



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İPLİK KOMPOZİSYONUNDAKİ YÜN LİFİ ORANININ İPLİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhan GEBEŞ

Polimer Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Malzeme Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

EKİM 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İPLİK KOMPOZİSYONUNDAKİ YÜN LİFİ ORANININ İPLİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhan GEBEŞ

(22435016618)

ORCID: 0000-0002-0027-2722

**Polimer Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı
Polimer Malzeme Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

Danışman: Prof. Dr. Kenan YILDIRIM

ORCID: 0000-0002-1640-6035

EKİM 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 22435016618 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ferhan GEBEŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İPLİK KOMPOZİSYONUNDAKİ YÜN LİFİ ORANININ İPLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kenan YILDIRIM**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri :

Bursa Teknik Üniversitesi

Uludağ Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi :



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Ferhan GEBEŞ

İmzası:





Sevgili aileme,

ÖNSÖZ

Araştırma süresince elde edilen bilgi ve deneyimlerin derinleştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, tekstil işletmeciliğinde önemli konulardan biri olmakla birlikte bu konuyu anlamak ve bu konu ile ilgili tekstil sektörüne bilimsel katkı sağlayabilmek adına düşünülmüş ve tasarlanmıştır.

Gerek ders aşamasındaki süreçte gerekse tez konusunun seçiminden değerlendirilmesine kadar olan süreçlerde sabırla gelişimim için çaba harcayan, bana yol gösteren, bilgi, birikim ve deneyimleriyle zamanını esirgemeyerek her zaman yanımda olan, teşvik eden ve en önemlisi daima bana inanan kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kenan YILDIRIM'a minnet, şükran ve saygılarımı sunar, ayrıca çok teşekkür ederim. Sayın hocamın rehberliği, desteği, geniş vizyonu ve bilgi birikimi sayesinde bu tez beklediğimden çok daha nitelikli bir çalışma haline gelmiştir.

Numunelerin üretimi ve laboratuvar sürecinde ve her aşamada her türlü desteklerini esirgemeyen Türkiye'nin en büyük El Örgü İpliği Üreticisi Ormo Yün İplik Fabrikası'nın Ceo'su Sayın Giray ÖCALGIRAY'a ve Ormo ailemdeki çalışma arkadaşlarıma içtenlikle katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca işletme ve AR-GE süreçlerinde işbirliği yaptığımız Türkiye'nin deneyimli firmalarından AKSA Laboratuvarı çalışanlarına CTT iplik – metal sürtünme cihazını kullanmamıza imkan sağladıkları için teşekkür ederim.

Son olarak Bursa Teknik Üniversitesi polimer Malzeme Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi Ömer Faruk Ünsal'a ve BUTEKOM çalışanlarına DSC Cihazını ve statik elektriklenme cihazını kullanmamıza destek oldukları için ayrıca teşekkür ederim.

Öncelikle sevgisiyle, sabırla ve desteğiyle yoluma ışık olan eşime ve motivasyon kaynağım çocuklarıma gülümsemeleri ve varlıkları için teşekkür ederim. Beni bugünlere getiren, emeği ve sevgisiyle her zaman yanımda olan sevgili anneme teşekkür ederim. Onların fedakarlıkları, bana sağladıkları güçlü sevgi dolu destekleri sayesinde hayatımda bu noktaya ulaşabildim. Sizlere minnettarım.

Ekim 2024

Ferhan GEBEŞ
(Tekstil Mühendisi)

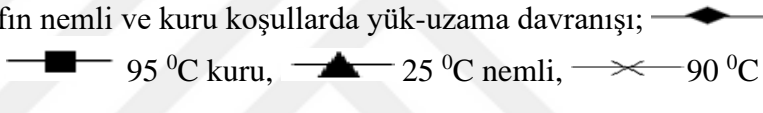



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.1.1 Akrilik lifi	1
1.1.1.1 Akrilik lifi üretimi	3
1.1.1.2 Akrilik lifinin yapısı ve fiziksel özellikleri	5
1.1.1.3 Akrilik lifinin kimyasal özellikleri	9
1.1.1.4 Akrilik lifinin kullanım alanları	11
1.1.1.5 High-bulk akrilik iplikleri	12
1.1.1.6 Antistatik akrilik iplikler	12
1.1.1.7 Düşük pilling özellikli akrilik lifler.....	13
1.1.2 Yün lifi	13
1.1.2.1 Yün lifinin yapısı ve fiziksel özellikleri.....	15
1.1.2.2 Yün lifinin kimyasal özellikleri	23
1.1.2.3 Yün lifinin kullanım alanları	26
1.1.3 Yün ve akrilik lifi karışımı ile ilgili yapılan çalışmalar	27
1.1.4 Elektrostatik özellik ve tekstildeki önemi	29
1.1.5 Elektrostatik özellik ile ilgili yapılan çalışmalar.....	31
2. MATERYAL VE YÖNTEM	34
2.1 Materyal	34
2.2 Yöntem	43
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
EKLER	62
ÖZGEÇMİŞ	78

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Önemli liflerin fiziksel özellikleri	9
Çizelge 1.2 : Değişen çevre sıcaklığı ve nisbi rutubete göre yünün absorbe ettiği su (%).....	21
Çizelge 1.3 : 25 °C’de yün lifinin fiziksel özelliklerine nem emişinin etkisi	21
Çizelge 2.1 : İplik özellikleri ve kodları.	34
Çizelge 3.1 : DSC entalpi enerjisine bağlı olarak hesaplanan iplik kompozisyonu ..	51
Çizelge A.1 : Karışım oranına bağlı olarak tek kat iplik numunelerinin kopma mukavemeti (cN/tex) ve uzama (%) değerleri.	63
Çizelge B.1 : Karışım oranına bağlı olarak iplik-metal sürtünme katsayısı (μ) değerleri.....	64
Çizelge C.1 : Karışım oranına bağlı olarak kompozisyon analizinde açığa çıkan ısı miktarı (J/g) değerleri.....	65
Çizelge D.1 : Karışım oranına bağlı olarak yumaktaki tuşe değerleri.....	66
Çizelge E.1 : Karışım oranına bağlı olarak 7200 devirde gözlenen kumaştaki nope sayısı ve boncuklaşma değerleri.....	67
Çizelge E.2 : Karışım oranına bağlı olarak 14400 devirde gözlenen kumaştaki boncuk (nope) sayısı ve boncuklaşma değerleri.	67
Çizelge F.1 : Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer $\times 10^{10} \Omega/\square$) (yüzey alanı bazlı).....	68
Çizelge F.2 : Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer $\times 10^{10} \Omega\text{cm}$) (hacim bazlı).	74

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Kuru çekim kulesinin şematığı.....	4
Şekil 1.2 : PAN lif üretim tesisinin şematik görünümü. (1) Lif çekimi, (2) Yaş gerdirme, (3)Yıkama, (4) Preparasyon, (5) Kurutma, (6) Ard gerdirme, (7) Kıvırcıklaştırma, (8) Buharlama, (9) Soğutma, (10) Kesme, (11) Balya.....	5
Şekil 1.3 : Akriik liflerin enine kesitleri	6
Şekil 1.4 : Akriik liflerin fibriler yapısının karşılaştırması	6
Şekil 1.5 : %65 bağıl nem ve 21 °C’de kesikli elyafların tipik gerilim-gerinim özellikleri.....	7
Şekil 1.6 : Akriik elyaflın nemli ve kuru koşullarda yük-uzama davranışı;  30 °C kuru,  95 °C kuru,  25 °C nemli,  90 °C nemli.....	8
Şekil 1.7 : Yün elyaflının iç yapısının görünümü.....	15
Şekil 1.8 : Yünde farklı kütikül tabakasının mikroskopik görünümü	16
Şekil 2.1 : Bamslar.....	34
Şekil 2.2 : Bams boyama.	35
Şekil 2.3 : Bams press.....	35
Şekil 2.4 : Bams santrifüj.	35
Şekil 2.5 : Akriik elyafl bamsı için RF kurutma makinesi.	36
Şekil 2.6 : Yün elyaflı için kurutma makinesi.	36
Şekil 2.7 : Son çekmenin girişi – çıkışı.	36
Şekil 2.8 : Ring iplik makinesi (Yarıkamgarn hattı).	37
Şekil 2.9 : Muratec (iplik temizleme) makinesi.....	37
Şekil 2.10 : Hemaks katlama makinesi.....	38
Şekil 2.11 : Çok kat büküm makinesi.....	38
Şekil 2.12 : Fikse makinesi.....	39
Şekil 2.13 : GW kuka makinesi.....	39
Şekil 2.14 : Tek kat iplik mukavemeti ölçüm cihazı.	40
Şekil 2.15 : CTT İplik-metal sürtünme cihazı.	40
Şekil 2.16 : DSC250 cihazı.....	41

Şekil 2.17 : ICI pilling box test cihazı.	41
Şekil 2.18 : Statik elektriklenme direncinin ölçüldüğü cihaz.	42
Şekil 2.19 : Yün elyafı boyama şartları.	43
Şekil 2.20 : Akrilik elyafı boyama şartları.....	44
Şekil 2.21 : İplik katlama işlemi şematik görünümü: (a) tek kat bobin (b) iplik yoklayıcı sensör (c) iplik kılavuzu (d) kılavuz (e) çok katlı bobin	46
Şekil 3.1 : İplik kopma mukavemeti (cN/tex).	48
Şekil 3.2 : İplik kopma anındaki yüzde oranı (%).	49
Şekil 3.3 : İplik metal sürtünme katsayısı.....	50
Şekil 3.4 : Karışım oranına bağlı olarak su çıkışı için gerekli ısı enerjisi miktarı (J/g)	50
Şekil 3.5 : Karışım oranına bağlı olarak yumaktaki tuşenin değerlendirilme sonuçları.	51
Şekil 3.6 : Boncuk sayısı bazında kumaşların boncuklanma özelliği.....	52
Şekil 3.7 : Referans resim ile karşılaştırma bazında boncuklanma skalası.	53
Şekil 3.8 : Boncuk sayısı bazında kumaşların boncuklanma özelliği.....	53
Şekil 3.9 : Referans resim ile karşılaştırma bazında boncuklanma skalası.	53
Şekil 3.10 : Karışım oranına bağlı olarak kumaştaki yüzeysel statik elektriklenme direnci (Ω/\square).....	54
Şekil 3.11 : Karışım oranına bağlı olarak kumaştaki hacimsel statik elektriklenme direnci (Ωcm)	55

İPLİK KOMPOZİSYONUNDAKİ YÜN LİFİ ORANININ İPLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Akrilik el örgü iplikleri kumaş haline dönüştürüldüklerinde kullanımları sırasında statik elektriklenme ve boncuklanma gözlenmektedir. Bu özellikler gibi kullanıma uygunluk özelliklerindeki problemler müşteri şikayetlerine yol açabilmektedir. Söz konusu problemlerin iyileştirilmesine yönelik her bir özellik için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygını ipliklere antistatik kimyasal uygulanması ve uzun elyaftan iplik üretimidir. Statik elektriklenmenin iyileştirilmesi için ipliklere uygulanan antistatik kimyasallar üretim esnasında çevre kirliliğine neden olurken kullanım esnasında da yıkama işleminden dolayı zamanla özelliğini kaybetmektedir.

Bu yöntemlere alternatif olarak yün lifinin akrilik lifine göre daha az statik elektriklenme özelliğinden faydalanarak karışım ipliğın üretimi düşünülmüştür. Yün lifi pahalı bir lif olduğundan kabul edilebilir statik elektriklenmeyi karşılayacak yün-akrilik karışım oranının tespit edilmesi proje kapsamında amaçlanmıştır. Yün lifi mukavemeti akrilik lifi mukavemetinden daha düşük olduğundan oluşabilecek boncukların daha kısa sürede kumaş yüzeyinden kopacağı buna bağlı olarak kumaşın boncuklanma davranışını geliştireceği öngörülmektedir. Çalışma kapsamında hem akrilik hem yün lifi elyaf boyama ile renklendirilmiştir. Cer şeridi halindeki renkli lifler farklı şerit adetlerinde cer prosesinde karıştırılmıştır. 4 pasaj cer ile karışım homojenliği sağlanmıştır. Elde edilen cer şeridi yarı kamgarn metoduna göre ring iplik eğirme tekniği ile ipliğe dönüştürülmüştür. Tüm karışım ipliklerin büküm miktarı, iplik doğrusal yoğunluğu, büküm yönü sabit tutulmuştur. Bu ipliklerin iplik ve kumaş halinde iplik mukavemeti, iplik-metal sürtünme katsayısı, statik elektriklenme, tuşe ve boncuklanma özellikleri ölçülmüştür.

Yün akrilik karışımları için karışımdaki yün oranı artışı; kopma mukavemeti ve yüzde kopma uzama oranını azaltmış tuşeyi kötüleştirilmiş olup iplik-metal sürtünme katsayısını ve yüzeysel statik elektriklenme direncini artırmıştır. Boncuklanma davranışı üzerinde ise fark edilebilir bir değişim oluşturmamıştır.

Anahtar kelimeler: Akrilik, Yün, Lif, El örgü ipliği, Statik elektrik, Boncuklanma.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF WOOL FIBER RATIO IN YARN COMPOSITION ON YARN PROPERTIES

SUMMARY

When acrylic hand knitting yarns are turned into fabric, static electricity and pilling are observed during their use. Problems in suitability for use such as these properties can lead to customer complaints. Different methods are applied for each property to improve these problems. The most common of these methods is the application of antistatic chemicals to the yarns and the production of yarn from long fibers. While antistatic chemicals applied to the yarns to improve static electricity cause environmental pollution during production, they lose their properties over time due to the washing process during use.

As an alternative to these methods, the production of blended yarn was considered by taking advantage of the less static electricity property of wool fiber compared to acrylic fiber. Since wool fiber is an expensive fiber, the aim of the project was to determine the wool-acrylic blend ratio that would meet acceptable static electricity. Since the strength of wool fiber is lower than the strength of acrylic fiber, it is predicted that the beads that may form will break off from the fabric surface in a shorter time and therefore the pilling behavior of the fabric will develop. Within the scope of the study, both acrylic and wool fibers were colored with fiber dyeing. Colored fibers in the form of draw frame strip were mixed in different strip numbers in the draw frame process. The blend homogeneity was achieved with 4 passages of draw frame. The obtained draw frame sliver was converted into yarn by ring spinning technique according to semi-worsted method. The twist amount, yarn linear density, and twist direction of all blended yarns were kept constant. The yarn strength, yarn-metal friction coefficient, static electricity, touch and pilling properties of these yarns were measured in yarn and fabric form.

For wool acrylic blends, increasing the wool ratio in the blend; decreased the breaking strength and percentage breaking elongation ratio, worsened the touch, and increased the yarn-metal friction coefficient and surface static electricity resistance. It did not cause any noticeable change in pilling behavior.

Keywords: Acrylic, Wool, Fiber, Hand knitting yarn, Static electric, Pilling.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Akrilik giysilerde kullanım sırasında gözlemlenen ve müşteri şikayetine neden olabilen statik elektriklenme probleminin giderilebilmesinde yün lif karışımının etkisinin araştırılması ve iplik kompozisyonundaki yün lif oranı bazında yün lif karışımının ipliğin statik elektriklenme davranışı, iplik mukavemeti, iplik tuşesi ve boncuklanma ve yüzey değişim özelliklerine etkisinin irdelenmesidir.

1.1.1 Akrilik lifi

Akrilonitril ve poliakrilonitrilin (PAN) ilk rapor edilen sentezi 1890'lara dayanmaktadır [1, 2]. Polimer, II. Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre öncesine kadar birkaç yıl boyunca çok az ilgi görmüştür. Çünkü çözücüler geliştirilememiştir ve polimer erime noktasına ulaşmadan ayrılmaktaydı [2, 3]. PAN'i çözebilecek çözücülerin geliştirilmesinde ilk atılım, polimerden yapılan elyaflar, kuaterner amonyum bileşiklerinin sulu çözeltilerinde (benzilpiridinyum klorürün veya metal tuzlarının gibi, lityum bromür, amonyum tiyosiyanat ve çinkoklorür gibi) çözülen I. G. Farben şirketine (Almanya'da) gerçekleşmiştir [2, 4-6]. DuPont, Amerika Birleşik Devletleri'nde PAN için organik bir çözücü olan N₂N-dimetilformamid (DMF)'i keşfetmiştir [2, 5-8]. Aynı çözücü, bağımsız olarak I.G. Farben şirketi tarafından hemen hemen aynı zamanlarda keşfedilmiştir [2, 9].

DuPont, eğirme çözültisi olarak DMF'yi kullanarak, 1950 yılında Orlon ticari adı altında *ilk ticari akrilik elyafı* üretmiştir. Orlon, Camden SC'deki bir tesiste kuru eğirme işlemi kullanılarak eğrilmiştir. Kısa bir süre sonra, Monsanto ve American Viscoss'un ortak girişimi olan Chemstrand (şimdi Solutia), Monsanto polimer teknolojisi ve N, N-dimetilasetamid (DMAc) çözücülü Amerikan Viskoz ıslak eğirme teknolojisini kullanarak üretilen Acrilan akriliğini tanıtmıştır. Yeni teknolojilerde yaygın olmasına rağmen, her iki ürün de zorlu başlangıçlar yapmıştır; Orlon zayıf boyama performansı ile, Acrilan ise fibrilasyonla, ancak 1950'lerin sonlarına

gelindiğinde her biri başlangıçtaki sorunlarını çözmüş ve uygulanabilir pazarlar oluşturmuştur [2, 3, 5, 6, 10].

1960 yılında, Federal Ticaret Komisyonu, akrilik elyafını; *ağırlıkça en az %85 akrilonitril içeren lifler* olarak tanımlamıştır (orlon, acrilan vb) [3, 5, 11, 12]. Modakrilik elyaf (Amerika Birleşik Devletleri'nde ağırlıkça %35-85 akrilonitril birimlerine sahip olan akrilikler olarak tanımlanmıştır) aseton gibi daha geleneksel çözücüler tarafından çözülebilir olduğu için piyasada daha önce yer almıştır. Union Carbide şirketi, ilk aleve dayanıklı modakrilik elyafı 1948 yılında Vinyon N ve Dynel ticari isimleri altında piyasaya sürmüştür. Vinyon N sürekli filament bir ipliktir; Dynel temel formudur. Her ikisi de %60 vinilklorür-%40 akrilonitril kopolimerine dayanmaktadır [2, 3].

