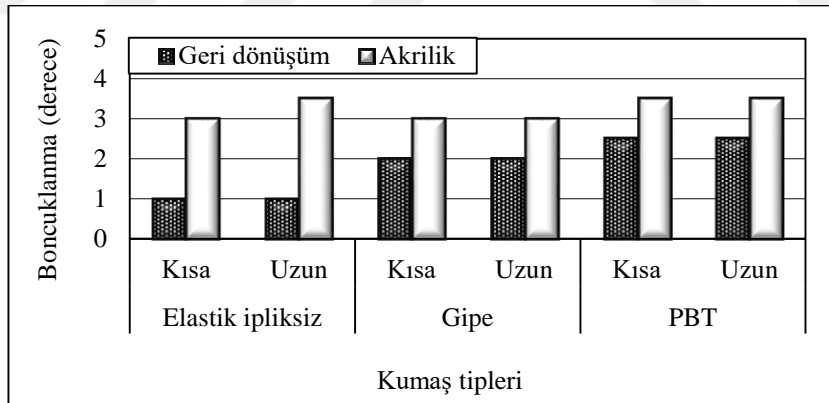
SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların kütle kayıp miktarı değerlerinin dört farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. PBT iplik ilaveli, gipe iplik ilaveli ve elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşların kütle kayıp miktarları aynı grupta yer almış ve bu kumaş tipleri en düşük kütle kayıp miktarları göstermiştir. Bu sonuca göre, elastik iplik ilave etmek geri dönüşüm kumaşların aşınma dayanımları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamıştır ($p > 0,05$). Elastik iplik ilaveli ve elastik iplik ilavesiz tüm geri dönüşüm kumaşların aşınma dayanımları istatistiksel olarak akrilik kumaşlardan daha yüksek olarak elde edilmiştir. En düşük aşınma dayanımı ise en yüksek kütle kayıp miktarı gösteren elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi için elde edilmiştir. Akrilik kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaş tipi PBT iplik ilaveli kumaş tipinden daha iyi aşınma dayanımı göstermiştir.

4.7 Kumaşların Boncuklanma Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yıkama sonrası tüm kumaşların boncuklanma ölçüm sonuçları Çizelge 4.21’de tablo olarak, Şekil 4.13’de grafiksel olarak verilmiştir.

Çizelge 4.21 Kumaşların boncuklanma sonuçları

Kumaş tipleri			Boncuklanma (derece)
Elastik iplik tipi	İlmeğin iplik uzunluğu	Lif tipi	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	1
		Akrilik	3
	Uzun	Geri dönüşüm	1
		Akrilik	3/4
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	2
		Akrilik	3
	Uzun	Geri dönüşüm	2
		Akrilik	3
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	2/3
		Akrilik	3/4
	Uzun	Geri dönüşüm	2/3
		Akrilik	3/4



Şekil 4.13 Kumaşların boncuklanma sonuçları

Kumaş yüzeyindeki boncuklar giyim ve yıkama sırasında kumaş yüzeyinden dışarı çıkan gevşek liflerinin birbirlerine tutunması ile meydana gelmektedir [59, 70]. Boncuklanma hem kumaş görünümünü bozmakta ve hem de kumaşın yıpranıp aşınmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, giysilerde oluşması istenmeyen önemli bir problem olarak görülmektedir. Boncuklanma yumuşak bükümlü ipliklerden örülen yünlü kumaşlar gibi kesik liflerden üretilen kumaşlarda, özellikle örme kumaşlarda daha fazla görülmektedir.

Sentetik liflerden üretilen kumaşlarda boncuklanma daha ciddi bir problem oluşturmaktadır. Bu çalışmadaki gibi akrilik lifi ile ve diğer poliester, naylon vs. gibi sentetik lifler ile çalışıldığında boncuklar giysi üzerinde kalmakta ve daha görünür hale gelmektedir. Sentetik liflerinin yüksek mukavemetli ve esnek bir lif olması oluşan boncukların kumaş yüzeyinden uzaklaşmasını engellemektedir. Ayrıca sentetik liflerin yüksek elektrostatik özelliği de boncuk oluşumunda çekirdek görevi gören yabancı maddelerin çekilmesine neden olabilmektedir [70].

Lif boylarının uzun olması, liflerin ince olması, yine liflerin mukavemetli ve esnek olması gibi lif özellikleri, düşük büküm, kalın iplik numarası, yüksek tüylülük, tek katlılık gibi iplik özellikleri ve kumaş yapısının gevşek olması gibi kumaş yapı özellikleri kumaşların boncuklanma eğilimini artırmaktadır.

Çizelge 4.21 ve Şekil 4.13’de verilen boncuklanma sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi etkisine göre incelendiğinde elastik iplik ilavesi ve tipinin geri dönüşüm ve akrilik kumaşların boncuklanma eğilimini biraz daha farklı şekilde etkilediği görülecektir. Gipe veya PBT iplik ilave etmek geri dönüşüm kumaşların boncuklanma derecelerini oldukça fazla miktarda artırmış yani boncuklanma eğilimini azaltarak pozitif yönde etkilemiştir. Geri dönüşüm kumaşlarda PBT ipliğin boncuklanma üzerindeki pozitif yöndeki etkisi ise gipe iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Akrilik kumaşlarda PBT iplik ilave etmek sadece kısa ilmek iplik uzunluğundaki kumaşın boncuklanma eğilimini yarım derece azaltmış yani boncuklanma eğilimini pozitif yönde etkilemiştir. Diğer akrilik kumaşlarda gipe iplik ilave etmek kumaşların boncuklanma sonuçlarını pozitif yönde etkilememiştir. Elastik iplik kumaşların yapısını sıkılaştırdığı için, liflerin göç ederek kumaş yüzeyine çıkma olasılığını azaltmakta ve bunun sonucunda elastik iplik ilaveli kumaşlar daha az boncuklanma eğilimi göstermektedir. Elastik iplik ilave etmenin daha çok geri dönüşüm kumaşlarda pozitif yönde etkisinin olması geri dönüşüm kumaşların elastik ipliksiz haldeki boncuklanma değerlerinin akrilik kumaşlara göre çok daha düşük olmasından da kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Elastik ipliksiz kumaşların boncuklanma derecelerine göre, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşların boncuklanma değerleri en düşük 1 derecesinde, akrilik kumaşların ise 3 ila 3/4 derecesindedir. Bu sonuca göre, elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların boncuklanma eğilimi en yüksek derecede, akrilik kumaşlarda ise boncuklanma eğilimi çok daha azdır. Bu nedenle, elastik iplik kullanımı en düşük boncuklanma derecesindeki geri