1960'lı yıllarda en az 18 şirket akrilik elyaf üretimine başlamıştır. Akrilik elyaflar bir eğirme çözücüsü gerektirdiğinden ve yeni keşfedilen çözücüler patent koruması aldığından, ticari olarak kullanılan teknoloji aralığı akrilikler için diğer elyaflardan çok daha geniştir. En önemlileri Amerikan Cyanamid şirketinin sulu sodyum tiyosiyanat ıslak eğirme işlemi ve Asahi şirketinin nitrik asit ıslak eğirme işlemi olmuştur. 1950'li ve 1960'lı yıllarda dünya üretimi Batı Avrupa, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yoğunlaşmıştır. 1960'a gelindiğinde dünya çapındaki yıllık üretim 100 milyon kilogramın üzerine çıkmıştır. Kesikli elyaf işlemleri geliştirildiğinde, akrilik elyaflar, öncelikle yünlü elyafların bulunduğu pazarlarda önemli bir rakip haline gelmiştir. 1963 yılına gelindiğinde halı ve kazak pazarı toplam akrilik üretiminin neredeyse %50'sini oluşturmuştur. 1970'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri ve Batı Avrupa'da büyüme oranı hızla düşmüştür. Bunun nedeni, yün ile yer değiştirme pazarının olgunlaşp halıcılıkta naylona ve birçok giyim uygulamasında polyestere yönelik pazar kaybıdır. 1970'lerde Japonya, Doğu Avrupa ve gelişmekte olan ülkelerde akrilik elyaf üretim kapasitesinde hızlı bir büyüme yaşanmıştır [2]. Bu hızlı büyüme, akriliklerin avantajları, yün benzeri görünümleri ve tuşeleri gibi özel özellikleri, akrilonitrilin nispeten düşük maliyeti ve kolay boyanma özellikleri nedeniyle avantajlı ekonomik konumları tarafından teşvik edilmiştir [3, 5]. 1981 yılına gelindiğinde tahmini olarak yaklaşık %21 oranında fazla kapasite oluşmuştur. 1990'larda DuPont ve Mann Endüstri'nin (eski adıyla Badische) üretimden ayrılmasıyla Amerika Birleşik Devletleri'nde akrilik üretiminde önemli bir daralma görülmüştür. Önemli değişim yeni yüzyılda da devam etmiştir. 2002 yılında Sterling

(eski adıyla Cytec), Pace FL tesisinde ticari akrilik üretimini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu değişiklikler Solutia'yı ABD'deki ana tedarikçi olarak bırakmıştır. Avrupa'daki değişiklikler çoğunlukla mülkiyet takası şeklinde olmuştur; Acordis artık hem Courtaulds hem de Hoechst işletmelerini elinde tutmakta olup bir İtalyan firması olan Fraver Bayer'in işini devralmıştır. Uzak Doğu'da, özellikle de DuPont ve Sterling (Cytec) proseslerine dayalı tesislerin çoğaldığı gözlenmiştir; Çin'de endüstri büyümesi yaşanmıştır. Çin şu anda dünya kapasitesinin %22'sine sahipken, 10 yıl önce bu oran %9'du. Japonya kapasitesini azaltmıştır; Asahi Chemical 2003 Mart ayında işlerini kapattığını açıklayan en son şirket olmuştur [2].

Türkiye'de 2003 yılındaki yıllık akrilik lif üretim kapasitesi 277.000 ton civarında gerçekleşmiştir. Aksa dünya akrilik lif üretiminde de %9'luk payı ile 2. sırada bulunmaktadır. Ayrıca Aksa, bütün dünyadaki akrilik lif üreticileri arasında tek çatı altındaki en büyük akrilik lif üreticisi konumundadır [2, 13, 14]. Günümüzde Türkiye'nin tek, dünyanın en büyük akrilik elyaf üreticisi Aksa'dır. 2023 yılında Aksa akrilik elyaf üretimi için 355.000 ton/yıl olarak açıklamıştır.

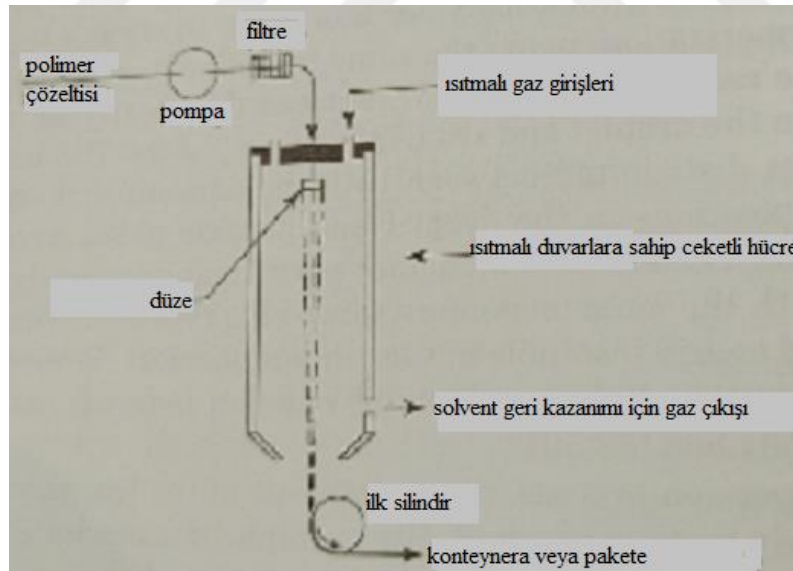
1.1.1.1 Akrilik lifi üretimi

Akrilik lif üretiminde kullanılan poliakrilonitril polimerleri akrilonitril monomerlerinin radikal zincir polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Yani hemen hemen tüm akrilik elyaflar, en az bir başka monomerle birleştirilmiş *akrilonitril*den yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılması gereken komonomerler, polimerin eğirme solventleri içindeki çözünürlüğünü arttırmak, elyaf morfolojisini değiştirmek ve boyaların elyaf içine difüzyon hızını geliştirmek için metil akrilat ve vinil asetat gibi nötr komonomerlerdir [2]. Poliakrilonitril polimerleri eriyikten lif çekimi için kullanılan yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında erimeyip kimyasal yapısında değişiklikler meydana geldiği için eriyikten lif çekimi yöntemine uygun değildir. Dolayısı ile PAN polimerlerinden eriyikten lif çekimi yöntemiyle lif üretmek mümkün olmamaktadır [5, 13-16]. Ancak poliakrilonitril polimerleri; uygun çözücüler içerisinde çözülerek lif çekimi için uygun akışkanlıkta polimer çözeltisi haline getirilebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı *PAN polimerlerinden lif üretimi çözeltiden lif çekimi yöntemine göre* gerçekleştirilmektedir. PAN polimeri bilinen bir çok çözücüde çözünmemektedir. Çözücü olarak en çok Dimetil Formamid (DMF) ve Dimetil Asetamid (DMAc) kullanılmaktadır. PAN'ın çözülmesinde kullanılan

çözücüler üretilen liflerin özelliklerinin belirlenmesinde de rol oynamaktadır [2, 13, 17-19].

Poliakrilonitril polimerlerinden hem yaş çekim ve hem de kuru çekim yöntemleriyle lif üretebilmek mümkün olmakla birlikte, üretimin yaklaşık %85'i yaş çekim yöntemiyle, kalanı ise kuru çekim yöntemiyle gerçekleştirilmektedir [2, 12-14, 18]. Hazırlanan polimer çözeltisinden lif çekimi için, üzerinde çok ince delikler olan düze (spinneret) sistemleri kullanılmaktadır. Bu düzeler üzerindeki delik sayısı, kullanılacak çekim yöntemine göre çok büyük değişiklikler göstermektedir. Ayrıca bu delikler düze üzerinde segmentler yani gruplar halinde yerleştirilmiştir. Bu sayede düzelerden fişkırtılan filamentlerin arasına koagülantın daha iyi nüfuz etmesi sağlanmaktadır [2, 13, 17-19].

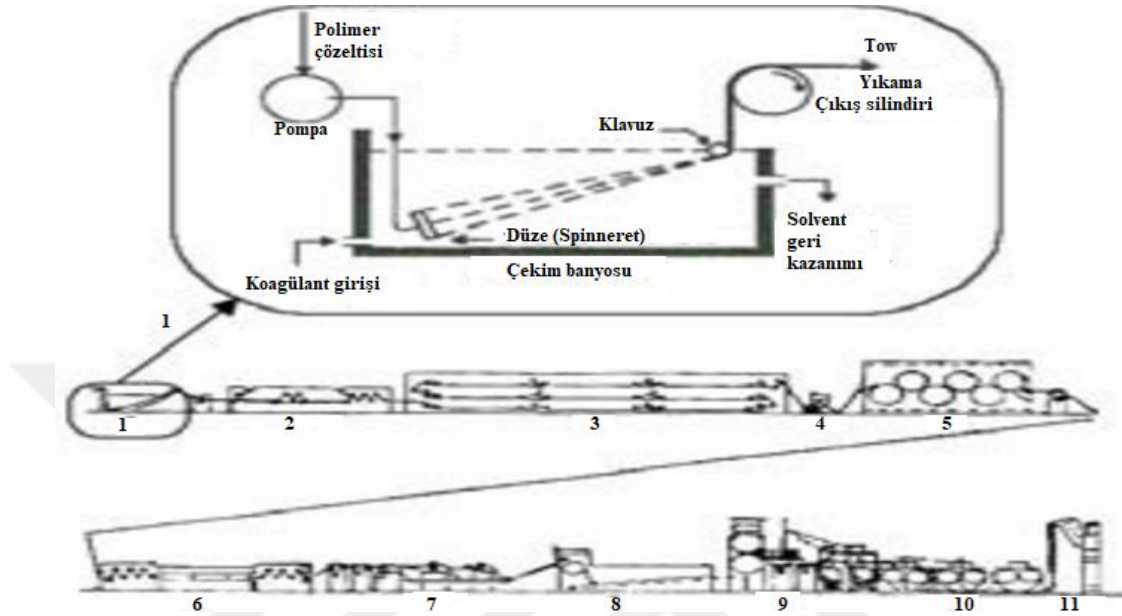
Kuru çekim yönteminde (Şekil 1.1) çekim çözeltisi kulesi içerisine yerleştirilmiş olan düzelerden çekim kulesi içerisine fişkırtılmaktadır. Aynı zamanda kule içerisine gönderilen (400 °C) ısıtılmış gaz sayesinde dop polimeri içerisindeki organik çözücü hava ile temas ettirilip buharlaştırılması ve polimerin katılarak lif haline gelmesi sağlanmaktadır [2, 3, 13, 17-19].



Şekil 1.1 : Kuru çekim kulesinin şematığı [2].

Yaş çekim yönteminde ise çekim çözeltisi, koagülant içeren bir sıvı banyosuna daldırılmış olan düze sisteminden banyo içerisine fişkırtılmaktadır. Banyo içerisindeki nonsolvent ile polimer içerisindeki organik çözücünün karşılıklı difüzyonu sayesinde polimerin katılarak lif haline dönüşmesi sağlanmaktadır. Yaş çekimle akrilik üretiminde *ilk lif formasyonu koagülasyon banyosu içerisinde gerçekleştiği için*

koagülasyon banyosu parametreleri liflerin *özellikle fiziksel özellikleri* üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır [2, 13, 17, 18]. Aşağıda Şekil 1.2’de yaş çekim yöntemine göre poliakrilonitril lif üretim tesisinin şematik görünümü verilmiştir [2, 13, 15, 18].



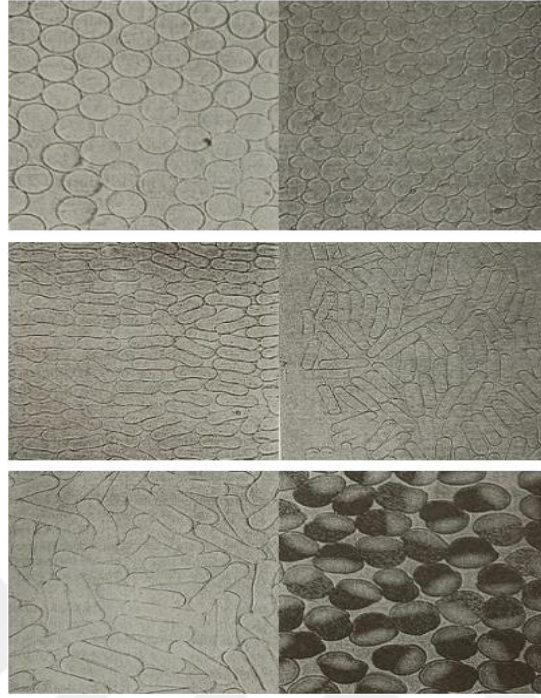
Şekil 1.2 : PAN lif üretim tesisinin şematik görünümü. (1) Lif çekimi, (2) Yaş gerdirme, (3) Yıkama, (4) Preparasyon, (5) Kurutma, (6) Ard gerdirme, (7) Kıvrıkcılaştırma, (8) Buharlama, (9) Soğutma, (10) Kesme, (11) Balya [13, 15, 18].

Hem kuru ve hem de yaş çekimden sonra akrilik liflerin gördüğü işlemler esas olarak aynıdır. Ancak bu işlemlerin sıraları veya uygulanma şartları bir miktar farklılık gösterebilmektedir. Bu işlemler yıkama, gerdirme, preparasyon, kurutma, kıvrıkcılaştırma, tavlama işlemleridir. Bütün bu işlemlerin liflerin fiziksel özellikleri üzerine etkisi olmaktadır [2, 13].

1.1.1.2 Akrilik lifinin yapısı ve fiziksel özellikleri

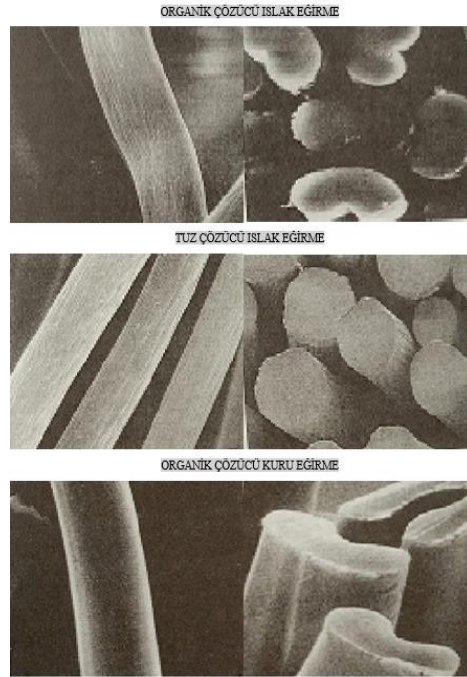
Akrilik liflerinin enine kesitleri *çekim koşullarına bağlı olarak* değişkenlik göstermektedir [3]. Mikroskop altındaki lif enine kesiti genellikle üç şekilden biri; (Şekil 1.3); *yuvarlak (ıslak eğrilmiş, yavaş koagülasyon)*, *fasulye (böbrek) şeklinde (ıslak eğrilmiş, hızlı koagülasyon)* veya *köpek kemiği (yer fıstığı) şeklinde (kuru eğrilmiş)* olabilmektedir [2, 3, 5, 12]. Yuvarlak veya fasulye şeklinde enine kesite sahip olan akrilik liflerinin (Crylor, Zefran, Creslan, Courtelte, Acrilan gibi) yaylanma yeteneği, yer fıstığı şeklinde enine kesite sahip olan akrilik liflerinin (Dralon, Orlon gibi) de yumuşaklığı ve parlaklığı iyi olmaktadır [3, 12]. Şekilli veya iki bileşenli

düzeler kullanılarak şerit veya mantar gibi özel şekillerde akrilikler de üretilebilmektedir [2].



Şekil 1.3 : Akrilik liflerin enine kesitleri [2].

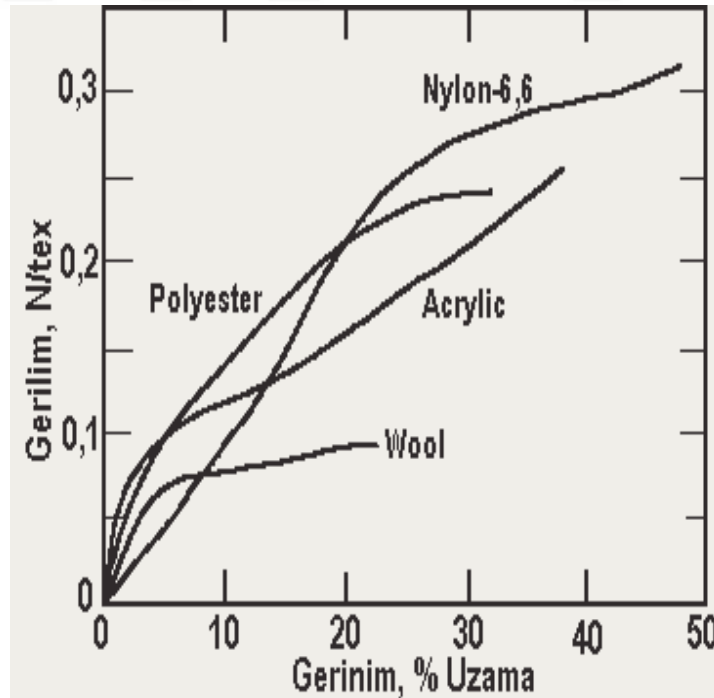
Akrilik liflerin yüzeyi fibriler olup, fibril boyutu eğirme işlemine ve bu işlemde kullanılan çözücüye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 1.4) [2]. Akrilik liflerinin boyuna kesit görünümü ise pürüzsüz, büklümlü ve çizgilidir [12].



Şekil 1.4 : Akrilik liflerin fibriler yapısının karşılaştırması [2].

Akrilik elyaflar *kullanım alanına bağlı olarak* çeşitli uzunluklarda; şapnel (kesikli), filament (continue) ve tow formunda üretilmektedir [2, 5, 10, 12, 20-22]. Yüzeyden su almayıp kesitten su aldığı için daha çok şapnel halde kullanılmaktadır [10, 20-22]. Şapnel uzunlukları son kullanım yerine göre 25 ile 150 mm arasında değişebilmektedir. Lif inceliği 1 ile 22 dtex arasında değişmekte; yaygın olarak 1,3 dtex, 2,2 dtex, 3,3 dtex kullanılmaktadır. Tow formu ise 2,2 milyon kilotex'e kadar paketler halinde satılmaktadır [2, 5, 23, 24].