dönüşüm kumaşların boncuklanma eğilimini daha iyi boncuklanma derecesine sahip akrilik kumaşlara göre daha fazla derecede etkilemiştir. Bu sonuçlara göre her ne kadar bazı istisnalar olsa da kumaşlara elastik iplik ilave etmek kumaşların boncuklanma eğilimini azaltmaktadır. Marmaralı (2003) [46] ile Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] isimli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da elastik iplik kullanımının kumaşların boncuklanma eğilimini azalttığı belirtilmiştir.

Çizelge 4.21 ve Şekil 4.13’da verilen boncuklanma sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların boncuklanma değerlerinin akrilik kumaşlardan çok daha düşük olduğu görülecektir. Bu sonuca göre, geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha fazla boncuklanma eğilimi göstermiştir. Kurtoğlu, Seventekin ve Pamuk (2013) [35] ile Gün, Aktürk, Macit ve Alan (2014) [36] isimli araştırmacılar tarafından geri dönüşüm ve orijinal pamuk ipliklerinden örülen kumaşların performans özellikleri ile ilgili çalışmalarda da bu çalışma sonuçları ile uyumlu olarak geri dönüşüm kumaşların boncuklanma eğiliminin orijinal kumaşlardan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Geri dönüşüm kumaşların daha fazla boncuklanma eğilimi göstermesi “Materyal ve Metot” bölümü Çizelge 3.1’de verildiği gibi, geri dönüşüm ipliğin akrilik iplikten daha yüksek tüylülük değerine sahip olmasından kaynaklanmış olabilecektir (geri dönüşüm için tüylülük 9,61 ve akrilik için tüylülük 8,10). Yine geri dönüşüm liflerde mekanik açma işlemi nedeniyle lif boylarının düzensiz olması da bu kumaşların yüksek boncuklanma eğilimi göstermesinde rol oynayan diğer bir neden olarak gösterilebilir.

4.8 Kumaşların Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bir giysinin vücuda oturarak hareket rahatlığı sağlaması ve giysilerin dirsek kısımlarında meydana gelen deformasyonlar kumaşların esneklik özelliği ile belirlenmektedir. Kumaşların esneklik özellikleri olarak % maksimum uzama miktarları ölçülmüştür. Yıkama sonrası tüm örme kumaşların esneklik özelliklerinin belirlenmesi için çubuk ve sıra yönlerinde ölçülen % maksimum uzama ölçüm sonuçları Çizelge 4.22’de tablo olarak verilmiştir.

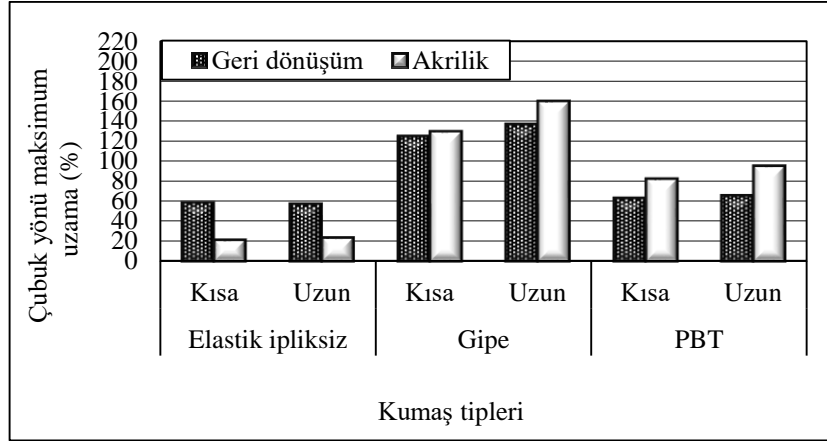
Çizelge 4.22 Esneklik için kumaşların çubuk ve sıra yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar

Kumaş tipleri			Maksimum uzama (%)			
Elastik iplik tipi	İlmek iplik uzunluğu	Lif tipi	Çubuk yönü		Sıra yönü	
Elastik ipliksiz	Kısa	Geri dönüşüm	58,76	(3,46)	136,73	(6,72)
		Akrilik	21,40	(0,83)	134,84	(8,00)
	Uzun	Geri dönüşüm	57,41	(1,69)	165,10	(9,14)
		Akrilik	23,68	(2,60)	139,75	(4,94)
Gipe	Kısa	Geri dönüşüm	124,83	(1,87)	140,71	(4,35)
		Akrilik	129,57	(3,60)	117,43	(2,00)
	Uzun	Geri dönüşüm	136,70	(6,33)	157,03	(5,46)
		Akrilik	159,67	(5,55)	135,59	(3,95)
PBT	Kısa	Geri dönüşüm	63,10	(5,06)	118,12	(4,85)
		Akrilik	82,44	(4,24)	103,58	(2,49)
	Uzun	Geri dönüşüm	65,74	(2,88)	123,49	(3,70)
		Akrilik	95,37	(2,89)	125,63	(13,58)

* Parantez içinde verilen değerler standart sapma değerlerini göstermektedir.

4.8.1 Kumaşların Çubuk Yönündeki Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.22’de verilen çubuk yönündeki % maksimum uzama sonuçları Şekil 4.14’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Çubuk yönündeki esneklik için kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.14’de verilen çubuk yönündeki maksimum uzama sonuçları incelendiğinde beklenildiği gibi her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda elastik ipliksiz kumaşlar en düşük çubuk yönünde uzama değerleri

göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlardan sonraki en yüksek çubuk yönünde uzama değerleri PBT iplik ilaveli kumaşlar ve en yüksek çubuk yönünde uzama değerleri ise gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Bu sonuçlar kumaşların çubuk yönündeki uzama değerleri üzerinde ipliklerin elastikiyet özelliklerinin etkili olduğunu ve kumaşların uzama değerlerinin ipliklerin elastikiyet özellikleri ile doğru orantılı olarak değiştiğini göstermektedir.