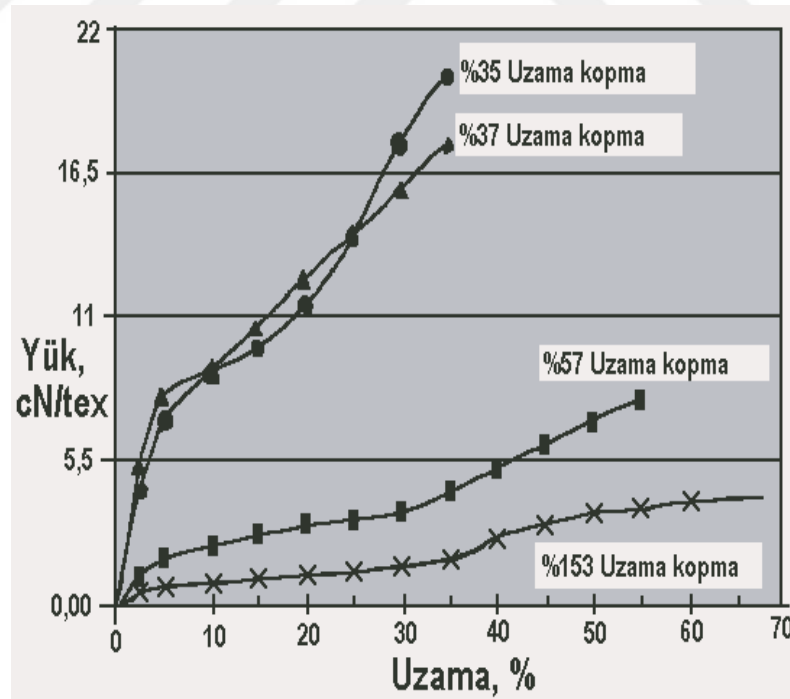
Akrilik lifler elastik özelliklerden yüksek uzama ve elastik toparlanma ile yüne benzemektedir. Bu elastik özellikler, *akrilikleri ve yünü yumuşak bir tutuma sahip kumaş sağlayan uyumlu lifler yapmaktadır*. Akriliğin gerilme mukavemeti diğer sentetiklerden önemli ölçüde daha düşüktür, ancak yününkinden daha yüksektir [2, 5, 12]. Akrilik ve diğer önemli elyaf türleri için tipik gerilim-gerinim eğrileri Şekil 1.5'te karşılaştırılmıştır. 1,4 N/tex'e kadar yüksek mukavemete sahip akrilikler germe oryantasyonu ile üretilebilmekte, ancak bunlar genellikle düşük komonomer içeriğine, daha yüksek gerilme yönelimine sahip ve daha yüksek molekül ağırlıklı polimerlerden yapılmaktadır. Karbon fiber öncüsü ve çimento takviyeli elyaf gibi özel ürünler bu teknoloji kullanılarak üretilmektedir [2, 5].



Şekil 1.5 : %65 bağıl nem ve 21 °C'de kesikli elyafların tipik gerilim-gerinim özellikleri. Uzama oranı %50/dakikadır [2].

Poliakrilonitril lifleri hidrofob liflerdir [3]. Giyim konforu üzerinde büyük etkisi olan bir özellik olan lifin nem içeriği %2' olup, pamuk lif (%7) ve yün lifine göre (%14) konfor özelliği düşük seviyededir. Bu özellik, hidrofilik komonomerlerin eklenmesiyle veya lifte gözenekli bir iç yapı oluşturularak artırılabilir. Daha önce Bayer tarafından pazarlanan bir akrilik olan Dunova, iç gözeneklilik sayesinde nem emilimini ve taşınmasını sağlamıştır. Yeterli nem içeriği, vücuda uyumluluğunun iyi olması, akrilikleri giyim konforu pazarlarında rekabetçi kılmaktadır. Ancak akrilikler, polyesterin kırışma direnci ve kırışmayı önleme özellikleriyle eşleşmemektedir [2, 5].

Akrilik elyafın mekanik özellikleri sıcak-nemli koşullar altında yetersizdir ve büzülmektedir. Bunun temel nedeni akrilonitril kopolimerlerin nemli T_g 'sinin suyun kaynama noktasından daha düşük olmasıdır. Tekstil malzemesinin nemli işlemleri, iplik veya kumaş bozulmasını en aza indirecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Evde yıkama çevrimlerinde daha düşük sıcaklıklarda orijinal hacmin ve şeklinin bozulmaması ve muhafaza edilmesi kabul edilebilir. Akrilik elyafın kuru ve nemli koşullarda tipik yük-uzama eğrileri Şekil 1.6'da gösterilmektedir [2, 5].



Şekil 1.6 : Akrilik elyafın nemli ve kuru koşullarda yük-uzama davranışı; —◆— 30 °C kuru, —■— 95 °C kuru, —▲— 25 °C nemli, —×— 90 °C nemli [2].

Akrilik liflerinin nem çekmesi düşük olduğu için elektrik iletimi de düşüktür. Bu yüzden akrilik ürünler -yüne göre daha fazla- statik elektriklenebilmektedir [2, 5, 10, 20-22].

Akrilik liflerin fiziksel özellikleri Çizelge 1.1'de özetlenmiş ve doğal ve diğer sentetik liflerle karşılaştırılmıştır [2, 3, 5, 10, 12, 20-26].

Çizelge 1.1 : Önemli liflerin fiziksel özellikleri [2, 3, 5, 10, 12, 20-26].

Özellik	Akrilik	Modakrilik	Nylon-6,6	Poliester	Poliolefin	Pamuk	Yün
Özgül ağırlık (g/cm ³)	1,14-1,19	1,28-1,37	1,14	1,38	0,90-1,0	1,54	1,28-1,32
Dayanım (N/tex)	Kuru 0,09-0,33 Islak 0,14-0,24	0,13-0,25 0,11-0,23	0,26-0,64 0,22-0,54	0,31-0,53	0,31-0,40	0,18-0,44 0,21-0,53	0,09-0,15 0,07-0,14
İlmek/düğüm dayanımı	0,09-0,3	0,11-0,19	0,33-0,52	0,11-0,50	0,27-0,35		
Kopma uzama, %	Kuru 35-55 Islak 40-60	45-60 45-65	16-75 18-78	18-60	30-50	<10 25-50	25-35
Ortalama Modül (N/tex)	6,44-6,62	0,34	0,88-0,40	0,62-2,75	1,8-2,65		2,38
Kuru elastik gerilim, %	99	99-100		67-86		74	99
%2 esneme		95	99	57-74	96		
%10 e. kazanım, %							65
Elektriksel direnç	Yüksek	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
Statik birikim	Orta	Orta	Çok yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
Tutuşurluk	Orta	Düşük	kendi kendine sönen	Orta	Orta	360 °C'de kendiliğinden tutuşma	kendi kendine sönen
Kömürleşme/Erim	Erir	Erir	Erir, damlar	Erir, damlar	Erir	Kömürleşir	Kömürleşir
Gün ışığına direnç	Mükemmel	Mükemmel	Zayıf; stabilize olmalı	İyi	Zayıf; stabilize olmalı	Makul; bozunur	Makul; bozunur
Kimyasala direnç	Mükemmel	Mükemmel	İyi	İyi	Mükemmel	Asitlere dirençsiz	Alkalilere, oksitleyici ve indirgeyici maddelere dirençsiz
Aşınma direnci	Orta	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Mükemmel	İyi	Orta
çift kırılım indeksi	0,1		0,6	0,16			0,01
nem geri kazanımı, %65 bağıl nem, 21 °C, %	1,5-2,5	1,5-3,5	4-5	0,1-0,2	0	7-8	13-15

1.1.1.3 Akrilik lifinin kimyasal özellikleri

Akrilik elyafların öne çıkan özellikleri arasında güneş ışığına ve mikroorganizmalara karşı çok güçlü dirençleri vardır [2, 3, 5, 12]. Bir çalışma, akrilik elyafların olefin elyaflarından sekiz kat, pamuk ve yünden beş kat ve naylondan neredeyse dört kat daha uzun süre bozunmaya karşı dayanıklı olduğunu bulmuştur [2, 27]. Başka bir

çalışmada ise bir yıl süreli olarak açık havada bırakılan ipek, yün, rejenere selüloz, poliamid liflerinin kopma dayanımları sifıra düşerken, pamuğunki %95'lik, poliesterinki %38'lik, poliakrilonitrilinki ise yalnızca %18'lik bir azalma göstermiştir [3]. Bu özellik, akrilikleri tenteler, çadırlar ve kum torbaları gibi dış mekan uygulamalarının yanı sıra otomobiller ve dış mekan mobilyalarının döşemeleri için özellikle yararlı kılmaktadır. Işığa dayanıklı renklere sahip pigmentli akrilik elyaflar özellikle dış mekan uygulamaları için kullanılmamaktadır [2, 5].

Akrilik elyaflar ayrıca tüm biyolojik ve kimyasal maddelerin çoğuna karşı dayanıklıdır [2, 3, 12]. Zayıf asitler veya bazlar, organik çözücüler ve oksitleyici maddeler akriliği çok az etkilemektedir. Güçlü bazlar ve DMAc, DMF ve DMSO (dimetil sülfoksit) gibi oldukça polar organik çözücüler akriliği etkilemektedir [2, 3]. Akrilik lifler alkalilerin kimyasal saldırılarına asitten çok daha duyarlı olma eğilimi göstermektedir. Örneğin; akrilik lifler %50 sülfürik asitte 100 °C'de 24 saate kadar stabil kalabilmekteyken, aynı lifler aynı maruz kalma süresi ve sıcaklıkta <%0,5 sodyum hidroksit ile bozunmaya başlamaktadır [2, 28].

Liflerin oksitleyici maddelere karşı direnci açısından Orlon akrilik, pamuk ve asetat ipliklerle karşılaştırılmış ve sonuç olarak akrilik iplik mukavemeti koruma açısından çok daha üstün çıkmıştır. Ağartıcıya 6 saat maruz kaldıktan sonra pamuk ve asetat iplikleri tamamen bozulurken akrilik orijinal mukavemetinin yaklaşık %92'sini korumuştur [2, 28].

Akrilik elyafın mükemmel kimyasal direnci, yanal olarak bağlanmış yapısından kaynaklanmaktadır. Bitişik zincirlerin nitril grupları arasında oluşan dipol bağlarının, kimyasal saldırı, erime veya çözünme meydana gelmeden önce kırılması gerekir. Ek olarak, bir zincirdeki bitişik nitriller arasındaki itici kuvvetler, çok sert bir polimer omurgasına neden olmakta; bu, bitişik zincirler arasındaki bağlar çözünme veya erime sırasında kırıldığında çok az entropi kazancı sağlamaktadır. Bu nedenle çözünme ve erime için nispeten yüksek sıcaklıklar gerekmektedir [2, 5]. Bu liflerin çözünmesi için dimetilforamid, dimetil sülfoksit, etilen karbonat ve dimetilasetamid gibi oldukça güçlü polar çözücüler gerekmektedir. Poliakrilonitrildeki dipol etkileri ayrıca kuru halde 320 °C'lik tahmini bir erime noktası vermekte; bu, naylon (250-255 °C), polyester (250 °C) ve poliolefin (150-170 °C) polimerlerinden çok daha yüksek olmaktadır [5].

Akrilik elyaflar ısıtıldığında erimek yerine rengini değiştirir ve ayrışır [2, 3, 12]. Renk değiştirme süreci, konjuge C=N çift bağlarını içeren bir merdiven yapısının oluşumunu içermektedir. Lif üretimine bir miktar renk oluşumu eşlik etmekte; ticari akrilikler genellikle sarı tonu maskeleyen için düşük seviyelerde mavi boya veya pigment içermektedir. Süblimasyon boyamada akrilik elyafların beyazlık stabilitesi polyestere göre yetersiz kalmakta; bu durum akriliğin polar ve çarşaf pazarlarındaki kullanımını sınırlamaktadır [2].

Tekstilde kullanılan elyaflar alevle temas ettiğinde kolayca tutuşmamalıdır. Ancak halılarda, pijamalarda, perdelerde ve yatak takımlarında liflerin ateşleme kaynağından çıkarıldıktan sonra kendi kendine sönmeye de gerekmektedir. Bu genellikle akrilonitril bazlı liflere çeşitli miktarlarda halojen komonomer eklenmesiyle elde edilmektedir. Viniliden klorür en popüler olanıdır çünkü ucuzdur, kopolimerizasyonu kolaydır ve çok yüksek klor içeriğine sahiptir [2, 5].

1.1.1.4 Akrilik lifinin kullanım alanları

Akrilik kesikli ipliklerin her zaman yün benzeri bir karaktere sahip olduğu tespit edilmiş ve bu nedenle bunların kullanımını genellikle *doğal elyafların yerine daha uygun fiyatlı bir alternatif* olarak kullanılmıştır [5].

Akrilik elyaf üretiminin çoğunluğu 1,0-5,6 dtex (0,9-5den) şapel ve tow halde döşenmiş, boyanmamış, parlak veya yarı mat (%0,5 TiO₂) parlaklıktadır. Akrilik lifinin tutumu yumuşaklığı (yün lifine benzer), hafif olması, çabuk kuruması ve bakımlarının yün lifine göre daha kolay olması nedeniyle birçok uygulamada kullanım alanına sahiptir. Başlıca pazarlar giyim ve ev mobilyalarıdır. Giyim sektöründe bu elyaflar kazaklarda ve süprem, çift örgü ve çözümlü örgü kumaşlarda, elbiseler, takım elbiseler ve çocuk giyimi gibi çeşitli örme dış giyim ürünlerinde kullanılmaktadır. Örme ürünler alanındaki diğer akrilik pazarları ise *el örgü iplikleri*, derin tüylü kumaşlar, yuvarlak örgüler, yarım çoraplardır. Akrilikler ayrıca battaniye gibi geniş dokuma kumaş kategorilerinde de kullanım alanı bulmaktadır. Küçük püsküllü son kullanımlar arasında kilimler ve halılar bulunur [2, 5, 10, 20-22].

Poliakrilonitril liflerinin ısı tutma yeteneklerinin iyi (yün ayarında), yayılma yeteneklerinin yüksek, örgül ağırlıklarının düşük ve buruşmazlık özelliklerinin de iyi olması nedeniyle, yün liflerinin kullanıldığı yerlerde özellikle trikotajlarda ve perdeler yapımında, güneş ışınlarına karşı dayanımları mükemmel olduğundan açılır tavanlar,

çadırlar ve tenteler gibi dış mekan uygulamalarında, araba döşemelerinde (oto kılıfı gibi) kullanılmaktadır. Ayrıca elbise, kazak, süveter, yün ve viskon ile karışım sonucu elbiselik ve mantoluk kumaş yapımında kullanılmaktadır. Akrilik lifler ve bu liflerden üretilmiş iplikler bol miktarda hava içerdikleri için yorgan yapımında da oldukça geniş kullanım alanına sahiptir [2, 3, 5].

Akrilik elyafın önemli bir kısmı, Superba, Seydel, NSC vb. makinelerde çekme-koparma yoluyla ipliğe dönüştürülmek için tow olarak satılmaktadır. Tow yığında herhangi bir kopma olmaksızın 1 tona kadar büyük olabilirki ne kadar büyük ise üretim esnasında hiçbir düğüme izin verilmediği için üretici açısından son derece istikrarlı bir üretim gerçekleştirilmiş olur. Bazı üreticiler towu iplik eğirmeye hazır, gerilmiş koparılmış ürün olan tops haline dönüştürerek kullanmaktadır [2].

Sürekli filament akrilikler Japonya’da çok ince denyelerde ipek elyafı yerine yüksek moda elbiselerinde, satenlerde, poplinlerde, kadife efekti vermek için kullanılabilir [2].

1.1.1.5 High-bulk akrilik iplikleri

Yüksek hacimli akrilik elyaflar genellikle yüksek ve düşük çekim uygulanmış kesikli elyafların harmanlanmasıyla, relax-unrelax şeritlerin tow halindeyken harmanlanmasıyla; elyaf stabilizasyon sürecindeki değişiklikler ile üretilmektedir. Ortaya çıkan ipliğin relaksasyonuna izin verildiğinde (fikse işlemi uygulandığında); yüksek çekim uygulanmış bileşen, düşük çekim uygulanmış (relaxe edilmiş) bileşene göre elyafın bükülmesine ve ipliğe hacim kazandırılmasına neden olmaktadır. Yünün hacim ve tutumunu eşleştirme isteğinden yola çıkılarak geliştirilen iki bileşenli elyaflar kullanılarak ta yüksek hacimli iplik üretimi gerçekleştirilebilmektedir [2].

1.1.1.6 Antistatik akrilik iplikler

Akrilik elyaflar *diğer sentetik elyaflara göre daha az statik* ve yapışma problemi gösterirler çünkü doğal olarak bir miktar hidrofiliktirler ve statik yükü daha kolay dağıtma eğilimindedirler. Bununla birlikte antistatik özellikler, hidrolize edici ve çapraz bağlama maddelerinin kullanımı yoluyla liflerin higroskopik hale getirilmesi sonucu geliştirilmektedir. Bazı komonomerler akrilik liflerin özelliklerini iyileştirebilmektedir [5].

Statik elektrik bir yüzey fenomeni olduğundan, statik yükü dağıtmak için etkili antistatik yüzey işlemleri kullanılabilir. İyonik yüzey karakteri kazandıran işlemler etkili olmuştur. Yağ asitleri, vinil eter kopolimeri ve kuaterner amonyum bileşiklerini kullanan yüzey işlemlerinin tümü rapor edilmiştir. Diğer yaklaşımlar, eğirme çözeltilisine karbon siyahının eklenmesini ve metal elyafların veya metalize yüzeyli elyafların özel iletkenlerle birlikte birleştirilmesini içermektedir [5, 29].