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.14’de verilen çubuk yönünde maksimum uzama sonuçları lif tipi etkisine göre karşılaştırılacak olursa, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerindeki elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek çubuk yönü uzama değerleri gösterirken, elastik iplikli kumaşlarda ise tam tersi yönde geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük çubuk yönü uzama değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşların çubuk yönündeki uzama miktarları arasındaki farklar elastik iplik ilaveli kumaşlara göre daha fazladır. Elastik ipliksiz geri dönüşüm ve akrilik kumaşların çubuk yönündeki uzama değerleri üzerinde ipliklerin kopma uzama sonuçlarından daha ziyade daha çok kumaşların çubuk sıklık değerlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.1’de verilen çubuk sıklık sonuçlarına göre ve açıklandığı üzere her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha düşük çubuk sıklık değerlerine sahip olması ve dolayısı ile daha gevşek yapıda olması ipliklerin hareket alanını artıracak için geri dönüşüm kumaşlar daha yüksek çubuk yönü uzama değerleri göstermiş olabilecektir. Elastik iplik ilaveli geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda ise kumaş yapısı çok sıkı olduğu için bu kumaş tiplerinde çubuk sıklık değerlerinin pek etkili olmadığı düşünülmektedir. “Materyal ve Metot” bölümü Çizelge 3.1’de verildiği üzere, geri dönüşüm ipliğin akrilik iplikten daha düşük kopma uzama değerine sahip olması nedeni ile (kopma uzaması geri dönüşüm için %18,85 ve akrilik için %28,73) elastik iplikli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlara göre daha düşük çubuk yönü uzama değerleri göstermiş olabilir.

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.14’de verilen çubuk yönündeki maksimum uzama sonuçları ilmek iplik uzunluğunun etkisi göz önüne alınarak incelenecek olursa, elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaş tipi hariç diğer tüm farklı malzeme içeren kumaş tiplerinde ilmek iplik uzunluğu arttıkça çubuk yönünde maksimum uzama değerlerinin arttığı görülecektir. İlmek iplik uzunluğu arttıkça kumaş daha gevşek hale geleceği için ipliğin hareket alanı artacak ve uygulanan kuvvet ile kumaşları çekmek daha kolay hale gelmiş olabilecektir.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin çubuk yönündeki % maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar				
	1	2	3	4	5
Elastik ipliksiz akrilik	22,54				
Elastik ipliksiz geri dönüşüm		58,08			
PBT geri dönüşüm		64,42			
PBT akrilik			88,19		
Gipe geri dönüşüm				130,77	
Gipe akrilik					144,62
Anlamlılık	1,00	0,1	1,00	1,00	1,00

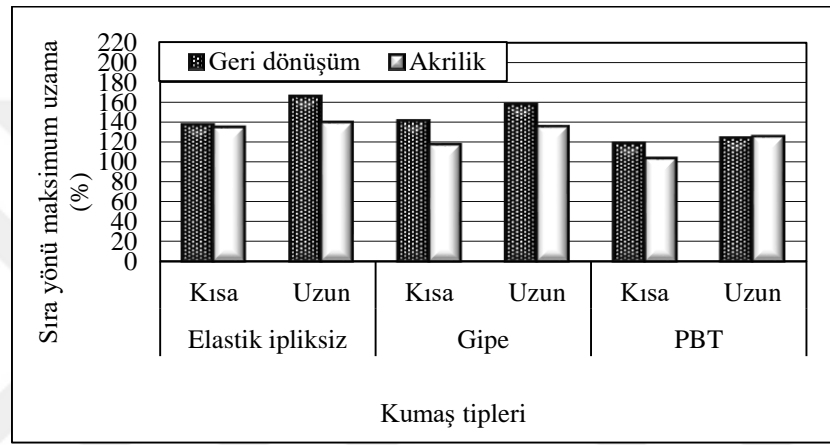
SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama değerlerinin beş farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşların maksimum uzama sonuçları aynı grupta yer almıştır. Gipe iplik ilaveli akrilik kumaş tipi en yüksek maksimum uzama sonucu gösterirken, elastik ipliksiz akrilik kumaş tipi ise en düşük maksimum uzama sonucu göstermiştir.

4.8.2 Kumaşların Sıra Yönündeki Esneklik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.22’de verilen sıra yönündeki % maksimum uzama sonuçları Şekil 4.15’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.15’de verilen sıra yönündeki maksimum uzama sonuçları incelendiğinde kısa ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde en yüksek sıra yönünde maksimum uzama değerlerini yapısı elastik olmamasına rağmen elastik ipliksiz kumaşlar göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşları gipe iplik ilaveli kumaşlar izlemiş ve her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde en düşük sıra yönünde uzama değerleri ise PBT iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha fazla sıra yönünde uzama göstermiştir. Bu sonuçlara göre, elastik ipliklerin ilave edilmesi kumaşların sıra yönündeki uzama değerlerini

çubuk yönündeki uzama miktarlarında olduğu gibi artırmamıştır. Kızıldağ, Uçar ve Görgün (2006) [50] tarafından pamuk/spandeks kumaşların yapısal ve konfor özelliklerinin incelendiği çalışmada da, elastik ipliksiz kumaşlar spandeks iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek çubuk ve bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi daha yüksek sıra yönünde uzama değerleri göstermiştir. Elastik ipliksiz kumaşların elastik iplikli kumaşlardan daha yüksek sıra yönünde uzama değerleri göstermesinin nedeninin elastik iplik ilaveli kumaşların yapısının çok sıkı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıkı kumaş yapısı ipliklerin hareket alanını kısıtladığı için kuvvet altında uzamaya karşı direncini artırmıştır.



Şekil 4.15 Esneklik için kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama miktarlarına ait sonuçlar

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.15’de verilen sıra yönünde maksimum uzama sonuçları lif tipine göre karşılaştırılacak olursa, uzun ilmek iplik uzunluğundaki PBT iplik ilaveli kumaşlar haricindeki diğer kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan çok az miktarda daha yüksek sıra yönünde maksimum uzama değerleri göstermiştir. Uzun ilmek iplik uzunluğundaki PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm ve akrilik kumaşlar birbirlerine yakın sıra yönü uzama değerleri göstermiş olup, geri dönüşüm kumaşın sıra yönü uzama değeri çok az akrilik kumaştan daha yüksektir. Sıra yönündeki uzama değerleri üzerinde yukarıda belirtildiği gibi, kumaşların sıklık değeri de etkili olduğu için ipliklerin uzama özelliklerinin lif tipine göre farklılık yaratacak kadar sonuçlar üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Geri dönüşüm iplik akrilik iplikten daha düşük uzama değerine sahip iken geri dönüşüm kumaş akrilik kumaştan daha yüksek sıra yönünde uzama değerleri göstermiştir. Sıra yönünde uzama değerleri üzerinde de çubuk yönü uzama değerlerinde

olduğu gibi daha çok çubuk sıklık değerlerinin etkili olduğu düşünölmektedir. Çizelge 4.1’de verildiği gibi geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan biraz daha düşük çubuk sıklık değerlerine sahip olması ve bu nedenle gevşek olması geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan aynı zamanda sıra yönünde de biraz daha fazla miktarlarda esneme göstermesine neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.15’de verilen sıra yönündeki maksimum uzama sonuçları ilmek iplik uzunluğunun etkisi göz önüne alınarak incelenecek olursa, tüm farklı malzeme içeren kumaş tiplerinde ilmek iplik uzunluğu arttıkça çubuk yönünde maksimum uzama değerlerinde olduğu gibi sıra yönünde maksimum uzama değerlerinin arttığı görülecektir. İlmek iplik uzunluğu arttıkça kumaş daha gevşek hale geleceği için uygulanan kuvvet ile kumaşları çekmek daha kolay hale gelmiş olabilecektir.

Varyans analizi sonuçları elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm veya akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Kullanılan malzeme tipinin sıra yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisini gösteren SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları izelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24 Kullanılan malzeme tipinin kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama değerleri üzerindeki etkisi için SNK test sonuçları

Kumaş tipleri	Farklı olan gruplar		
	1	2	3
PBT akrilik	114,61		
PBT geri dönüşüm	120,80		
Gipe akrilik	126,51		
Elastik ipliksiz akrilik		137,29	
Gipe geri dönüşüm			148,87
Elastik ipliksiz geri dönüşüm			150,91
Anlamlılık	0,06	1,00	0,69

SNK sonuçları farklı malzeme tipi içeren kumaşların sıra yönündeki maksimum uzama değerlerinin üç farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Aynı grupta yer alan gipe iplik ilaveli ve elastik ipliksiz geri dönüşüm kumaşlar en yüksek maksimum uzama sonuçları göstermiştir. En düşük maksimum uzama sonuçları ise aynı grupta yer alan PBT iplik ilaveli akrilik, PBT iplik ilaveli geri dönüşüm ve gipe iplik ilaveli akrilik kumaşlar için elde edilmiştir.

5 SONUÇ

Bu tez çalışmasında, geri dönüşüm ve orijinal akrilik liflerinden üretilen open end iplikler kullanılarak elastik ipliksiz ve elastik özelliklerdeki gipe ve PBT iplik ilaveli olarak kısa ve uzun olmak üzere iki farklı ilmek iplik uzunluk değerlerinde kazak amacı ile kullanılabilir toplam 12 farklı tipte örme kumaşlar üretilmiştir. Daha sonra elde edilen kumaşların performans özellikleri istatistiksel yöntemler yardımı ile elastik iplik ilavesi ve tipi, geri dönüşüm ve akrilik lif tipi ve ilmek iplik uzunluğu parametrelerinin etkisi de göz önüne alınarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelenen parametrelerin kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için istatistiksel varyans analizi ve SNK çoklu karşılaştırma metodları kullanılmıştır. Kumaşların performans özellikleri olarak, kumaş sıklık, gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, ısı iletkenlik, ısı dayanım, ısı soğurganlık, su buharı geçirgenliği, patlama mukavemeti, aşınma dayanımı, boncuklanma ve esneklik özelliklerinden oluşan yapısal (boyutsal), konfor ve fiziksel özellikleri ele alınmıştır.

Örme işleminden sonra tüm kumaşlara stabil denge konumuna getirmek için kuru ve tam relaksasyon işlemleri uygulanmıştır. Kuru relakse işleminde kumaşlar yıkama işlemine tabi tutulmadan kuru olarak bekletilmiştir. Tam relakse işleminde ise kumaşlar standartlara uygun olarak yıkanıp ve kurutularak kumaşların stabil denge konumu olan tam relakse hale getirilmesi sağlanmıştır. Kumaşların sıklık ve gramaj değerleri yıkama öncesi (kuru relakse) ve yıkama sonrası (tam relakse) konumlarında, kumaşların diğer performans özellikleri ise yıkama sonrası (tam relakse) konumunda ölçülmüştür.

Kumaşların sıklık değerleri olarak çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Yıkama öncesi ve sonrası ölçülen sıklık değerlerinden kumaşların sıklık değerleri ile kumaşların eni ve boyunda meydana gelen yüzde değişimler hesaplanmıştır. Kumaşların yüzde sıklık değişim miktarları ve kumaş eni ile boyunda meydana gelen yüzde değişim miktarları elastik iplik ilavesi ve tipi göz önüne alınarak incelendiğinde, en yüksek çubuk sıklık, sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değişim miktarlarını gipe iplik ilaveli kumaşların gösterdiği görülmüştür. Dolayısıyla en yüksek miktarlarda enine ve boyuna yönde çekmeler de gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Gipe

iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek sıra sıklık değişim ve boyuna yönde çekme miktarlarını PBT iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek yıkama sonrası çubuk sıklık ve ilmek yoğunluk değişim miktarları ile enine çekme miktarları kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipi içeriklerine göre farklılık göstermiştir. Geri dönüşüm kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek çubuk sıklık ve ilmek yoğunluk değişim miktarları ve enine çekme miktarı elastik ipliksiz kumaş tipi için elde edilirken, akrilik kumaşlar içinde ise gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek aynı değerler PBT iplik ilaveli kumaş tipi için elde edilmiştir.