1.1.1.7 Düşük pilling özellikli akrilik lifler

Akrilik elyaflar, şapnel kumaşlarda kullanılan diğer elyaflar gibi, kumaş yüzeyindeki aşındırıcı etkinin bir sonucu olarak boncuklar oluşturmaktadır. Bununla birlikte, akrilik elyafların nispeten yüksek esneklik ömrü ve orta seviyede aşınma direnci nedeniyle, *boncuklar, benzer yünlü kumaşlara kıyasla daha fazla birikme eğilimindedir*. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için; yüksek oranda bükülmüş ipliklerin kullanılması, kısa elyaf uzunluklarının sayısının en aza indirilmesi ve dolaşmayı en aza indirecek şekilde elyaf yüzeyinin modifiye edilmesi gibi etkili yöntemler tercih edilebilmektedir. Fakat en etkili yöntemler bile boncukların etkisini kaybetme olasılığını artırmaktadır. Düşük lif mukavemeti, lifteki hataların en az olması, kırılma ve kesme mukavemetinin olmaması liften beklenen özellikler arasında yer almaktadır. *Bu özelliklerin tümü elyaflara kolayca kazandırılabilen, ancak tüylenme önleyici özelliklerdeki herhangi bir artış, elyafların eğirilebilirliği ve işlenebilirliğinde bir azalmaya yol açmakta olup bu nedenle ticari tüylenme önleme işlemleri bu faktörler arasındaki dengeye bağlıdır* [5].

1.1.2 Yün lifi

Eğrilip kumaş haline getirilen ilk elyaf olan yün; günümüzde tekstilde kullanılan ve doğal lifler arasında en sık kullanılan en değerli hayvansal liftir ve koyunlardan elde edilen fibrilli(lifli) bir örtüdür [2].

Yün; boynuz, tırnaklar, tüyler, gagalar ve dış deri katmanları gibi hayvanın diğer koruyucu doku türlerini de içeren *keratin* adı verilen bir protein ailesine aittir [2, 5, 30, 31]. Yün lifinin öneminin, sentetik elyaf kullanımının artışıyla azaldığı düşünülse de *olağanüstü doğal özelliklere* sahip olduğu için birçok elyafa göre fiyat avantajına sahiptir. Bu özellikler arasında *yumuşak tuşe, yüksek nem-su emme kabiliyeti* (dolayısıyla konfor), *nemi yapısında taşıyabilme, üstün dökümlülük*, lifin kıvrımlı yapısı nedeniyle hacimlilik ve dolayısıyla sıkışan hava miktarını artırıp

mükemmel ısı izolasyonu sağlayarak sıcak havada serin, soğuk havada sıcak tutma özelliği göstermesi, nefes alabilirlik, esneklik, kokuyu absorblama, güç tutuşurluk, biyolojik olarak çözülebilirlik ve geri dönüşüme uygun olmak gibi sayılabilmektedir [2, 3, 30, 32-35].

Ham yün türlerinin temel özellikleri arasında, *mikrometre cinsinden ölçülen ortalama çap (mikron olarak da adlandırılır) ve milimetre cinsinden ölçülen ortalama uzunluk* sayılmaktadır. Esasen tüm ince çaplı yünler, merinos koyunları veya merinos melezleri tarafından üretilmektedir. Kumaşların yumuşaklığı, inceliği ve hafifliği öncelikle elyaf çapına göre belirlenmekte ve bu nedenle fiyat, ortalama çapa göre belirlenmektedir [2].

Yün işleyicileri, ham yün satın alırken, yünün kalitesine, mevcut saf lif miktarına ve kirlenmemiş olmasına dikkat etmektedir. Giysilerde kullanılan ince ve orta incelikteki yünler için gerekli özellikler; ortalama elyaf çapı, verim (yani, saf elyafın yüzde içeriği), yabancı madde içeriği ve türü, ortalama elyaf uzunluğu, elyaf ştapellerinin mukavemeti ve lifler boyunca uzanan herhangi bir zayıf noktanın konumudur. Çok ince yünler için, elyaftaki dalgaların (kıvrım) sıklığı ve netliği fiyat üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Fiyat üzerinde diğer önemli olabilecek parametreler; lif çapı aralığı, saf yünün rengi ve mevcut doğal renkli liflerin sayısı (varsa)dır [2].

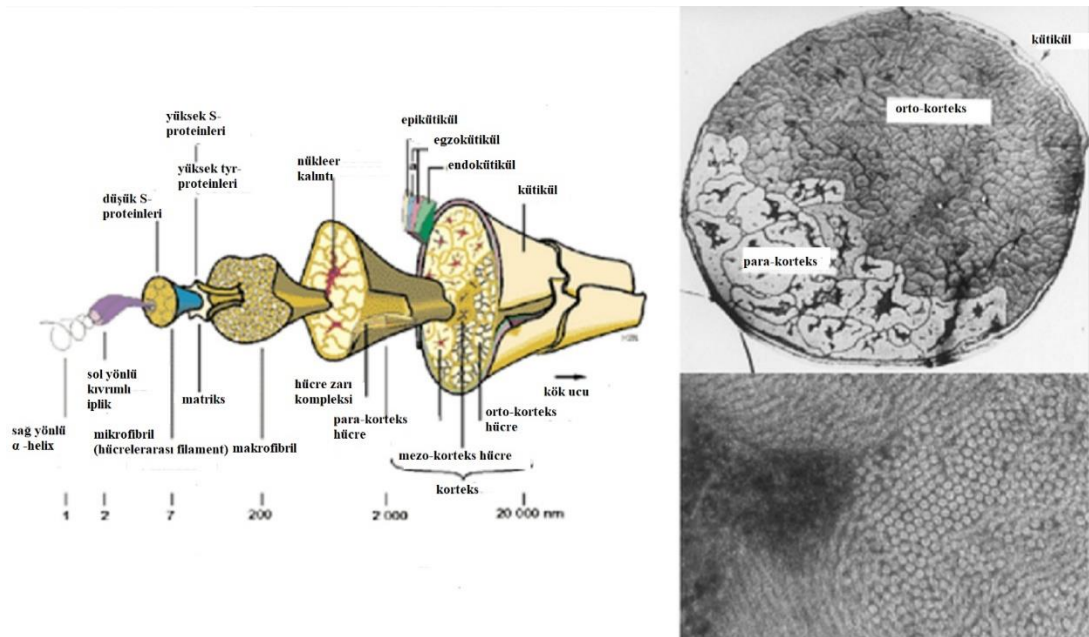
1970'lerin başlarına kadar, farklı yünlerin özellikleri, yün sınıflandırıcıları ve değerlendirme uzmanları tarafından büyük ölçüde görsel olarak değerlendirilmiştir. Verim, çap ve yabancı maddenin hızlı ve ekonomik ölçümünü yapabilen numune alma teknikleri ve ekipmanlarının gelişmesiyle birlikte, yün ihraç eden başlıca ülkelerde objektif ölçüm ve numuneye göre yün satışı yaygınlaşmıştır. Numune bazında satışta her partiden 'öz'ler alınarak uluslararası standartlara uygun olarak verim, çap ve yabancı madde içeriği açısından test edilmektedir. Ştapel uzunluğu, mukavemeti ve zayıf noktanın konumu ölçümleri de artık rutin ticari kullanımda yer almaktadır. Ayrıca, alıcıların diğer özellikleri değerlendirebilmeleri için her bir partiyi temsil eden ve standart prosedürle elde edilen tam uzunlukta bir 'teşhir numunesi' mevcuttur. Numuneye göre satış, yün komisyoncularının mağazalarında ve satış operasyonlarında toplu yünün *elleçlenmesini azaltarak maliyetleri azaltmıştır*. Aynı zamanda en iyisinin yapılmasına ve eğirmede yünün işleme performansının tahmin edilmesine de olanak sağlamıştır [2].

Elyaf çapını ölçmek için; çap aralığı ve elyaf eğriliği (kıvrım frekansı ile ilgili) gibi veriler kullanılmakta ve bunların etkisi oldukça iyi bilinmektedir. Bu özellikleri ölçen cihazlar aynı zamanda çiftlikte de kullanılmaya başlanmıştır, böylece her bir hayvanın yapağı kalitesi orta kısım veya tam yapağı numunesinden değerlendirilebilmektedir. Bazı durumlarda en iyi yapağıları ayırarak daha fazla getiri elde etmek mümkün hale gelmiş olup genetik ilerleme hızını artırarak daha büyük kazançlar elde etmek de mümkün olabilmektedir [2].

1.1.2.1 Yün lifinin yapısı ve fiziksel özellikleri

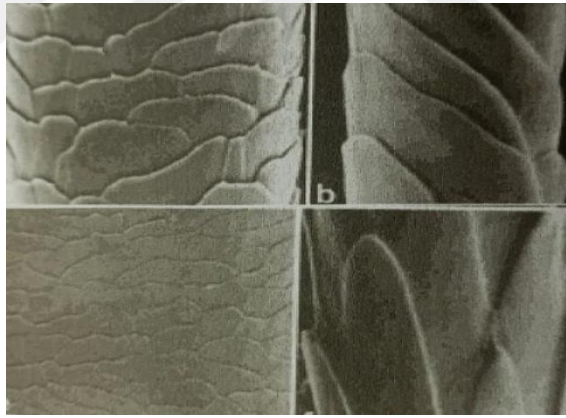
Yün lifi, canlı koyunlardan *elde veya makine ile kırılmak suretiyle* elde edilmektedir [2, 3]. Lif uzunluğu ve lif çapı çevresel ve genetik faktörlere bağlı olmakla birlikte tek bir koyun da bile farklılaşabilmektedir. Tipik Merinos yünleri 50-125 mm uzunluğunda olmaktadır. Halılarda kaba yün elyaf çapına (25-70 μm) sahip olanlar, yumuşak tuşesi nedeniyle giyimde ince merinos elyaf çapına (10-25 μm) sahip olanlar kullanılmaktadır [2].

Yün lifi enine kesiti kabaca yuvarlak veya oval bir yapıda olup kökten uca doğru eğimli (spiral kıvrımlı) bir yapıya sahiptir [3]. Bir yün lifinin enine kesitinde; en dışta epiderm (kütikül), ortada korteks ve içte de medula tabakası bulunmaktadır (Şekil 1.7) [3, 30, 36].



Şekil 1.7 : Yün elyafının iç yapısının görünümü [31].

Epidermis (kütikül) tabakası; mikroskop altında görünen lifin en dış yüzeyi olup birbiri üzerine binen sert ve şeffaf yapıda, lif eksenine göre belli bir açıda pul şeklinde hücrelerden oluşmaktadır. Balık ve yılan pullarına benzer görünüşte olan pulların serbest uçları dışarıya doğru çıkıntılar yaptığından lif yüzeyine belli bir yönde pürüzlülük sağlamaktadır. Bu pürüzlülük keçeleşme ve yapışma (kohezyon) olmakta ve ona bir miktar sertlik vermektedir. Pulların sayısı, şekli, boyutu, kalınlıkları ve dizilişleri, *lifin temel özelliklerine etki etmektedir* (Şekil 1.8). Merinos yününden elde edilen ince yünlerde tek bir pul lifin tamamını sararken kalın liflerde ise, çap ile birlikte pulların sayısı da artmaktadır. Pulların düzgün ve yüksek olması lif yüzeyinin düzgün olmasına ve buna bağlı olarak da parlak olmasına yol açmaktadır. Epidermis (kütikül) tabakası epikütikül, eksokütikül ve endokütikül olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. En dıştaki epikütikül tabakası çok ince olmasına rağmen, yapısında kükürt ve buna bağlı olarak sistin bağları (kükürt elementlerinin karşılıklı oluşturduğu bağ) fazla olduğundan, kimyasal reaktiflere ve biyolojik etkenlere karşı hidrofobik dirençli bir bariyer oluşturmaktadır. Fakat mekanik olarak tahrip edilebilmektedir [2, 3, 5, 30, 31, 36-40].



Şekil 1.8 : Yünde farklı kütikül tabakasının mikroskopik görünümü [3].

Korteks tabakası; yün lifinin yaklaşık %90 lık kısmını -ana kütlelerini- oluşturmaktadır. Yapısında, iğ şeklinde 2,5 μ çapında ve 100 μ uzunluğunda; kat kat az veya çok bükülmüş kortikal hücreler bulunmakta ve *bu kortikal hücreler lifin fiziksel, mekanik özelliklerini* (dayanıklılık, elastikiyet, doğal rengi ve boyanabilme yeteneği) *belirlemektedir*. Kortikal hücrelerin yapısında makrofibriller bulunmakta, makrofibriller ise mikrofibrillerden (daha küçük yapıdaki birimler) oluşmaktadır. Mikrofibriller, 11 tane protofibrilden oluşmaktadır. Bir protofibril üç tane α -keratin zincirinden oluşmakta ve protofibriller 22 farklı cins alfa aminoasidin peptid

zincirleriyle birbirine polipeptid halinde bağlanmasından oluşmaktadır [2, 3, 30, 31, 36, 38, 40, 41]. 22 farklı cins aminoasitten oluşan keratin makromolekülleri katyonik, anyonik hidroksil gruplar ve kükürt içeriğinden dolayı polar ve hidrofob karakterde olup zincir yapıları birbirlerine tuz köprüleri ve sistin bağları ile bağlanmaktadır [30, 40, 42].

Korteks hücreleri, yapılarındaki keratinin farklı modifikasyonda (mikrofibril/matris paketleme düzeni) olması ve farklı miktarlarda sistin içermeleri nedeniyle; kimyasal dayanıklılığı ve izoelektrik nokta gibi diğer özellikleri farklı iki ayrı bölümden oluşmaktadır. İnce merinos yünlerinde lifin enine kesiti incelendiğinde bu fark açıkça görülmektedir. Bunlardan kimyasal reaktif ve enzimlere daha az dayanıklı olan, boyayı ve nemi daha iyi absorbe eden bölgeye ortokorteks, daha dayanıklı kısma ise parakorteks denilmektedir. Parakorteks hücreleri lifin iç bükey yüzeylerinde, ortokorteks hücreleri ise lifin dış bükey yüzeylerinde bulunmaktadır. Bu iki farklı yapı yün liflerinin kıvrımlı bir şekil göstermelerini sağlamaktadır [2, 30, 36, 37].

Korteks, kristal ve amorf kısımlardan oluşmakta; kristal kısım iğ şeklinde hücrelerden oluşmakta ve boyama-ağartma işlemleri bu hücrelerde meydana gelmekte, amorf kısım ise kütikül ile kristalin kısım arasında dolgu maddesi görevi görmektedir [3].

Medula tabakası (mih kanalı); lifin ortasında paralel uzanan ve medula hücrelerinden oluşan kanal çok ince lifte hiç bulunmamakta, ince lifte bir adet, kalın liflerde ise birkaç adet bulunmaktadır. Temel görevi lifin içinde hava boşluğu oluşturarak lifin koruyucu özelliğini geliştirmektir [3, 30, 32, 37, 38]. Kanal ne kadar kalınsa sert bir kanal olduğundan liflerin eğilme ve bükülmeleri o kadar zorlaşmaktadır [3].

Yün elyafında *incelik*; elde edildiği hayvanın cinsine göre lif çap genişliğine (10-100 μ) bağlı olarak değişmekte ve lifin kalitesini belirlemektedir. Yün lifinin inceliği; "S" derecesi (spinning count), 1 pound yünden eğrilebilen her bir 560 yada uzunluğundaki çileyi belirtmektedir. Lifteki 'S' derecesi arttıkça lifin inceliği de (32S: en kalın lif iken 80S: en ince lif) artmaktadır. Elyaf inceliği; iplik numarasını, iplik mukavemetini ve iplik düzgünlüğünü etkilemektedir. İnce iplik yapabilmek için kısa elyafı lifler (ince ve çok kıvrımlı elyaf) kullanılmakta iken uzun elyafı yünler (kaba ve az kıvrımlı) kaba iplikler için kullanılmaktadır. İnce yünler kıvrımlılıkları nedeni ile daha iyi örtücülük özelliğine sahip, daha esnek, daha yumuşak ve dayanımlıdır ve dolayısıyla bu liflerden daha kıymetli iplikler üretilmektedir [3, 12, 30, 36-39]. Üç

boyutlu kıvrımlı yapı sayesinde çok az noktadan temas ettiklerinden ve hava ile dolu olduğu için ısı izolasyonu desteklemektedir [3].

Yün lifinde *uzunluk* ta (3-18 cm) incelik gibi kaliteyi etkilemekte ve bu iki özellik birbiri ile yakın ilişkilidir. Uzunluk farklılığı koyunun ırkına, yaşına, cinsiyetine, yetiştirilme özelliklerine ve çevresel etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Lif uzunluğu hangi tip iplik üretileceğini belirlediği için; örneğin kaba yapılı strayhgarn iplik üretmek için kısa yün elyafları (3-8 cm arası), daha düzgün yapılı kamgarn iplik eldesi için ise uzun yün elyafları (9-18 cm arası) gerekmektedir. Genel olarak kalın liflerin uzun, ince liflerin ise kısa olduğu bilinmektedir. Kalınlık arttıkça yünde eğrilebilme özellikleri kötüleşmektedir. İpliğe verilen bükümle uzun lifler birbirine daha iyi sarılacağından (kohezyon: yapışma etkisi) daha sağlam iplikler elde edilebilmektedir. İplikte bulunan kısa elyaf oranının fazla olması iplik tüylülüğünü arttırmaktadır. Dolayısıyla uzun liflerden daha düzgün, parlak iplikler elde edilmektedir. Yün lifi kıvrımlı bir yapıya sahip olduğundan; *kıvrımlı haldeki (doğal haldeki: lüle) uzunluğuna doğal uzunluk, kıvrımların açıldığı haldeki uzunluğuna ise gerçek uzunluk* denilmektedir [3, 30, 37-39]. Gerçek uzunluk ne kadar büyükse o derece kaliteli iplik elde edilmektedir. Kıvrım şekli ve sayısı da iplik yapabilme kabiliyetini etkiler; iplik eğrilmesi sırasında lifler birbirleriyle daha iyi sarılabildiğinden çok kıvrımlı liflerden ince, sağlam ve düzgün iplik üretilmektedir [3].

Yün lifinin az miktarda hidrojen bağı oluşturmasından dolayı *gerilme direnci ve kopma dayanımı (1-2 cN/dtex) düşüktür* hatta yaş halde dayanımı, kuru haldekine göre %10–20 daha düşüktür. Bunun sebebi ise su molekülleri polimerdeki hidrojen bağlarının kopmasına, amorf bölgelerdeki tuz bağlarının hidrolizine sebep olmakta, dolayısıyla molekül zincirleri arasındaki tutuculuk azalmakta ve lifte şişme görülmektedir. İklim, beslenme, bakım koşulları, kırkım şekli, işleme tekniği gibi faktörler mukavemeti etkilemektedir [3, 20-22, 30, 36, 38, 43]. Genel olarak ince liflerin dayanımı kaba yünlere göre daha yüksek çıkmaktadır [3].