Kumaşların yıkama sonrası sıklık değerleri elastik iplik ilavesi ve tipine göre incelendiğinde ise, her iki ilmek iplik uzunluklarında, hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar içinde en yüksek sıklık değerleri gipe iplik ilaveli kumaşlar için elde edilmiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerini PBT iplik ilaveli kumaşlar göstermiştir. Gipe iplik ilaveli kumaşlardan sonraki en yüksek yıkama sonrası çubuk sıklık değerleri kumaşların geri dönüşüm ve akrilik lif tipi içeriklerine göre farklılık göstermiştir. Geri dönüşüm kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek çubuk sıklık değerleri elastik ipliksiz kumaş tipi için elde edilirken, akrilik kumaşlar içinde ise gipe iplik ilaveli kumaştan sonraki en yüksek çubuk sıklık değerleri PBT iplik ilaveli kumaş tipi için elde edilmiştir. Bu sıklık sonuçlarına göre, elastik iplik ilavesinin kumaşların sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerini artırdığı, gipe ipliğin ise PBT iplikten daha fazla miktarlarda sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerini artırdığı görülmüştür. Çubuk sıklık değerlerinde ise, gipe iplik hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlarda çubuk sıklık değerlerini artırırken, PBT iplik geri dönüşüm kumaşlarda çubuk sıklık değerlerini artırmamıştır.

Çubuk sıklık değişim miktarları ve kumaşların enine çekme miktarları geri dönüşüm ve akrilik lif tipi etkisine göre incelenecek olursa, elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlar için geri dönüşüm kumaşların çubuk sıklık değişim ve enine çekme miktarlarının akrilik kumaşlardan biraz daha düşük olduğu görülmüştür. Geri dönüşüm ve akrilik kumaşların yıkama sonrası sıra sıklık ile ilmek yoğunluk değişim miktarlarının ve boyuna yönde çekme miktarlarının elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde olduğu görülecektir. Elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değişim miktarlarının ve boyuna çekme miktarlarının çubuk sıklık sonuçlarında olduğu gibi akrilik kumaşlardan biraz daha düşük olduğu, buna karşın elastik

ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaş tipi akrilik kumaş tipinden daha yüksek sıra sıklık değişim ve ilmek yoğunluk değişim miktarları ve boyuna yönde çekme göstermiştir.

Kumaşların yıkama sonrası sıklık değerleri lif tipi etkisine göre karşılaştırıldığında yıkama sonrasında elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha düşük çubuk sıklıkları gösterdiği, buna karşın sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerlerinin elastik ipliksiz ve elastik iplikli kumaşlarda farklı eğilim gösterdikleri görülmüştür. Elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerleri gösterirken elastik iplikli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük sıra sıklık ve ilmek yoğunluk değerleri göstermiştir.

Elastik iplik ilavesi ve tipinin kumaşların tüm performans özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Kumaşların yapısal özelliklerinden kalınlık ve gramaj değerleri elastik iplik ilavesi ve tipine göre değerlendirildiğinde, kumaşlara gipe ve PBT elastik ipliklerin ilave edilmesi her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerini artırdığı ve gipe ipliğın PBT ipliğre göre kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerini daha fazla miktarda artırdığı görülmüştür.

Her iki ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlara elastik iplik ilave etmek kumaşların hava geçirgenlik değerlerini azaltmıştır. Gipe iplik PBT ipliğre göre kumaşların hava geçirgenlik değerlerini daha fazla miktarda azaltmıştır.

Her iki ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlara gipe iplik ilave etmek kumaşların su buharı geçirgenliğini azaltmakta olup, uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer geri dönüşüm ve akrilik kumaşlara PBT iplik ilave etmek kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerini gipe ipliğre göre daha az miktarda azaltmıştır.

Kumaşların ısı özellikleri elastik iplik ilavesi ve tipi göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, gipe ve PBT elastik ipliklerin ilavesi kumaşların ısı iletkenlik değerlerini önemli derecede artırmaktadır. PBT ve gipe iplikli kumaşların ısı iletkenlik değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, gipe iplik ilaveli kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Her iki ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlara gipe iplik ilave etmek ve uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer geri dönüşüm ve akrilik kumaşlara PBT iplik ilave etmek de kumaşların ısı direnç ve ısı soğurganlık değerlerini artırmış olup,

gipe iplik PBT ipliğe göre kumaşların ısı direnç ve ısı soğurganlık değerlerini daha fazla miktarlarda artırmıştır.

Patlama mukavemeti ve aşınma sonuçları, tüm ilmek iplik uzunluk değerlerinde geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda elastik ipliklerin kumaşların patlama mukavemeti ve aşınma dayanımı değerlerini artırma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Uzun ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer kumaşlarda PBT ipliğin gipe ipliğe göre kumaşların patlama mukavemetini daha fazla miktarda artırdığı görülmüştür. Gipe ve PBT iplik ilaveli kumaşların aşınma dayanımları birbirleri ile karşılaştırıldığında ise kısa ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş haricindeki diğer hem geri dönüşüm hem de akrilik kumaşlar içinde gipe iplik ilaveli kumaşlar PBT iplik ilaveli kumaşlardan daha iyi aşınma dayanımı göstermiştir.

Geri dönüşüm kumaşlarda ise gipe veya PBT iplik ilave etmenin geri dönüşüm kumaşların boncuklanma derecelerini oldukça fazla miktarda artırdığı yani pozitif yönde etkilediği ve PBT ipliğin boncuklanma üzerindeki pozitif yöndeki etkisinin gipe iplik ilaveli geri dönüşüm kumaşlardan daha fazla olduğu görülmüştür.

Elastik ipliklerin her iki ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm ve akrilik kumaşlarda kumaşların çubuk yönündeki maksimum uzama değerlerini artırma eğilimde olduğu ve gipe ipliğin PBT ipliğe göre kumaşların çubuk yönünde maksimum uzama değerlerini daha fazla artırdığı görülmüştür. Sıra yönündeki maksimum uzama sonuçlarında ise kısa ilmek iplik uzunluğundaki geri dönüşüm kumaş hariç diğer kumaşlarda en yüksek sıra yönünde uzama sonuçlarının elastik ipliksiz kumaşlar için elde edildiği görülmüştür.