Yün liflerinin genel olarak *esneme yetenekleri (%20-60) oldukça yüksek* olduğundan (elastik bir lif) yavaş bir şekilde ve koparılmaksızın uzatıldığında, belirli bir uzama göstermektedir. Yük ortadan kaldırıldığında ise, lif kısa bir süre içerisinde kısmi bir geri toparlanma göstermekte ve lifte bir miktar uzama kalmaktadır. Fakat yeterli süre beklendiğinde, bu uzamada ortadan kalkmaktadır. Yani yün lifi kuvvet ortadan kalkınca ilk formuna dönme yeteneğindedir, kalıcı uzama göstermez. Yün liflerinin

sürekli deformasyon göstermeksizin, gerilme süresi kısa tutulmak şartıyla, %20-35 oranında uzayabileceği kanıtlanmıştır. Aynı life aynı kuvvet uygulanıp kopma anına çok yakın bir noktada kuvvet kaldırılırsa lif ilk halini almakta zorluk çekmekte, yani esneklik derecesini belli eden sınırdan daha fazla uzatıldığında esneme yeteneği kaybolmakta molekül zincirleri arasındaki bağ kopmaktadır. Lifin yaşken uzama elastikiyeti daha da artmaktadır [3, 5, 20-22, 30, 37, 38]. Esneme yeteneği fazla olan lifler diz, dirsek gibi oynak kısımlarda olan şekil değiştirmelerine karşılık verebilmek için kullanılmaktadır. *Esnelik ve uzama kabiliyeti üzerinde; ortamın nispi rutubeti ve ısı etkilili* rol oynamaktadır. Örneğin; rutubet %40'tan %80'e çıkarıldığında esneme kabiliyeti %15 artabilmektedir. Genel olarak kuru lifler, iyice ıslatılmış liflere göre ortalama 15 defa daha serttir. Dolayısıyla işletmelerin nispi nemi %60-70 iken %15-18 nem içeren yün liflerinin bükülebilme ve eğirilebilme kabiliyeti arttırılmış olmaktadır [3]. Genel olarak yün lifi gibi alfa keratin yapısına sahip liflerin mekanik özellikleri çevresel koşullara ve lif tipine göre değişkenlik göstermektedir [5].

Bir lifin sıkıştırıldıktan sonra, basıncın kalkması ile eski biçimine ve hacmine dönebilmesine *yaylanma kabiliyeti* denilmektedir. Yün lifinin yaylanma kabiliyeti çok iyidir. Yündeki medula tabakasının varlığının lifin yaylanma kabiliyeti üzerine olumlu etkisi vardır. Yumuşak liflerin yaylanma özelliği çok iyi değilken sert elyafların yaylanma yetenekleri daha yüksektir. Yünlü kumaşlar lifin bu özellikleri sayesinde şeklini korumakta, dökümlü olmakta ve kolay buruşmamaktadır. Halı, döşemelik ve yatak yapılacak ürünlerde sert yün lifleri tercih edilmektedir ki sık sık ezildikleri halde orjinal hallerini uzun zaman koruyabilmektedirler [3, 12, 30, 37, 39]. *Esneme kabiliyeti yüksek olan liflerin yaylanma kabiliyeti yüksek olmayabilir* [3].

Giyisi olarak kullanılacak yün lifleri ısı ve rutubet altında kendilerine verilen biçimi bu etki kaldırıldıktan sonra da uzun süre koruyabilme yeteneğine yani *biçim alabilme yeteneğine* sahip olmaları istenmektedir. Örneğin ütülen elbiselerde bu özellik kendini göstermektedir. Genellikle ince yün lifleri, mih kanalı içeren kaba ve sert liflere göre aynı biçimde daha uzun süreli kalabilme yeteneğindedir. Rutubet ve ısı yün liflerinin baskı altında biçim alabilmelerini kolaylaştırmaktadır. Fakat mamul yeniden ısıtılırsa önceden verilmiş biçim bozulabilmektedir [3].

Çorap, kazak, süveter, iç çamaşırı gibi yün lifinden elde edilen ürünler kullanıldıkları süre boyunca sık sık yıkama, ütülme, hatta presleme gibi işlemlere tabi tutulunca keçeleşme olayı kendini göstermekte ve bu ürünler artık giyilemeyecek kadar

büzüşebilmekte, daralabilmekte ve küçülebilmektedir. Sıcaklık, basınç ve asidik veya bazik çözeltilerin etkisi altında mekanik hareketler sonucu elyafın boyca ve ence çekip kısalmasına *yün lifinin keçeleşmesi* denir. Özellikle belirtmek gerekirse yün lifinin keçeleşebilmesi için ortamda mutlaka su bulunması ve lifin hareket halinde olması gerekmektedir. Isı, asit veya bazlar, lifleri daha fazla elastikleştirerek hareketini kolaylaştırmakta, lifteki şişmeyi artırmakta ve liflerin temas yüzeyini artırıp yünün daha fazla keçeleşmesini sağlamaktadır. Bütün yün lifleri belirli oranlarda keçeleşmekte olup ince lifler daha fazla kıvrıma ve hareketliliğe sahip olduğu için kalın liflere oranla daha çok keçeleşebilmektedir. *Keçeleşmeyi önleyebilmek için;* terbiye işlemlerinde çok fazla harekete maruz kalmadan yani liflere zarar gelmeyecek şekilde çok dikkatli çalışılması ve son kullanımda ise çamaşırların ılık suda ve elde yıkanması önerilmektedir. Diğer taraftan yün lifinden elde edilen kumaşlarda gözlenen *keçeleşme özelliğinden iyi yönde faydalanan bazı uygulamalar* da mevcuttur. Örneğin yün lifi özellikle keçeleştirme işlemine tabi tutularak; fötr şapka, battaniye gibi ürünler üretilmektedir [3, 30, 36, 37].

Yün lifinin ısıyı iletmemesi ve keçeleşme özelliği sayesinde dış çevre ile insan vücudu arasındaki hava akımını önleyebildiği ve vücut sıcaklığını koruyabildiği için bitkisel liflerden daha fazla ısı tutabilmektedir [3].

Yün, tekstil hammaddeleri arasında *en fazla nem absorblayabilen* (lif cinsine göre değişmekle birlikte kuru ağırlığının %30-50'si kadar) elyafıdır. Bunun sebebi amorf bölgelerinin çok olması, su moleküllerinin polimer zincirleri üzerine kolayca girebilmesi, yapısındaki polar yan grupların, peptid gruplarının ve tuz bağlarının da su molekülleri ile ilişkiyi artırıcı rol oynamasından kaynaklanmaktadır. *Ortamın nemi ve sıcaklığı değiştikçe (çevresel koşullar) (Çizelge 1.2) ve lifin içerdiği yabancı madde miktarı değiştikçe (yapısal koşullar) yün lifinin içerdiği nem miktarı da değişkenlik göstermektedir.* TS 838 standardına göre yün ve yünlü mamullerde kabul edilen ticari nem yüzdeleri; yıkanmış yün, strayhgarn yün ipliği ve yünlü kumaş: %14,00 - yün topsu ve kamgarn yün ipliği: %18,25 olmalıdır. Lifin standart atmosfer şartlarında (20 °C, %65 bağıl nem) nem çekme değeri %16-18 arasında olup bütün liflerden daha fazla higroskopik nem içermektedir. Ayrıca yün nem absorblama sırasında fazla miktarda ısı açığa çıkardığı için, kullanıcının ani çevresel değişikliklerine karşı korunmasına yardımcı olarak konforu artırmaktadır. Yünlü giysiler, teri ciltten uzaklaştırarak fiziksel aktivite sırasında mükemmel bir tampon görevi görmektedir.

Yünün buhar halindeki nemi absorblama kapasitesi; buharın lifin korteks tabakasına kolay nüfuz etmesinden dolayı soğuk sudakine göre çok yüksek çıkmaktadır [2, 3, 10, 12, 20, 30, 36].

Çizelge 1.2 : Değişen çevre sıcaklığı ve nisbi rutubete göre yünün absorbe ettiği su (%) [3, 43].

Nisbi rutubet (%) / Sıcaklık (°C)	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
10,0	4,15	4,05	3,95	3,80	3,70	3,55	3,40	2,95	2,80	2,65
20,0	6,00	5,80	3,95	5,50	5,30	5,15	5,00	4,50	4,25	4,05
30,0	7,84	7,60	3,95	7,10	6,95	6,75	6,55	6,00	5,70	5,40
40,0	9,65	9,30	9,00	8,80	8,55	8,30	8,05	7,45	7,15	6,80
50,0	11,50	11,05	10,65	10,40	10,05	9,80	9,45	8,95	8,60	8,30
60,0	13,50	12,95	12,50	12,15	11,75	11,40	10,95	10,50	10,10	9,90
70,0	15,60	15,05	14,65	14,15	13,85	13,35	12,95	12,25	11,85	-
80,0	18,30	17,60	17,25	16,50	16,15	15,75	15,75	14,90	-	-
90,0	22,25	21,30	21,10	20,50	20,15	20,10	19,80	19,80	-	-
95,0	25,60	24,35	24,20	23,70	23,20	23,30	23,20	23,50	-	-
97,0	27,95	26,60	26,40	26,10	25,90	26,30	26,90	-	-	-

Bir çalışmada ortamın sıcaklığı sabit (örneğin 25 °C) tutulmasına rağmen yün lifinin nem emişi değiştikçe lifin fiziksel özelliklerinin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3 : 25 °C’de yün lifinin fiziksel özelliklerine nem emişinin etkisi [2].

Özellik / Nem oranı (%)	0	5	10	15	20	25	30	33
Relatif nem, % (absorbsiyon)	0	15	42	68	85	94	99	100
Relatif nem, % (desorbsiyon)	0	8	32	58	79	92	98	100
Spesifik ağırlık, kg/m ³	1,304	1,314	1,315	1,313	1,304	1,292	1,277	1,268
Hacimsel şişme, %	0	4,24	9,07	14,25	20,0	26,2	32,8	36,8
Boyuna şişme, %	0	0,55	0,93	1,08	1,15	1,17	1,18	1,19
Radyal şişme, %	0	1,82	4,00	6,32	8,88	11,69	14,57	16,26
Islanma ısısı ¹	101	64,4	38,1	20,5	10,0	4,2	1,13	0
Young modülü, relatif	2,69	2,54	2,36	2,02	1,59	1,27	1,05	1,00
Burulma sertliği modülü, GPa	1,76	1,60	1,26	0,90	0,50	0,28	0,16	0,11
Elektriksel direnç, MΩ*m	-	3*10 ⁴	400	8	0,40	0,06	-	-

Yün ağırlıkla satılmaktadır; bu nedenle su alımına izin verilmelidir. Çap geri kazanıldığında değiştiği için ince yünler için prim ödenmektedir. Çap ölçümlerinin standart sıcaklık ve nem koşullarında yapılması gerekmektedir [2].

Normal sıcaklıklarda su içerisindeki yün lifi kendi boyunun %30’u kadar kadar uzatılıp bırakılırsa orjinal uzunluğuna dönmektedir, fakat %40’ın üzerinde uzatılırsa tamamen orjinal hallerine dönememektedir [3]. Bir alfa keratin lifi, su veya buharda 100 °C’de yeterince uzun süreler boyunca ortamın nemine ve sıcaklığına bağlı olarak uzatılmış uzunluğun bir kısmını korumaktadır [5].

¹Islanma ısısı; kuru kütlesi 1 kg olan yün belirli bir oranda suya batırıldığında açığa çıkan ısı miktarıdır.

Yün lifi *elektriği geçirmeyen (iletken olmayan)* bir hammaddedir ve bu yüzden izolasyonda kullanılmaktadır. Fakat yünler *kuru halde sürtünürse kolayca statik elektrik oluşturmaktadır*. Özellikle kuru ve soğuk havalarda yün lifinin içerdiği nisbi rutubet -%12 nin altına- düşüşüne bağlı olarak tarama, eğrilme ve dokuma aşamasında zorluklar çıkarmakta ve bir miktar statik elektrik oluşturmaktadır. Statik elektriklenmeyi önleyebilmek için yün lifleri doğal olarak nemlendirilmekte, hatta gerektiğinde hafif şekilde yağlanmaktadır [3, 20-22].

Yün, benzersiz moleküler yapısı ve fiziksel özellikleri nedeniyle diğer kumaşlardan daha fazla statik elektrik iletir. Birincil neden, yünün lif boyunca çok sayıda polar amino asit grubu içeren doğal protein bazlı bir lif olması ve bu polar gruplar sayesinde yün başka bir yüzeye sürtüldüğünde kolayca polarize olabilmekte ve statik elektrik üretebilmektedir. İkinci olarak, yün zayıf bir elektrik iletkenidir, yani yün liflerinin yüzeyinde biriken statik yük kolayca dağılamaz. Yüksek polarize edilebilirlik ve düşük iletkenliğin bu kombinasyonu, yünün statik yükleri diğer sentetik veya bitki bazlı kumaşlardan daha kolay biriktirmesine ve tutmasına neden olmakta, bu kumaşlar elektriği daha iyi iletme eğiliminde olmaktadır [44].

Yünün içeriğindeki lanolin de statik elektrik üretme özelliklerine katkıda bulunmaktadır. Lanolin, koyunlar tarafından salgılanan ve yün liflerini kaplayan, onları daha fazla yalıtan ve statik yüklerin dağılmasını önleyen mumsu bir maddedir. Lanolinin varlığı, yünün genel dielektrik özelliklerini artırarak statik elektriği oluşturma ve tutma yeteneğini güçlendirmektedir. Buna karşılık, pamuk, keten veya polyester gibi kumaşlar, statik elektrik birikimine daha az eğilimli farklı moleküler yapılara sahiptir. Bu malzemeler ya daha düşük polarize edilebilirliğe ya da daha yüksek iletkenliğe sahiptir ve statik yüklerin daha kolay dağılmasını sağlar [44].

Sürtünme (frikasyon) özelliği tekstil liflerinin eğrilmesinde, dokunmasında ve kullanılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yün liflerinin dış yüzeyinde bulunan pulcuklardan dolayı sürtünme katsayıları yüksek olmasına rağmen liflerin kıvrımlı yapısı sürtünme özelliğini dengelemektedir [3].

Yün lifinin rengi genellikle *sarımsı beyazdır* fakat aynı hayvandan bile elde edilen yünlerde değişik renk varyasyonlarına rastlamak mümkündür. Bununla birlikte, lifin rengi (*gri, kahverengi veya siyah*) ve parlaklığı (*gümüş gibi, ipek gibi veya cam gibi parlak*); koyunun cinsine, yetiştirildiği bölgenin iklim ve çevre koşullarına göre

değişkenlik gösterebilmektedir. Yün lifinin parlaklığı örtü hücrelerinin büyüklüğü, sayısı ve dizilişine bağlı olarak değişmekte olup lifin dış yüzeyi ne kadar az pürüzsüz ve kıvrımsız ise ışığı o derece çok yansıtmakta ve parlak görünmektedir. İnce ve kıvrımlı Merinos yünü gümüşümsü parlaklıkta, uzun ştapelli ve geniş dalgalı yün lifleri ipeksi parlaklıkta, sağlam yapılı ve yumuşak tiftik keçisine ait yünler ise camsı parlaklıktadır [3, 30, 37-39, 43].

1.1.2.2 Yün lifinin kimyasal özellikleri

Yün lifinin içeriğinde bulunan kükürdün büyük kısmı sistin aminoasidinde bulunmakta olup sistin bağı life; mukavemet, elastikiyet, alkalilere karşı dayanıklılık ve enzimlerin parçalayıcı etkilerinden örtü hücrelerinin daha az zarar görmesini sağlamaktadır [3, 5].

Yün lifleri *nemli halde, daha iyi eğirilebilmekte ve bükülebilmektedir*. Su molekülleri, miseller arası bölgelerine nüfuz ederek enine kesitlerinin %25'e kadar artmasına yol açmakta, ayrıca soğukta (tuz bağlarının kopması) ve sıcakta (sistin bağlarının kopması) keratine farklı şekilde etki etmektedir. Fakat, bu kopmadan sonra materyal kurduğunda ve soğuduğunda yeniden molekül-içi bağlar oluşmaktadır. Fiksaj işleminin 115-120 °C'de kısa süreli yapılması önerilmektedir. Su ile muamelede sıcaklık ve süre artışı bileşimindeki kükürtü azaltmakta, 150 °C'de basınç altında hidroliz (su mülükülü ile bir lifin monomerlerine ayrışması) olmakta, peptid bağları kopmakta yani parçalanma gerçekleşmektedir. Dolayısıyla parlaklık ve dayanım azalmaktadır. Lifler kaynatılmış sıcak su buharına maruz kaldığında daha iyi eğirilebilme ve bükülebilme özelliklerini yavaş yavaş kaybetmekte, mukavemetleri azalmakta, önce yumuşamakta sonra plastikleşmektedir. Sıcaklık derecesi ve süresi plastikleşme özelliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Plastikleşen lifler kendilerine verilen şekli; soğuduklarında yada soğuk suya daldırıldıklarında bile kaybetmemektedir [3, 5, 30, 36, 40, 42].

Yün lifi, 100 °C civarında ısıtıldığında renginde hafif bir sararma görülmekte, bu sıcaklıkta uzun süre tutulduğunda yapısındaki higroskobik nem uzaklaşacağından dolayı elyaf sert, gevrek ve dayanıksız bir hale gelmektedir. Yeniden rutubetli ortama koyulduğunda çevrenin rutubetini absorbe edip eski yumuşak mukavim haline geri dönebilmektedir. 130 °C'ye kadar ısıtıldıklarında amonyak, 150 °C'ye kadar ısıtıldıklarında hidrojen sülfür gazları açığa çıkarmaktadır. 100-150 °C arası

ısıtıldığında lifte bozunma başlamaktadır. 200 °C'ye ısıtıldığında kahverengiye dönmeye başlamakta ve 235 °C'de eriyerek kömürleşmektedir. Sıcaklık artışı ile piroliz (yüksek sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamda termal ayrışma) hızlanmakta ve yaklaşık 590 °C'nin üzerine çıkıldığında, piroliz gazları kıvılcım ile tutuşmaktadır. 670 °C'nin üzerinde ise piroliz gazlarının kendiliğinden tutuştuğu görülmektedir [3, 30, 36, 37]. Yün lifi güç tutuşur, alevin yayılması ve tutuşması zordur, yanarken hızlı yanar, yanarken yanan saç veya boynuz kokusu açığa çıkarır, alevden çekildiğinde yanma durmaktadır, kolayca söndürülmektedir. Kabarık, köpük benzeri kolayca ezilebilen siyah renkli bir kül bırakmaktadır [3, 30]. Yün lifinin güç tutuşurluk ile ilgili doğal özellikleri; tutuşma sıcaklığı yüksek, LOI değeri yüksek, yanma ısısı düşük (196 kJ/g), ısı açığa çıkması düşük (9,6 kJ/g), azot içeriği yüksek (%16), nem içeriği yüksek (%10-14), erimez, damlamaz ve kömürleşir. Yüksek tutuşma sıcaklığı, yün lifinin yanma esnasında ortamda en son tutuşmasını sağlamaktadır. Yüksek LOI değeri sayesinde de yün lifinin tutuşması zorlaşmaktadır. Yünün kimyasal yapısındaki yüksek azot ve nem içeriği life doğal güç tutuşurluk özelliği kazandırmaktadır [22, 30, 33].

Yün lifi; protein zincirinin yan gruplarında bulunan asidik (-COOH) ve bazik (-NH₂) gruplardan dolayı hem asitlerle hem de bazlarla reaksiyon verebilen amfoter karakterli bir elyaf olduğundan hem asidik hem de bazik boyar maddelerle boyanabilmektedir [30, 36, 37].

Yün lifi *asitlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır*. Asidik ortamdaki yün liflerinde bulunan tuz köprülerinin kopması nedeniyle lif daha fazla şişebilir ve esneyebilir olsa bile disülfür köprüleri kopmadığı sürece lif zarar görmemektedir. *Asit ile muamelede sıcaklık ve temas süresi arttıkça yünün dayanıklılığının azalma derecesi de tüm liflerde olduğu gibi artmaktadır*. Derişik kuvvetli asitler, özellikle yüksek sıcaklıklarda yün lifindeki protein zincirini parçalamaktadır. Derişik nitrik asit uygulaması; nitrat asidinin proteinle ksanto protein oluşturmasından dolayı yün elyaflarını sarartmaktadır. Seyretilik anorganik asit çözeltileri ile muamele edilen yün lifleri, keratinin amfoter özelliğinden dolayı bir miktar asit absorblamaktadır [3, 30, 36, 37, 40].

Yün lifi baz çözeltilerinde kolayca çözünmektedir. Fakat çok zayıf alkali çözeltileri çok dikkatli kullanıldığında yün lifini etkilememektedir. Bazlar; lifteki tuz bağlarını ve sistin köprülerini etkiler, yün lifinin mekanik özelliklerinin yanında keratinin yapısındaki kükürt miktarını da azaltmakta ve konsantrasyonuna bağlı olarak bir

miktar keratini çözüdüremektedir. Yün lifindeki bu etkiler, bazın cinsine, sıcaklığa, süreye ve konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir. Son kullanımda ise çamaşır sabunları kuvvetli alkalilerden oluştuğu için çamaşır yıkamada kullanılmamalı, nötr sabun kullanılmalıdır [3, 30, 36, 37, 40, 42].

Alkali, toprak alkali metallerin nötr tuzları ve bu tuzların sulu çözeltileri yün lifleri tarafından az miktarda absorblanmaktadır. Fakat kaynar çözeltilerde, uzun sürede ve tuz çözeltisinin konsantrasyonu %5'i aştığında, yün lifi *kısmen bozunmaktadır*. Suların sertliğini oluşturan Ca ve Mg tuzlarını absorbe eden lifler sert su ile kaynatıldığında lifte hafif sararma görülmektedir [3, 30, 36, 37].

Yünler hayvan sırtında buldukları süre boyunca şiddetli ve sürekli güneş ışığına maruz kalmaktadır. Yün lifi *uzun süre ultraviyole (mor ötesi) ışığına maruz kalırsa*; aminoasitlerin parçalanması (peptit ve disülfür bağlarının kopması) nedeniyle lif kırılğan bir yapı kazanmakta, kopma ve sürtünme mukavemeti azalmakta, sararma gözlenmekte (doğal rengin donuklaşması), dolayısıyla parlaklık azalmakta, boyaya ilgisi (afinitesi) azalmakta ve tutumu değişmektedir. Örneğin bir çalışmada 900 saat güneş ışığına maruz bırakılmış numunelerin mukavemet kaybı %70 olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan *mavi ışıklara maruz kalındığında* ise doğal sarımsak renk ağarmaktadır. Ağarma veya sararma etkileri ortamda oksijen ve suyun bulunması durumunda daha belirginleşmektedir [3, 30, 36, 37, 42].

Doğal lifler arasında *küf, bakteri ve mantardan en az etkilenen elyaf* ancak yaş halde uzun süre bırakılırsa küflenmektedir. Diğer yandan *güve ve diğer böceklerden zarar görmektedir*. Mikroorganizmalar yün üzerinde çoğaldığında lif mukavemeti azalmakta, istenmeyen renk ve koku oluşmakta, oluşan lekeler ise boyama ile giderilemez hale gelebilmektedir. Eğer lifin sistin bağları zarar görmüşse küften daha kolay etkilenmektedir [3, 30, 42, 40]. Yün lifinin kütikül tabakası elyaf yüzeyini pürüzlü yapmakta ve mikropların life tutunmasını zorlaştırmaktadır [22, 30, 33].

Yünün *ağartılmasında* hidrojen peroksit çözeltisinde sıcaklık 50 °C'nin üstüne çıkmamalı, pH derecesi 7'den düşük olmalı ve cam, porselen ve emaye kaplar kullanılmalıdır. Ayrıca ılıman şartlarda indirgen maddelerle de (kükürtdioksit) ağartma yapılabilmektedir [3].

1.1.2.3 Yün lifinin kullanım alanları

Yün lifi; elbise, manto, palto, triko, çorap, çamaşır, battaniye, yorgan, kilim, yolluk, halı (güç tutuşurluk, kir iticilik, ve esneklik gibi özellikleri ile), şapka, keçe, tela ve birçok teknik tekstil ürünlerinde, döşemeliklerde (kirlenmeye, lekelenmeye ve yanmaya dirençli özellikleri ile) ve eğrilemeyen yün ise dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır [3, 22, 30, 33]. Ayrıca yalıtım malzemeleri, hayvan örtüleri, akıllı materyaller gibi alanlarda da kullanılmaktadır [30].

Yeni eğirme teknolojisi ile üretilen çok ince ipliklerden elde edilen çok hafif kumaşlar uçakların iç döşemelerinde ve uçuş personelinin giysilerinde de kullanılmaktadır [22, 30, 33, 45].

Tıbbi uygulamalarda kullanılacak lif; zehirli, alerjik ve kanserojen olmamalı ve ayrıca sterilize edildiğinde fiziksel ve kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik olmamalıdır. Yün lifi tüm bu belirtilen özelliklere sahip olduğu için sargılarda, basınçlı bantlarda, yara örtülerinde, yaralanmayı önleme amaçlı kullanılan özel giysilerde ve yatak yarasını önleme amaçlı kullanılan tıbbi malzemelerde kullanılmaktadır [22, 30, 45].

Bir jeotekstil olan toprak ve toprak esaslı yapılardan dokusuz yüzey olarak üretilen yünlü malzemeler; buharlaşmayı azaltmak, toprağı sabit sıcaklıkta tutabilmek için tohum ekiminden sonra örtü olarak kullanılabilen sonuçta ise ürünün yeşermesi hızlanmaktadır. Hasır ve dokusuz yüzey yünler; tenis kortlarında, kriket sahalarında ve park alanlarında, nemin büyümekte olan bitkilere dağıtılması ve gölge oluşturabilmesi için bahçecilikte de hafif gramajlı olarak yün hasırlar kullanılmaktadır [30, 33, 46].

Zararlı maddelerden ve kötü çevre koşullarından korunmak için giyilen *koruyucu giysilerden* termal, kimyasal, balistik ve mikrobiyolojik özellikler göstermesi beklenmekte ve bu özelliğe sahip elyaflardan konfor, tutum, renk, kolay bakım ve dayanıklılık gibi özelliklere de sahip olması istenmektedir. Yün lifi belirtilen özelliklere sahip olduğu için bu liften elde edilen kumaşlar; yangın söndürme ve metal işleme endüstrisinde, eriyik metallerin akıtılmasında, özellikle de demir ve alüminyum eritme tesislerinde kullanılmaktadır. Güç tutuşur yün lifi kömürleşme özelliği ile aleve karşı büyük direnç gösterdiği ve eş değer güç tutuşur kumaşlara göre daha fazla koruma süresi sağladığı için metal işleme endüstrisinde çalışan özellikle yüksek

ışımaya ve ısıya maruz kalan işçiler; yün lifinin termal tamponlama özelliği sayesinde yüksek ışıın ve ısıdan korunabilmektedirler [22, 30, 33, 45].

1.1.3 Yün ve akrilik lifi karışımı ile ilgili yapılan çalışmalar

Akrilik elyafların yukarıda sayılan olumlu özellikleri yün veya diğer doğal elyaflarla yapılan karışımlarda da belirgindir. Ayrıca akrilik lifleri için, buruşmazlık, iyi nem absorpsiyonu ve ısı tutuculuğa sahip olan yün lifi oldukça uyumlu bir karışım malzemesidir[10].

Literatür incelendiğinde akrilik/yün lifi karışımları ile ilgili sınırlı sayıda çalışmanın yapıldığı görülmektedir;

Marsal ve ark. 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada; akrilik-yün-tiftik, akrilik-poliamid, *yün-akrilik*, yün-akrilik-angora olmak üzere 4 farklı karışım ipliğın düzgünlüğünü araştırmış ve CV değerlerini sırasıyla 16,95 - 15,27 - 18,6 ve 16,33 olarak bulmuşlardır [10].

Park 2005 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında; optimum *yün/akrilik* karışım oranını elde etmek için yün/akrilik karışımli örgülerin mekanik ve tutum özelliklerini, tekrarlı yıkama öncesi ve sonrası incelemiştir. Bu amaçla çalışma kapsamında %100 yün, %70 yün - %30 akrilik, %50 yün - %50 akrilik, %30 yün - %70 akrilik ve %100 akrilik olmak üzere 5 farklı karışım oranı kullanılmış, iplikler örülmüş ve örgü kumaşlar yıkanmıştır. Sonuçlara göre *yıkama sonrasında karışımdaki akrilik karışım oranı arttıkça bükülme özelliğinin orantılı olarak azaldığı, bir yüzey yüzey özelliğinin sürtünme katsayısının ise arttığı* belirlenmiştir. Ayrıca yıkama öncesi tüm örneklerdeki tuşeler benzer sonuçlar verirken *yıkama sonrasında tuşe değerlerinin tamamının azaldığı ve ek olarak yünlü kumaşın karışım oranı arttıkça tuşe değerleri orantılı olarak daha da azaldığı* tespit edilmiştir [47].

Bir araştırmada Türkiye’de üretilen yünlü ve yün/polyester karışımı erkek takım elbiselik kumaşlar baz alınarak yumuşaklık, incelik, pürüzlülük ve parametreleri arasında yapılan subjektif değerlendirme sonucu; en yüksek korelasyon katsayısının *yumuşaklık ve incelik* arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca başka bir sonuç ta ise beklendiği gibi kumaş sertleştikçe kumaş tutumunun daha kötü olduğu değerlendirilmiştir [48].

Candan (2000), farklı iplik karışımlarından (%100 yün, %50 yün-%50 akrilik, %88 tiftik-%12 naylon) elde edilen kumaşların boncuklanma eğilimi ve diğer fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada *%100 yünlü* kumaşların boncuklanma eğilimi ile *yün/akrilik* karışımı kumaşların *boncuklanma eğilimi arasında önemli bir fark bulunamamıştır*[10, 49].

Tvarijonavičienė ve arkadaşları (2004), *%50 merinos yünü-%50 akrilik* ve *%50 pamuk-%50 akrilikten* üretilen iplikler üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Karışımli ipliklerin çekme özelliklerindeki değişiklikler üzerinde, örgü, yıkama prosedürleri ve boncuklanma kutusu test cihazında tamburlamanın etkisi analiz edilmiş ve tartışılmıştır. Yıkama koşulları, test edilen karışımli ipliklerin çekme özelliklerini etkilemiştir. Pamuk/akrilik karışımli ipliklerde yıkama sonrası kopma uzaması her türlü örgü koşulunda azalmıştır. Boncuklanma kutusu test cihazındaki tamburlama işlemi, test edilen *yün/akrilik karışımli ipliklerin hem yıkanmış hem yıkanmamış hallerinde çekme özelliklerinde bozulmaya* neden olmuştur[10].

Önceki çalışmalardan birinde *akrilik-yün* karışımlarından oluşan ipliklerde, akrilik lifler daha kaba ve daha uzun olduğundan ve şapeli iplikten oluşan kumaşa, birim alan başına çıkıntı yapan elyaf ucu daha az olacağı için şapeli ne kadar uzunsa genellikle boncuklanmanın o kadar az olacağından söz edilmiştir. Ayrıca, daha kalın lifler, daha ince liflere kıyasla daha fazla mukavemetli olduğundan daha az tüylenme eğilimi ve dolayısıyla *daha yüksek akrilik elyaf oranına sahip karışımli iplik daha az sayıda tüylenme* gösterecektir. Ayrıca, *daha yüksek iplik bükümü, kompaktlık ve iplik yüzeyinde daha az sayıda çıkıntı yapan elyaf nedeniyle daha az boncuklanmaya* neden olacaktır. Çift kat iplik de aynı nedenlerle tek kat ipliklere göre daha az boncuklanma eğilimi göstermektedir. Ek olarak tek kat ipliklerde, büküm katsayısı arttıkça boncuklanma eğilimi daha düşüktür. Bu çalışmanın sonucu, daha yüksek ilmek yoğunluğu ile üretilen örme kumaş daha düşük boncuklanma göstermektedir. Bu durum, ipliklerin kumaşın gövdesinde daha gevşek bir şekilde sabitlenmesini sağlayan gevşek örme kumaşların daha az stabil olmasından dolayı ipliklerin daha kolay hareket etmesine bağlanabilir. Dolayısıyla *bir kumaşın yapısının, boncuklanmaya karşı duyarlılığını belirlemede çok önemli bir etkiye sahip olduğu* söylenebilir. Bu araştırmanın bir başka sonucu, full-milano yapısının sıkı veya kompakt yapısı nedeniyle daha düşük boncuklanma göstermektedir. Sıkı (stabil) kumaş yapıları düşük çekme ve sınırlı tüylenme gelişimine yol açar. Ayrıca düz veya ribana gibi gevşek

örülmüş giysiler, sürekli giyildiğinde daha fazla boncuklaşma eğilimi göstermektedir [50].

Akrilik elyafın yün ve angora elyafıyla karıştırılması ipliğin kopma mukavemetini (CVm), ince/kalın yer sayısını ve neps sayısını arttırmış ayrıca kumaşın birim alan kütlelerini ve kalınlığını arttırırken hava geçirgenliğini azaltmıştır. %70 akrilik - %10 yün - %20 angora, %70 akrilik - %30 angora iplikler en düşük eğilme dayanımı değerine sahip olup en yumuşak tutumlu kumaşlar olarak ortaya çıkmıştır. %100 akrilik ve %70 akrilik - %10 yün - %20 angora iplikler *en yüksek kopma mukavemeti* değerine sahip olmuştur. İplik mukavemetleri de kumaşların patlama mukavemeti sonuçlarıyla paralel bulunmuştur. %70 akrilik - %20 yün - %10 angora içeren iplik yüksek CVm, ince/kalın yer ve neps sayısına sahip olduğundan iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayısı değerleri en yüksek olan iplik olmuştur. Bununla birlikte, daha düşük CVm değerlerine sahip olan %70 akrilik - %30 angora ve %100 akrilik iplikler, *daha düşük iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayılarına* sahip çıkmıştır. Korelasyon analizine göre ise CVm, ince-kalın yer sayısı, neps ve iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayıları arasında güçlü bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Kumaş patlama mukavemeti, ipliğin CVm ve elyaf çekme özelliklerine bağlı olarak iplik kopma mukavemetine paralel olarak değişmiştir. Üç elyaf türünden oluşan kumaşlar, yüksek iplik sürtünme katsayılarından dolayı daha yüksek kinetik sürtünme katsayısına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Karışımda *yün* ve Angora tavşanı elyafının kullanılması kumaşın dairesel bükülme sertliğini azaltmış ve *daha yumuşak bir tutum* sağlamıştır [10].

1.1.4 Elektrostatik özellik ve tekstildeki önemi

Statik elektrik; farklı malzemelerin birbirine sürtünmesi sonucu oluşmaktadır [51]. *Elektrostatik deşarj (ESD)*, iki nesne temas ettiğinde statik elektriğin açığa çıkması olarak tanımlanmaktadır [52]. Malzemeler normalde (statik koşullar altında) elektriksel olarak nötr olan atomlardan yapılmıştır çünkü eşit sayıda pozitif yük (çekirdeklerindeki protonlar) ve negatif yükleri (çekirdeği çevreleyen kabuklardaki elektronlar) içermektedirler. *Statik elektrik olgusu, pozitif ve negatif yüklerin ayrılmasını gerektirir*. İki malzeme birbirine temas ettiğinde, elektronlar bir malzemedan diğerine hareket edebilir, bu da bir malzemedede aşırı pozitif yük, diğerinde

ise eşit negatif yük bırakır. Malzemeler ayrıldığında bu yük dengesizliğini korumaktadırlar [51, 52].