Geri dönüşüm ve akrilik lif tipinin kumaşların tüm performans özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Lif tipinin kumaşların gramaj değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde geri dönüşüm ve akrilik kumaşların gramaj değerlerinin elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda farklı eğilimde olduğu görülmüştür. Elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların gramaj değişim miktarları ve gramajları akrilik kumaşlardan daha düşük olarak elde edilirken, elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşın gramaj değişim miktarı ve gramajı akrilik kumaştan daha yüksek olarak elde edilmiştir.

Her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek kalınlık değerleri göstermiştir.

Geri dönüşüm ve akrilik kumaşların hava ve su buharı geçirgenlik değerlerinin elastik iplik ilavesi ve tipine göre farklı yönlerde eğilim gösterdiği görülmüştür. Her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve PBT iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük hava geçirgenlik ve su buharı geçirgenlik değerleri gösterirken, gipe iplik ilaveli kumaşlarda tam tersi olarak geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenlik ve su buharı geçirgenlik değerleri göstermiştir.

Patlama mukavemeti sonuçları lif tipine göre karşılaştırıldığında, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar düşük iplik mukavemetine sahip olması nedeni ile akrilik kumaşlardan daha düşük patlama mukavemeti değerleri göstermiştir. Bununla birlikte, geri dönüşüm kumaşların aşınma dayanımları patlama mukavemetinin tersi yönünde sahip olduğu yapısal parametrelerin etkisi ile akrilik kumaşlardan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlar içinde geri dönüşüm kumaşlar tüm aşınma devirleri sonrasında akrilik kumaşlardan daha düşük kütle kayıp miktarları ve dolayısı ile çok daha iyi aşınma dayanımı sonuçları göstermiştir.

Boncuklanma sonuçlarına göre, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşların akrilik kumaşlardan daha fazla boncuklanma eğilimine sahip olduğu görülmüştür.

Çubuk yönündeki maksimum uzama sonuçlarına göre, her iki ilmek iplik uzunluk değerlerindeki elastik ipliksiz kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha yüksek çubuk yönü uzama değerleri gösterirken, elastik iplikli kumaşlarda ise tam tersi yönde geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan daha düşük uzama değerleri göstermiştir. Son olarak, sıra yönündeki maksimum uzama sonuçlarına göre, uzun ilmek iplik uzunluğundaki PBT iplik ilaveli kumaşlar haricindeki diğer kumaşlarda her iki ilmek iplik uzunluk değerlerinde elastik ipliksiz ve elastik iplik ilaveli kumaşlarda geri dönüşüm kumaşlar akrilik kumaşlardan çok az miktarlarda daha yüksek sıra yönünde maksimum uzama değerleri göstermiştir.

Kumaşların tüm incelenen yapısal, fiziksel ve konfor özellikleri sonuçlarından, akrilik lifleri içeren tekstil atıklarından geri dönüşüm akrilik iplikler üreterek ve bu iplikleri kazak üretiminde kullanarak orijinal akrilik iplikten elde edilen kalitede kazaklar üretilbileceği sonucuna varılabilir. Ayrıca geri dönüşüm ipliklerini gipe ve PBT gibi elastik

iplikler ile birlikte kullanarak, kazakların kalitesi ve performans özelliklerinin artırabileceği ve kumaşlara bazı avantajlı özellikler kazandırılabilceği de bu çalışmada diğcr elde edilen önemli sonuçtur.

Literatürde geri dönüşüm akrilik iplikten üretilen örme kumaşların performans özellikleri ile ilgili bizim bildiğimiz kadarı ile herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması bu bakımdan orjinallik taşımaktadır. Bu çalışmanın bulguları geri dönüşüm akrilik iplikten üretilen kumaşların performans özelliklerini gipe ve PBT elastik ipliklerin ilavesi ile birlikte anlamak ve karşılaştırma yapmak için hem bilimsel literature hem de işletmelere faydalı olabilecektir.



KAYNAKLAR

1. EI-Nouby, G.M., Azzam, H.A., Mohamed, S.T. and El-Sheikh, M.N., 2005, "Textile waste-material recycling part I: ways and means", *2nd International Conference of Textile Research Division NRC, Cairo, Egypt*.
2. Sinclair, R., 2015, "Textiles and fashion materials, design and technology", *Woodhead Publishing Ltd, England*, 123-129, 35-35, 170-170, 129-132.
3. Bunsell, A.R., 2009, "Handbook of tensile properties of textile and technical fibres", *Woodhead Publishing Ltd, England*, 15-15, 486-486, 508-509.
4. Bajaj, P. and Paliwal, D.K., 1991, "Some recent advances in the production of acrylic fibres for specific and uses", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 16: 89-99.
5. <http://www.aksa.com>
6. McIntyre, J.E., 2000, "Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin", *Woodhead Publishing Limited, England*, 167-209, 115-120.
7. Hu, J., Lu, J. and Zhu, Y, 2008. "New developments in elastic fibers", *Polymer Reviews*, 48 (2): 275-301.
8. <http://www.isiksoytekstil.com.tr/elastan-kaplama-gipe-iplikler>
9. Kadođlu, H., Dimitrovski, K., Marmaralı, A., Çelik, P., Bayraktar, G.B, Üte, T.B., Ertekin, G., Demšar, A. and Kostanjek, K., 2016, "Investigation of the characteristics of elasticised woven fabric by using PBT filament yarns", *AUTEX Research Journal*, 16 (2): 109-117.
10. <http://cevreonline.com/atik-yonetimi/>
11. <http://atiksahasi.com/At%C4%B1k>
12. <http://cevreonline.com/geri-donusum>
13. <http://ekolojist.net/geri-donusum-nedir-nasil-yapilir/>
14. <https://goo.gl/images/HmHVUu>
15. Eser, B., Çelik, P., Çay, A. ve Akgümüő, D. 2016, "Tekstil ve konfeksiyon sektöründe sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm olanakları", *Tekstil ve Mühendis*, 23 (101): 44-60.
16. Letcher, T.M. and Vallero, D.A., 2011, "Handbook for management", *Elsevier Inc., U.S.A*, 169-169.