Tekstil üretim prosesinin *her aşamasında*; elyafların eğirilme aşamasında ve ipliklerin dokunması veya örülmesi sürecinde, bitim işlemleri uygulanırken statik yük oluşma potansiyeli vardır. Lifler, iplikler veya kumaşlar makine üzerindeki kılavuzlar, makaralar veya gerdirme cihazlarıyla sürtülmekte ve bu temas ve hemen akabinde ayırma işlemi süreç boyunca sürekli olarak gerçekleşmektedir (iplik-metal sürtünmesi). Ayrıca iplik üretim sürecindeki ortam şartları (sıcaklık ve bağıl nem), elyafın (polimer türü ve nem içeriği) ve kumaşın yapısı, kumaş yada iplik ile sürtünen malzemenin türü ve sürtünmenin tekrar sayısı yük oluşumunu etkileyen önemli parametreler arasında yer almaktadır. Birçok iplik ve dokuma üreticisi statik elektriklenme nedeniyle üretkenlik açısından çok fazla sorun yaşamakta ve elektronik ekipmanın arızalanmasına ve dolayısıyla sık sık makine duruşlarına ve sonuçta randıman düşüklüğüne yol açabilmektedir [52, 53]. Tez çalışması öncesinde ön bir değerlendirme niteliğinde gerçekleşen seminer dersi ve tez çalışmasından elde edilecek sonuçların; *bu denli önemli sorunlara da engel olacağı* öngörülmektedir.

Ayrıca üretim sonrası kullanım esnasında; *elektrostatik yüklenme günlük hayatımızın her anında* görebileceğimiz bir gerçektir. İnsan vücudu halı üzerinde yürürken, koltuktan kalkarken veya kıyafetleri çıkarırken statik elektrikle yüklenebilmektedir. Statik elektrik yüklü bir kişi metal bir nesneye dokunduğunda elektrostatik deşarj meydana gelir ve temas anında kıvılcım meydana gelebilmektedir. Elektrostatik deşarj, BS EN 7506-1'de verilen farklı şarj seviyelerinde vücudun fiziksel reaksiyonları nedeniyle insanlar için rahatsız edici olabilmektedir. İlgili standarttaki değerlere göre eşdeğer vücut voltajının *3,6 kV olması insan vücudu için algılanabilir* bir reaksiyon seviyesidir. 3,6 - 11,5 kV arası hissedilebilir kesinlikte ve 26,5 kV'da ise rahatsız edici bir şok gibi bazı olumsuz durumlara neden olmaktadır [53]. İşte bunun gibi özellikle de *insanın konforunu hissedilir derecede etkileyebilen olumsuzlukları minimize edebilmek bu çalışmada amaçlanan en önemli konuların başında* gelmektedir.

1.1.5 Elektrostatik özellik ile ilgili yapılan çalışmalar

Son yıllarda özellikle giysi konforunu etkileyen temel özelliklerin başında; tekstil ürünlerinin statik elektrik özellikleri oldukça önemli hale gelmiş olup birçok araştırmaya konu olmuştur.

Schemer ve ark. *ortamdaki bağıl nem miktarının artmasının döşemelik kumaşın sürtünmesiyle oluşan elektrostatik yüklenme düzeyini azalttığını* belirlemiştir.

Osei-Ntiri (1992), petrokimya endüstrisinde kullanılan koruyucu giysilerin elektrostatik etkilerini incelemiş ve antistatik lifli koruyucu giysilerin daha az elektrostatik gerilime neden olduğuna dikkat çekmiştir.

Başka bir çalışmada ise iletken elyaftan yapılmış kumaşlar kullanılarak aşınma ve yıkamanın elektrostatik özellikler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kumaş yapısındaki iletken lif sayısı arttıkça elektrostatik yüklenme eğiliminin azaldığı, iletken lifli kumaşların statik elektriklenme özelliklerinin aşınma ve yıkama işlemlerinden olumsuz etkilendiği belirtilmiştir.

Anderson ve ark. (2008), araba koltuklarında kullanılan döşemelik kumaşın insan vücudundaki elektrostatik yüklenmeye etkisini incelemişler ve iletken lifli polyester döşemelik kumaşın neden olduğu elektrostatik voltaj miktarının herhangi bir polyester kumaşa göre daha küçük olduğunu belirlemişlerdir.

Žilinskas ve ark. (2013), bazı tekstil malzemelerinin pozitif veya negatif yüklü iyonlar tarafından etkilenmesine dayanan elektrostatik özellik ölçümü için temassız bir yöntem tanımlamıştır [53].

Zhao, sürtünme malzemesinin tekstil malzemelerinin statik elektrifikasyonu üzerindeki etkisinin büyük olduğunu bulmuştur. Selüloz bazlı liflerden üretilmiş malzemeler daha düşük elektrostatik deşarj potansiyelleri oluştururken, protein esaslı olanlar ipek ve yün gibi benzer pik potansiyeller göstermiştir. Yüzey özelliklerini etkileyen faktörler arasında yüzey bitirme işlemleri, boyama, iplik tipi (filament veya eğrilmiş iplik) ve dokuma-örgü tipi yer alabilir. Düşük nemde, bir elyaf tarafından emilen nem, önceki çalışmalarda bildirildiği gibi yalnızca yük dağıtım sürecine katkıda bulunmayabilir. Nem içeriği kritik değerinin altında olduğunda, su iyonları *tribo-elektrifikasyona* (sürtünme yolu ile elektrostatik yük oluşumu [51]) katkıda bulunabilir, ancak dağılma işlemi sırasında iletken bir yol oluşturulmasına katkıda bulunamaz veya bu yüklerin çevredeki havada mevcut iyonlar tarafından yok

edilmesini kolaylaştıramaz [54]. *Triboelektrik etkiyle oluşan yük miktarı*; iki malzeme arasındaki temas alanına, malzemedeki neme, havadaki su buharı basıncına, malzemelerin moleküler yapısına, iki malzemeye uygulanan sürtünme yoğunluğuna ve diğer faktörlere bağlıdır. Oluşan bu yükün ne kadar olduğu, nereye gittiği ve ne kadar hızlı olduğu; *bir malzemenin fiziksel, kimyasal ve elektriksel iletken özelliklerine bağlıdır* [51].

Reischl ve Mijovic (2021), yapmış oldukları çalışmada sentetik liflerin giysilerde oluşan elektrostatik potansiyelin başlıca kaynağı olduğundan, liflerin elektriksel özelliklerinin kimyasal bileşimleri ve polimer yapıları tarafından belirlendiğinden ve nem, sıcaklık ve sürtünme yoğunluğu gibi çevresel faktörlerin de elektriksel özellikler üzerinde etkili olduğundan söz edilmiş olup doğal liflerden yapılmış giysi katmanlarının sentetik liflerden yapılmış giysi katmanlarıyla karıştırılması önerilmiştir. Çünkü çalışmanın amacı, doğal liflerden yapılmış tekstillerin sentetik liflerden yapılmış tekstillerle birleştirilmesinin, doğal liflerin sentetik liflere göre daha düşük bir elektrostatik yük birikimi eğilimi gösterdiği bilindiğinden, giysilerdeki elektrostatik yük birikimini azaltıp azaltamayacağını belirlemektir. Kumaş numuneleri %100 Polyester, %100 Naylon, %100 yün ve %100 pamuktan oluşturulmuştur. Sonuçlar, yün ve pamuğun her ikisinin de en düşük elektrostatik yük birikimini gösterdiğini, polyester örneğinin ise pamuk ve yün kumaş örnekleriyle eşleştirildiğinde bile en yüksek elektrostatik yük birikimini yarattığını göstermiştir. Ayrıca sentetik kumaşların doğal elyaflardan yapılmış kumaşlarla katmanlanmasının, sentetik elyaflarla sürtünmenin yarattığı elektrostatik potansiyeli *önemli ölçüde azaltmayacağını (sadece %14'lük azalma)* göstermiştir [51].

Belirli kimyasal bileşikler (örneğin dörtlü amin tuzları, değiştirilmiş yağ asidi esterleri, poliglikol türevleri ve fosforik asit esterleri) içeren anti-elektrostatik apreler, tekstil ürünlerinin elektro-iletkenliğini arttırmanın geleneksel yöntemleridir. Ancak ne yazık ki, elyafların yüzeyine apre uygulanmasına dayanan bu yöntemler, düşük yıkama ve aşınma direnci nedeniyle tekstil ürününün uzun vadede kullanım olanağını azaltmaktadır [55].

Stabil anti-elektrostatik etkiler, elyaf maddesinin özel olarak seçilmiş kimyasal bileşiklerle modifiye edilmesi, elyafların mikro yapısında değişiklikler yapılması ve eğirmeden önce polimer kütesine eklenen anti-elektrostatik katkıların kullanılmasıyla

elde edilebilmektedir. Ancak yapının değiştirilmesi liflerin mukavemet özelliklerinin azalmasına neden olabilir ve yaşlanmayı da hızlandırabilmektedir [55].

Geleneksel yöntemler yada uzun elyaflardan iplik üretimi gibi tekstil malzemelerinden elektrostatik etkiyi kısa vadede minimize edebilecek çalışmaların aksine *uzun vadede etkili olabileceği öngörülen akriliğe yün lifi karışım optimizasyonu ile* oluşturulacak ipliklerin giysi konforunu sağlayabilmek açısından kullanılabilirliği bu çalışmada hedeflenmektedir.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışma kapsamında 11 farklı karışım oranına sahip olacak şekilde üretilen iplikler Çizelge 2.1'deki gibi kodlanmıştır.

Çizelge 2.1 : İplik özellikleri ve kodları.

Numune Sayısı	Numune Kodu	İplik Doğrusal Yoğunluğu (Nm)	Üretimde Ayarlanan İplik Kompozisyonu (%)	
			Akrilik(%)	Yün(%)
1	100RLX	6,8	100	0
2	90RLX10YÜN	6,8	90	10
3	80RLX20YÜN	6,8	80	20
4	70RLX30YÜN	6,8	70	30
5	60RLX40YÜN	6,8	60	40
6	50RLX50YÜN	6,8	50	50
7	40RLX60YÜN	6,8	40	60
8	30RLX70YÜN	6,8	30	70
9	20RLX80YÜN	6,8	20	80
10	10RLX90YÜN	6,8	10	90
11	100YÜN	6,8	0	100

Elyaf boyama aşaması; Literatür araştırması sonrası çalışmanın uygulama aşaması elyafların boyanması ile başlamıştır. Öncelikle % 100 30 micron superwash yün; elyaf formunda iken ve % 100 5 denye relax halde akrilik; elyaf formunda iken bams halinde boyama işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 2.1'de boyanacak bamslar görülmektedir. Boyama işlemi H. Krantz Marchinenbalt - 51 Aachen marka 2003 model bams boyama makinesinde yapılmış olup makine Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Şekil 2.3'te bams pres makinesi görülmektedir.



Şekil 2.1 : Bamslar.



Şekil 2.2 : Bams boyama.



Şekil 2.3 : Bams press.

Boyama işlemi gerçekleşen bams formundaki %100 yün ve %100 akrilik elyaf sonraki süreçte ayrı ayrı sıkma işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 2.4'te verilen Oğuz Makine markalı 2000 model Santrifüj makinesi kullanılarak bams formundaki elyafların sıkma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.4 : Bams santrifüj.

Sıkma işleminden sonraki aşama olan kurutma işlemi; akrilik elyaf için Şekil 2.5'te verilen Sonar marka 2004 model RF kurutma makinesinde, yün elyaf için Şekil 2.6'da verilen Enes marka 1990 model kurutma makinesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5 : Akrilik elyaf bamsı için RF kurutma makinesi.



Şekil 2.6 : Yün elyafı için kurutma makinesi.

Hazırlama (cer) aşaması; Bams formunda olan yün ve akrilik elyaflar; boyama sonrasında Şekil 2.7'de verilen GC 30 [(NSC N. Scumberger) fiber to yarn] marka, 2015 model cer makinelerinde cer şeritleri formuna dönüştürülmüştür.



Şekil 2.7 : Son çekmenin girişi – çıkışı.

İplik aşaması; Çekilerek inceltilen ve karışımı sağlanan cer şeritleri Şekil 2.8’de verilen HDB (Houget Duesberg Bosson) Belçika markalı 1992 model ring iplik makinesinde; yarı kamgarn tek kat 6,8 Nm değerine sahip ipliğe dönüştürülmüştür. Bilezik çapı: 90 mm Masura boyu: 42cm Bilezik yüksekliği: 16,7mm GC 65 marka kopça kullanılmıştır.



Şekil 2.8 : Ring iplik makinesi (Yarıkamgarn hattı).

Tek kat iplik üretimi gerçekleştirildikten sonra ipliklerdeki kopuşların temizlendiği Şekil 2.9’da verilen 2005 model Japon Muratec marka iplik temizleme makinesi kullanılmıştır.



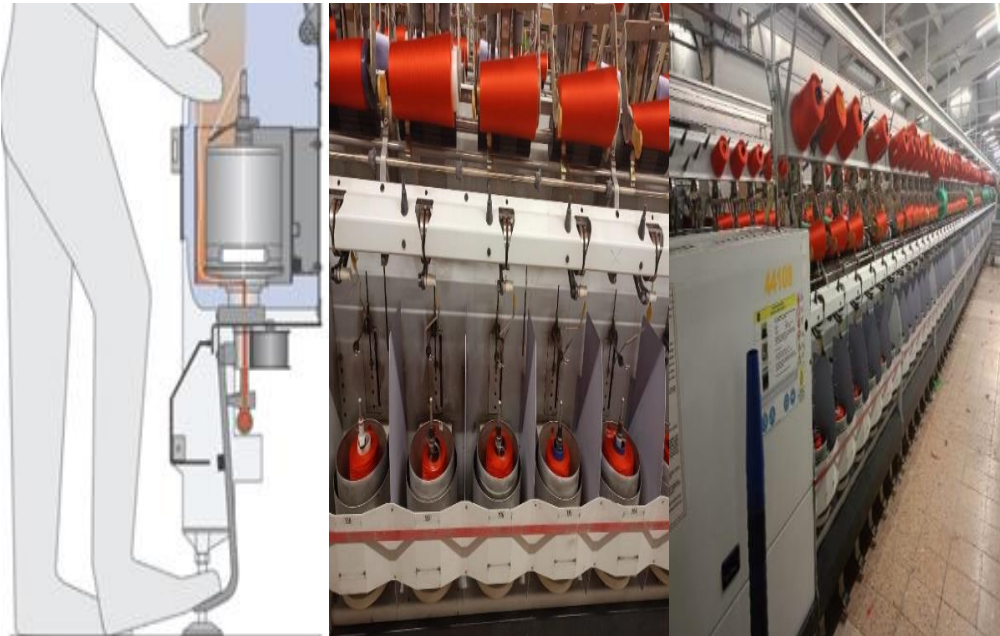
Şekil 2.9 : Muratec (iplik temizleme) makinesi.

Şekil 2.10'da verilen 2021 model HMX 132 HemaksCo Textile Machinery marka otomatik katlama makinesinde 3 katlı hale getirilmiştir.



Şekil 2.10 : Hemaks katlama makinesi.

Büküm işlemi Şekil 2.11'de verilen Volkmann marka 2002 model çok kat büküm makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (Minare boyu: (0 kapsül ve 3 tansiyon) kullanılmıştır.)



Şekil 2.11 : Çok kat büküm makinesi.

Fiksaj aşaması; Karışım ipliklerin fikseleme işlemi Şekil 2.12’de verilen süperba model fikse makinesi ile gerçekleştirilmiştir. İplik su buharı ile ısıtılma tabii tutulduktan sonra kuka makinelerinde çalışılmaya uygun kek formuna getirilmiştir.



Şekil 2.12 : Fikse makinesi.

Yumaklama aşaması; Fikselenmiş kek halindeki iplikler yumak formuna dönüştürülebilme için Şekil 2.13’te görülen Gökhan Makine marka 2023 model kuka makinesinde kukalanmıştır.



Şekil 2.13 : GW kuka makinesi.

Çalışma kapsamında 11 farklı karışım oranına sahip son ürünler; tek kat iplikler, 3 katlı iplikler, yumaklar ve el ile örülmüş kumaşlar bazı testlere tabii tutulmuştur.

*Kullanılan test cihazları;*İlk olarak ring iplik makinesi ve iplik temizleme makinesi sonrası bu aşama için oluşan son ürün olan tek kat ipliğin mukavemeti ve uzaması Ormo - ARGE Merkezi'nde I.V.Calderara marka 2001 model mukavemet ölçüm cihazı ile test edilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 : Tek kat iplik mukavemeti ölçüm cihazı.

11 farklı karışım oranında üretilen son ürünlerden olan 3 katlı el örgü ipliklerinin iplik-metal sürtünme testi AKKİM Laboratuvarı'nda Şekil 2.15'te gösterilen Lawson Hemphill marka 'Constant Tension Transport (CTT) ' model test cihazında yapılmıştır.



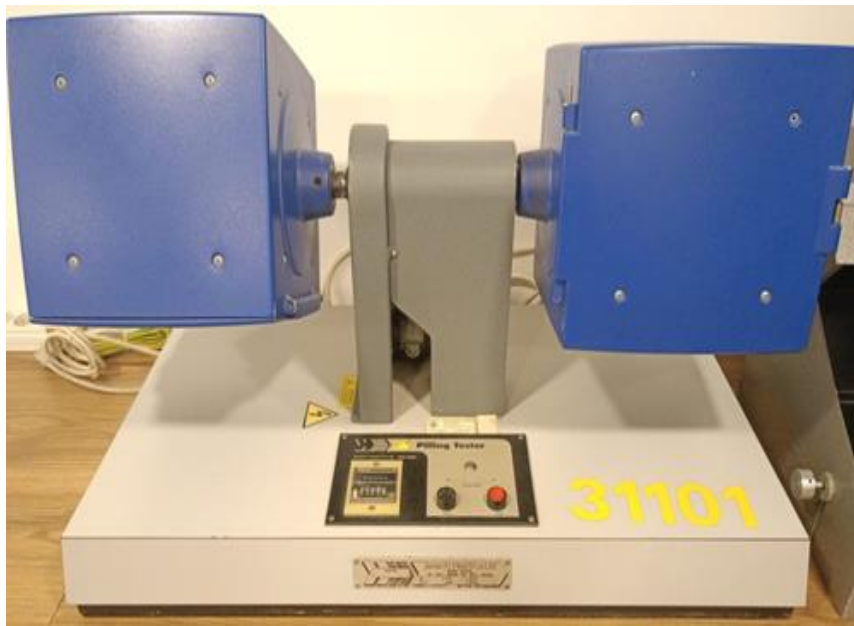
Şekil 2.15 : CTT İplik-metal sürtünme cihazı.

6,8 Nm iplik doğrusal yoğunluğuna sahip 3 katlı üretilen 11 farklı karışım oranına sahip ipliklerin; DSC analizi BUTEKOM laboratuvarında Şekil 2.16'da gösterilen TA Instruments / DSC250 marka ve model cihaz ile yapılmıştır.