17. <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-recycling.php>
18. Sandin, G. and Peters, G.M., 2018, "Environmental impact of textile reuse and recycling", *Journal of Cleaner Production*, 184: 353-365.
19. Muthu, S.S., 2018, "Sustainable Innovations in Recycled Textiles", *Springer*, Singapore, 3-5.
20. <http://www.balkan.com.tr/textile/page/dta61-guillotine-cutting-with-metal-detector/>
21. <http://www.balkan.com.tr/tekstil/page/dt30-mega-sifonez/>
22. http://www.befama.com.pl/angielska/rotary_cutter_AC39A.htm
23. <https://www.derstekstil.name.tr/open-end-iplik-makinesi.html>
24. <https://goo.gl/images/7jxGYA>
25. <https://goo.gl/images/hdpumq>
26. Lawrence, C.A., 2003, "Fundamentals of spun yarn technology", *CRC Press*, U.S.A., 295-297.
27. <https://goo.gl/images/tTTTq9>.
28. Robertson, J., Roux, C. and Wiggins, K.G., 2018, "Forensic Examination of Fibres", *CRC Press*, 3. edition, U.S.A., 34-36.
29. Cook, J.G., 2001, "Handbook of textile Fibres", *Woodhead Publishing Ltd.*, England, 392-425, 610-630.
30. Mather R.R. and Wardman R.H., 2015, "The chemistry of textile fibres", *Royal Society of Chemistry*, 2. Edition, England, 185-196, 208-217, 169-184.
31. Deopura, B.L., Alagirusamy, R., Joshi, M. and Gupta, B., 2008, "Polyesters and polyamides", *Woodhead Publishing*, England, 23-26.
32. Yildirim, F.F., Yavaş, A. ve Avinc, O.O., 2012, "Polibütülen tereftalat liflerine genel bakış", *Tekstil ve Mühendis*, 19 (87): 29-42.
33. Alan, G., Koçlu, A. ve Yüksekaya, M.E., 2012, "Geri dönüşüm hammaddeden üretilmiş olan battaniyelerin kopma mukavemeti performansının incelenmesi üzerine bir çalışma", *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi*, Uşak, 276-278.
34. Celep, G. ve Yüksekaya, M.E., 2012, "Geri dönüşüm liflerden ve orijinal Liflerden üretilen battaniyelerin ısıl konfor özelliklerinin incelenmesi", *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi*, Uşak, 157-162.

35. Necef, Ö.K., Seventekin, N. and Pamuk, M., 2013, “A study on recycling the fabric scraps in apparel manufacturing industry”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23 (3): 286-289.
36. Gun, A.D., Akturk, H.N., Macit, A.S. and Alan, G., 2014, “Dimensional and physical properties of socks made from reclaimed fibre”, *Journal of the Textile Institute*, 105 (10): 1108-1117.
37. Gun A.D., Alan G. and Macit A. S., 2016, “Thermal properties of socks made from reclaimed fibre”, *Journal of the Textile Institute*, 107 (9): 1112-1121.
38. Yuksekkaya, M.E., Celep, G., Dogan, G., Tercan, M. and Urhan, B., 2016, “A Comparative Study of Physical Properties of Yarns and Fabrics Produced From Virgin and Recycled Fibers”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 11 (2): 68-76.
39. Celep., G., Doğan G.,Yüksekkaya, M. E. ve Tercan M., 2016, “Geri dönüşümlü lifler içeren süprem kumaşların ısı konfor özelliklerinin incelenmesi”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 104-112.
40. Telli, A. and Babaarslan, O., 2016, “Commercialized denim fabric production with post-industrial and post-consumer wastes”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26 (2): 213-220.
41. Telli, A. and Babaarslan, O., 2017, “The effect of recycled fibers on the washing performance of denim fabrics”, *Journal of the Textile Institute*, 108 (5): 812-820.
42. Broman, T. and Sun, D., 2016, “Recycled Jean: property comparison to standart Jean”, *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, 4 (2): 1-4.
43. Broman, T. and Sun, D., 2017, “Investigation into abrasion resistance of dyed fabrics made of recycled and standard cotton fibres”, *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 1 (1): 1-4.
44. Işıқтаş, H., 2009, “Geri kazanılan yünlerden elde edilen kumaşların ıslak haldeki konfor özellikleri üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bornova-İzmir, 1-86.
45. Pınarlık, G., 1998, “İkinci kullanımın yarı kamgarn ipliklere etkisi hakkında araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-54.
46. Marmaralı, A.B., 2003, “Dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics”, *Textile Research Journal*, 73 (1): 11-14.
47. Marmaralı A., Ozdil N. ve Kretzhmar, S.D., 2007, “Elastik iplikli düz örme kumaşların ısı konfor özellikleri”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17 (3): 178-181.
48. Herath, C.N. and Kang, B.C., 2008, “Dimensional stability of core spun cotton/spandex single jersey fabrics under relaxation”, *Textile Research Journal*, 78 (3): 209-216.

49. Tezel S. and Kavusturan, Y., 2008, "Experimental investigation of effects of spandex brand and tightness factor on dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey", *Textile Research Journal*, 78 (11): 966-976.
50. Kizildag, N., Ucar, N. and Gorgun, B., 2016, "Analysis of some comfort and structural properties of cotton/spandex plain and 1×1 rib knitted fabrics", *Journal of The Textile Institute*, 107 (5): 606-613.
51. Abdessalem, S.B., Abdelkader, Y.B., Mokhtar, S. and Elmarzougui, S., 2009, "Influence of elastane consumption on plated plain knitted fabric characteristics", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4 (4): 30-35.
52. Sadek, R., El-Hossini, A.M., Eldeeb, A.S. and Yassen, A.A., 2012, "Effect of lycra extension percent on single jersey knitted fabric properties", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7 (2): 11-16.
53. Uyanık, S. ve Kaynak H.K., 2018, "Pamuklu/elastan süprem kumaşlarda fiziksel, boyutsal ve görünüm özellikleri", *Tekstil ve Mühendis*, 25 (110): 121-129.
54. Kumar, V. and Sampath, V.R., 2013, "Investigation on the physical and dimensional properties of single jersey fabrics made from cotton sheath - elastomeric core spun", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 21 (3/99): 73-75.
55. Cuden, A.P. and Elesini, U.S., 2010, "Elastane addition impact on structural and transfer properties of viscose and polyacrylonitrile knits", *Acta Chim. Slov.*, 57: 957-962.
56. Sular, V., Okur, A. and Ozçelik, E., 2017, "Cyclic deformation properties of knitted sportswear fabrics by different test methods", *Industria Textila*, 68 (3), 176-185.
57. Strukelj, D. and Dimitrovski, K., 2012, "Study of cotton woven fabrics with added polybutylene terephthalate yarns", *Tekstil*, 61 (1-6): 18-24.
58. Chen, Q., Ma, P., Mao, H., Miao, X. and Jiang, G., 2017, The effect of knitting parameter and finishing on elastic property of pet/pbt warp knitted fabric, *AUTEX Research Journal*, 17 (4): 350-360.
59. Saville, B.P., 2007, "Physical testing of textiles", *Woodhead Publishing Ltd.*, England, 217-218, 154-156.
60. Amutha, K., 2016, "A practical guide to textile testing", *Woodhead publishing Ltd*, India, 86-87, 77-77.
61. Holcombe, B.V. and Hoschke, B.N., 1983, "Dry heat transfer characteristics of underwear fabrics", *Textile Research Journal*, 6 (53): 368-374.
62. Frydrych I., Dziworska, G. and Bilaska J., 2002, "Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 39 (4): 40-44.

63. Das A, Kothari, V. K. and Sadachar, A., 2007, "Comfort characteristics of fabrics made of compact yarns", *Fibers and Polymers*, 8 (1):116-122.
64. Hes, L., Araujo, M. and Djulay, V.V., 1996, "Effect of mutual bonding of textile layers on thermal insulation and thermal contact properties of fabric assemblies", *Textile Research Journal*, 66 (4): 245-250.
65. Hes, L., 1999, "Optimisation of shirt fabrics composition from the point of view of their appearance and thermal comfort", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (2/3): 105-119.
66. Marmaralı, A., Kretzschmar, S.D., Özdil, N. and Oğlakcioğlu, N.G., 2006, "Parameters that affect thermal comfort of garment", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16 (4): 241-246.
67. Yoneda, M. and Kawabata, S., 1985, "Analysis of transient heat conduction and its application", *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 31 (4): 79-85.
68. Hes, L., 2008, "Non-destructive determination of comfort parameters during marketing of functional garments and clothing", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 33 (3): 239-245.
69. Fan, J. and Hunter L., 2009, "Engineering apparel fabrics and garments", *Woodhead Publishing Ltd.*, England, 165-173.
70. Ukponmwan, J.O., Mukhopadhyay, A. and Chatterjee, K.N., 1998, "Pilling", *Textile Progress*, 28 (3): 1-57.
71. Nagla, J.R., 2014, "Statistics for Textile Engineers", *Woodhead Publishing Ltd.*, India, 231-249.
72. Doyle, P.J., 1953, "Fundamental aspects of the design of knitted fabrics", *Journal of the Textile Institute*, 44 (8): P561-578.
73. Munden, D.L., 1959, "The geometry and dimensional properties of plain-knit fabrics", *Journal of the Textile Institute*, 50 (7): T448-471.
74. Knapton, J.J.F., Ahrens, F.J., Ingenthron, W.W. and Fong, W., 1968, "The dimensional properties of knitted wool fabric, part I: The plain knitted structure", *Textile Research Journal*, 38 (10): 999-1012.
75. Postle, R., 1968, "Dimensional stability of plain knitted fabrics", *Journal of the Textile Institute*, 59 (2): 65-77.
76. Yoon, H.N. and Buckley, A., 1984, "Improved comfort polyester, part I: transport properties and thermal comfort of polyester/cotton blend fabrics", *Textile Research Journal*, 54 (5): 289-298.

77. Turan, R.B. and Okur, A. 2008, “Kumaşlarda hava geçirgenliği”, *Tekstil ve Mühendis*, 15 (72): 16-25.
78. Ertekin, G., Oglakcioglu, N. and Marmarali, A., 2018, Strength and comfort characteristics of cotton/elastane knitted Fabrics, *Tekstil ve Mühendis*, 25 (110): 146-153.
79. Gorjanc, D. S., Dimitrovski, K. and Bizjak, M. (2012). “Thermal and water vapor resistance of the elastic and conventional cotton fabrics”, *Textile Research Journal*, 82 (14): 1498–1506.
80. Amber, R.R., Wilson, C.A., Laing, R.M., Lowe, B.J. and Niven, B.E., 2015, “Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure”, *Textile Research Journal*, 85 (12): 1269-1280.
81. Barker, R.L., 2002, “From fabric hand to thermal comfort: The evolving role of objective measurements in explaining human comfort response to textiles”, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14 (3/4): 181-200.
82. Pac, M.J., Bueno, M.A., Renner, M., and El Kasmi, S.E., 2001, “Warm-cool feeling relative to tribological properties of fabrics”, *Textile Research Journal*, 71 (9): 806-812.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: KUYUCAK, Cemre Nur

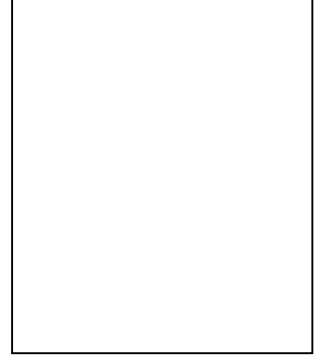
Uyruğu: T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 18.08.1992 Manisa

Medeni hali: Evli

Cep Telefonu: 554 831 37 33

E-mail: cemrenurd@hotmail.com



Eğitim Bilgileri

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Uşak Üniversitesi/Tekstil Mühendisliği Bölümü	2016
Lise	Manisa Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-2017	S.M.S. Konfeksiyon Dikim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.	Kalite-Güvence
2018-2018	GökSev Konfeksiyon	Yönetici asistanı

Sertifikalar

C sınıfı iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, Mir Akademi, 2016, Uşak (180 saat temel ders+40 saat staj)

Yabancı dil

İngilizce

Hobiler

-Microsoft Office, Solid Works, Visual Basic