Şekil 2.16 : DSC250 cihazı.

Üretilen 11 farklı karışım oranlı yumaklardan el ile 11 farklı karışım oranlı farklı devirlerde çalıştırılacağı için 2şer tane pilling testinde kullanılmak üzere örülen kumaşların boncuklanma eğilimi; Şekil 2.17'de görseli verilen James H. Heal & Co. Ltd. marka 2000 model ICI Pilling Box Test Cihazı'nda belirlenmiştir.



Şekil 2.17 : ICI pilling box test cihazı.

Üretilen her bir karışıma ait 5'er farklı kumaş numunesinin yüzeysel statik elektriklenme direnci ve 3'er farklı kumaş numunesinin hacimsel statik elektriklenme direnci Şekil 2.18'de görseli verilen ve Bursa Teknik Üniversitesi Polimer Malzeme Mühendisliğin laboratuvarında bulunan Keithley marka 2004 model 'Resistivity Test Fixture' Test Cihazı'nda ölçülmüştür.

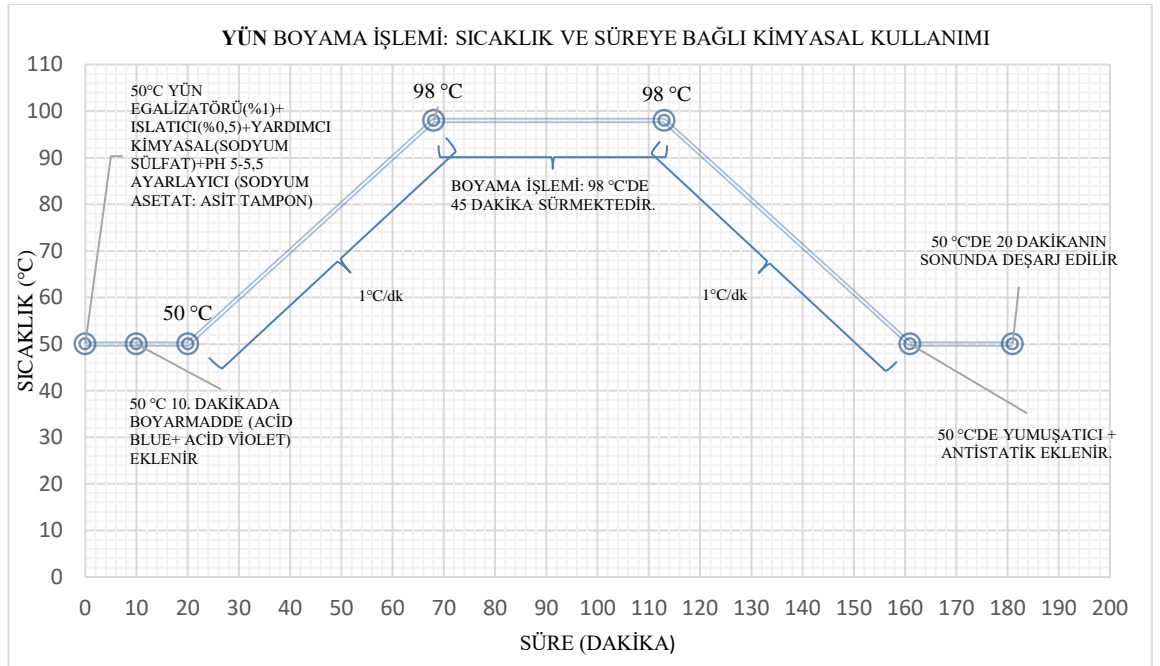


Şekil 2.18 : Statik elektriklenme direncinin ölçüldüğü cihaz.

2.2 Yöntem

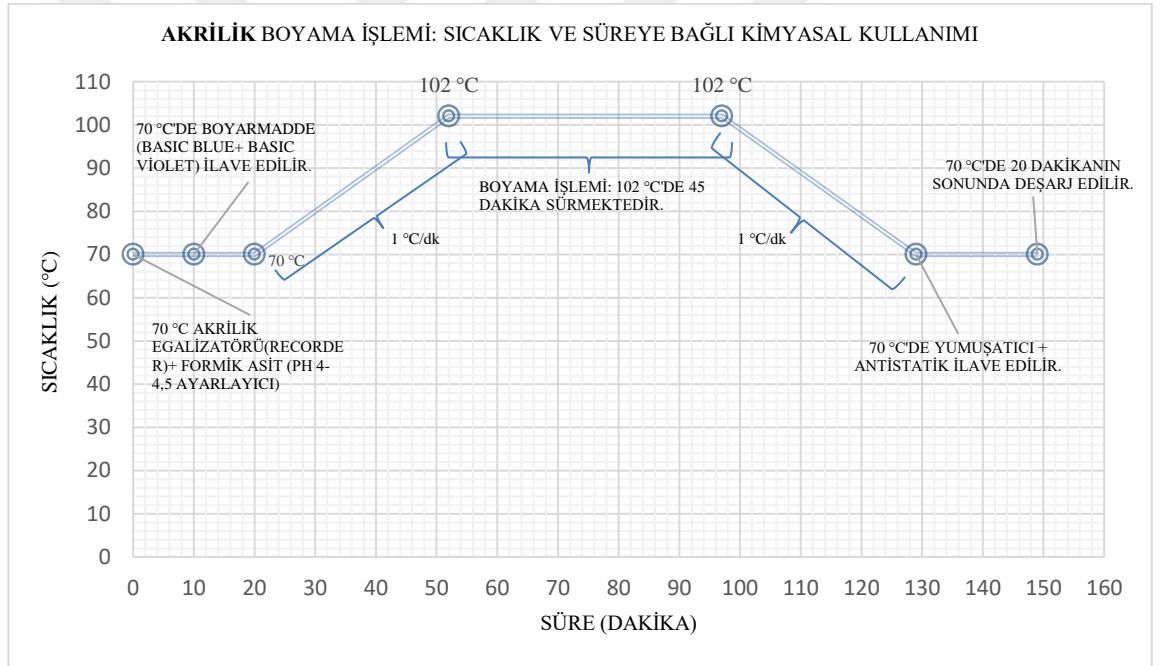
Elyaf boyama; üretilen her bir iplik, elyaf formundayken bams boyama tekniği ile renklendirilmiştir. Boyama işlemi % 100 yün elyaf bamsları için tek bir kazanda, % 100 akrilik elyaf bamsları için de ayrı bir kazanda tek seferde yapılmıştır.

% 100 yün elyafı boyama şartları Şekil 2.19’da verilmiştir. 50 °C’de yün egalizatörü (Boyarmaddenin tüm çözeltiye homojen dağılımını sağlar.), %0,5’lik ıslatıcı (Boyarmaddenin elyafa düzgün çekilmesini sağlar.), yardımcı kimyasal olarak Sodyum Sülfat ve pH değerini 5-5,5 aralığında tutan Sodyum Asetat (Asit tampon) ile %100 yün elyafının boyama işleminin hazırlığına başlanmıştır. Yün elyafı 10 dakika bu kimyasallarla muamele edildikten sonra boyarmadde (Acid Blue ve Acid Violet) kimyasalları ile de 10 dakika muamele edilmiştir. 10 dakikanın sonunda çözelti sıcaklığı dakikada 1 °C arttırılarak 98 °C’ye çıkarılmıştır. Esas boyama işlemi tam da bu aşamada başlamıştır. Söz konusu elyaf 45 dakika boyunca 98 °C’deki çözelti ile muamele görerek boyama gerçekleştirilmiştir. 45 dakikanın sonunda çözelti sıcaklığı yine aynı hızla yani dakikada 1 °C azaltılacak şekilde başlangıç sıcaklığına; 50 °C’ye çekilmiştir. Tam 50 °C’de olan çözeltiye yumuşatıcı ve antistatik ilave edilerek 20 dakika elyaf bu çözeltide muameleye tabi tutulmuştur. Son olarak 20 dakikanın sonunda çözelti deşarj edilerek boyama işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 2.19 : Yün elyafı boyama şartları.

%100 Akrilik elyafının boyama şartları ise Şekil 2.20’de verilmiştir. 70 °C’de akrilik egalizatörü (recorder) ve pH değerini 4-4,5 aralığında tutan Formik Asit ile %100 akrilik elyafının boyama işleminin hazırlığına başlanmıştır. Akrilik elyafı 10 dakika bu kimyasallarla muamele edildikten sonra boyarmadde (Basic Blue ve Basic Violet) kimyasalları ile de 10 dakika muamele edilmiştir. 10 dakikanın sonunda çözelti sıcaklığı dakikada 1 °C arttırılarak 102 °C’ye çıkarılmıştır. Esas boyama işlemi tam da bu aşamada başlamıştır. Söz konusu elyaf 45 dakika boyunca 102 °C’deki çözelti ile muamele görerek boyama gerçekleştirilmiştir. 45 dakikanın sonunda çözelti sıcaklığı yine aynı hızla yani dakikada 1 °C azaltılacak şekilde başlangıç sıcaklığına; 70 °C’ye çekilmiştir. Tam 70 °C’de olan çözeltiye yumuşatıcı ve antistatik ilave edilerek 20 dakika elyaf bu çözeltilde muameleye tabi tutulmuştur. Son olarak 20 dakikanın sonunda çözelti deşarj edilerek boyama işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 2.20 : Akrilik elyafı boyama şartları.

Boyama işleminden sonra boyalı akrilik ve yün elyafı bamslarına santrifüj makinesinde titreşim yoluyla 1200-1500 d/dk ile 45 dakika sıkma işlemi uygulanmıştır.

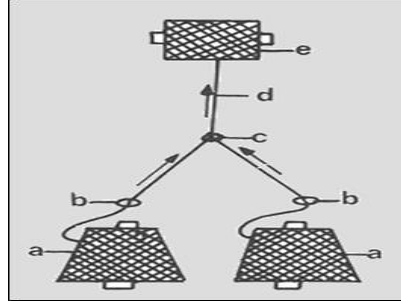
Kurutma işlemi nemlilik oranına göre belirli sıcaklık derecesinde 5 denye relax akrilik bams 18 m/dk hızla kurutma makinesinden geçirilmiş, %100 yün elyafı bamsların açılarak şerit haline getirilmesi sonucu şerit halinde 90 °C’de 6 m/dk hız ile kurutma makinesinden geçirilmiştir.

Cer Prosesi; boyama sonrasında bams formunda olan yün ve akrilik elyafların cer makinelerinde taranıp paralel hale getirilmesi, homojen bir şekilde karışımının sağlanması ve ring iplik makinelerine uygun olacak şekilde karışım elyafı gramajının tutturulması için çekim işlemine tabi tutularak inceltilmesi sonucu homojen, paralel ve ring iplik makinesine hazır gramajlı 11 farklı karışım oranına sahip elyaflar cer şeritleri formuna getirilmiştir. Cer işlemi 4 pasaj (1. Çekme, 2. Çekme, 3. Çekme, 4. Çekme) uygulanmıştır. Hazırlama makinelerinden ilki; 1. çekmeye 10 uç beslenmiş 30 gram girilip 22 gram çıkılmıştır. 3,40 sabit çekim uygulanmıştır. Hazırlama makinelerinde bir sonraki makineler olan 2. çekme ve 3. çekmeye 8 uç beslenmiş çıkış gramajı 20 gramdır. Son çekmeye 4 uç beslenmiş 12 gram çıkılmıştır.

İplik Üretimi; taranarak hem gramaj hemde hammadde bazında cer şeridi uzunluğunca homojen hale getirilen cer şeridi formundaki elyaf; ring iplik makinesinde yarı kamgarn tek kat 6,8 Nm değerine sahip tek kat ipliğe dönüştürülmüştür. Ring iplik makinesinde 35 akış (m/dk) kullanılmış olup makine 5250 devirde çalıştırılmıştır. Elyafa 150 tur/m Z büküm verilmiş ve tek kat iplik formuna getirilmiştir. Arka çekim: 7,06 Ön çekim: 9,96 Toplam çekim: 81,6 Öne giriş: 1,5 gram Ekartman:170 Bilezik çapı: 90 mm Masura boyu: 42cm Bilezik yüksekliği: 16,7mm.

Tek kat iplik üretimi gerçekleştirildikten sonra hem bobine aktarımın sağlandığı hem de ring iplik makinesinde oluşmuş olan ipliklerdeki kopuşların hava yolu ile birleştirilerek temizlendiği iplik temizleme makinesi kullanılarak iplik temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Birden fazla tek kat iplik genel olarak maksimum 6 kata kadar katlanabilmektedir. Çalışma kapsamında otomatik katlama makinesinde, 350 devirle çalıştırılarak Şekil 2.21'de verilen teknik (two for one prensibi) ile 11 farklı karışıma sahip tek katlı iplikler (a) -büküm verilmeden- 3 katlı hale getirilerek 10 inçlik bobine (e) sarılmıştır. Katlama makinesinde oluşan kopuşlar iplik sensörleri (b) ile ayrı ayrı kontrol edilmiş iplik kopuşu sonrası makine durup el ile tırnak düğüm atılmıştır. Böylece eksik-yanlış katlı iplik oluşturulmamasına özen gösterilmiştir.



Şekil 2.21 : İplik katlama işlemi şematik görünümü: (a) tek kat bobin (b) iplik yoklayıcı sensör (c) iplik kılavuzu (d) kılavuz (e) çok katlı bobin.

3 katlı ipliğe verilen spiral dönme hareketi ile ipliklerin birarada tutulmasını ve mukavemet kazandırılmasını sağlayan büküm işlemi 100 tur/m'lik S yönlü büküm verilerek 8 inçlik konikler üzerine 2250 m/dk hızla sarılmıştır.

İplik Fiksajı; bobin ya da masura formunda makinenin çalgıklarına takılan iplikler serici kafaların olduğu alana doğru yönlendirilerek iplik uçlarının bant üzerine serilmesi sağlanmış, bant üzerine serilen iplik bantın hareketi ile ısı kabini içine doğru taşınarak sürekli hareketine devam etmiştir. İşlemin kesintiye uğramaması için çalgıkta bulunan iplikler rezervlerinden birbirine eklenerek devamlılığı sağlanmıştır. Su buharı yardımıyla karışım ipliklerin fikseleme işlemi (büküm sabitleme ve iplik karışımında bulunan hammaddeye bağlı olarak değişen oranlarda hacim kazandırılması) 96-104 °C sıcaklık aralığında (fikse makinesinin kabin sıcaklığı) gerçekleştirilmiştir. İplik su buharı yardımı ile ısı işlem görmesinin ardından gerginlik makaralarından geçilerek sarım ünitesinde kuka makinelerinde çalışılmaya uygun kek formuna getirilmiştir.

Yumaklama; Kek formundaki fikselenmiş iplik kuka makinesinde 3 X Normal 100 gram sarımlı yumak formuna getirilmiştir.

Kumaş üretimi; El örgü tekniği kullanılarak farklı iki testte kullanılmak üzere gerekli olan 12,5x12,5 (boncuklaşma) ve 15x15 (statik elektrikleme) boyutlarında kumaşlar üretilmiştir.

Test ve Analizler; *Tek kat iplik mukavemeti*; Oluşturulan 11 farklı karışıma sahip ipliklerin tek katından Ormo Yün İplik Fabrikası ARGE Merkezi bünyesinde bulunan sabit hızlı uzama yöntemi (CRE) kullanılarak Calderara marka mukavemet cihazında TS EN ISO 2062 standardına göre; tek kat ipliğin kopma kuvveti ve kopma anındaki uzaması belirlenmiştir. Ölçüm her bir karışım için 10'ar numune üzerinden yapılmıştır.

İplik-metal sürtünmesi; Akkim laboratuvarlarında ASTM D 3108 standardına göre ipliklerin, metal yüzeye sürtünmesi sırasındaki ipliğin kinetik sürtünme katsayısı belirlenmiştir. 360° sürtünme açısı ile ipliklerin sürtünme katsayılarını hesaplar. İplik geçişi 0-200 m/dk. aralığındaki hızlara ayarlanabilmektedir. Ön gerilim, tansiyon aparatı ile ayarlanabilmektedir. Bobin cağlığı ile iplik sevki sağlıklı bir şekilde sağlanabilmektedir. Ayrıca, cihazda mumlama ünitesi bulunmaktadır. PLC ekranda, ipliğin ön gerilimi ve sürtünme sonrası gerilim görülebilmektedir. İplik numarasının girilmesi ile ekranda uygulanması gereken ön gerilim görülebilmektedir.

İplik kompozisyonu analizi; Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Laboratuvarı'nda, Bursa Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Kenan Yıldırım tarafından yeni geliştirilen DSC Cihazı kullanılarak yapılan yünlü karışımlarda lif kompozisyon analizi metoduna göre yapılmıştır. ISO 11357 standardına göre *faz değişimi sırasındaki ısı transferi miktarı* tespit edilmiştir. DSC metodu; 21.Mayıs.2024 tarihli US 11,988,62382 Yildirimetel. (45) kodlu patent kapsamındaki formülasyon yardımıyla uygulanmıştır.

Tuşe analizi; Üretilen 11 farklı karışım oranlı ipliklerden yumaklama makinesinde yapılan 11 farklı karışım oranlı yumaklar -her bir karışımından 5 er yumak numunesi (100 gram 3 X Normal) alınarak 1 ila 5 skala aralığında- 3 expertiz tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme şartları eşit olan 3 expertiz birbirinden bağımsız olarak sonuçları belirlemiştir

Boncuklanma testi; Üretilen 11 farklı karışıma sahip ipliklerden el ile örülen 12,5x12,5 boyutlarında her bir karışıma ait 2'şer tane kumaş numunesinin Ormo Yün İplik Fabrikası ARGE Merkezi bünyesinde bulunan ICI Boncuklanma kutusu kullanılarak 7200 devir ve 14400 devir çalıştırılarak ayrı ayrı boncuklaşma eğilimi TS EN ISO 12945-1 standardına göre belirlenmiştir. Bu standart kumaş yüzeyinde normal giyim şartlarından kaynaklanan boncuklaşma ve ilmek çekmesinin tespitinde kullanılır.

Statik elektriklenme direnci (yüzeysel); Üretilen iplikler el örgü tekniği ile 15x15 boyutlarında her bir karışımdan 5'er tane kumaş numunesine dönüştürüldükten sonra Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Laboratuvarı'nda TS EN 1149-1 : 2006-12 standardına göre kumaşların yüzey öz direnci ölçülmüştür.

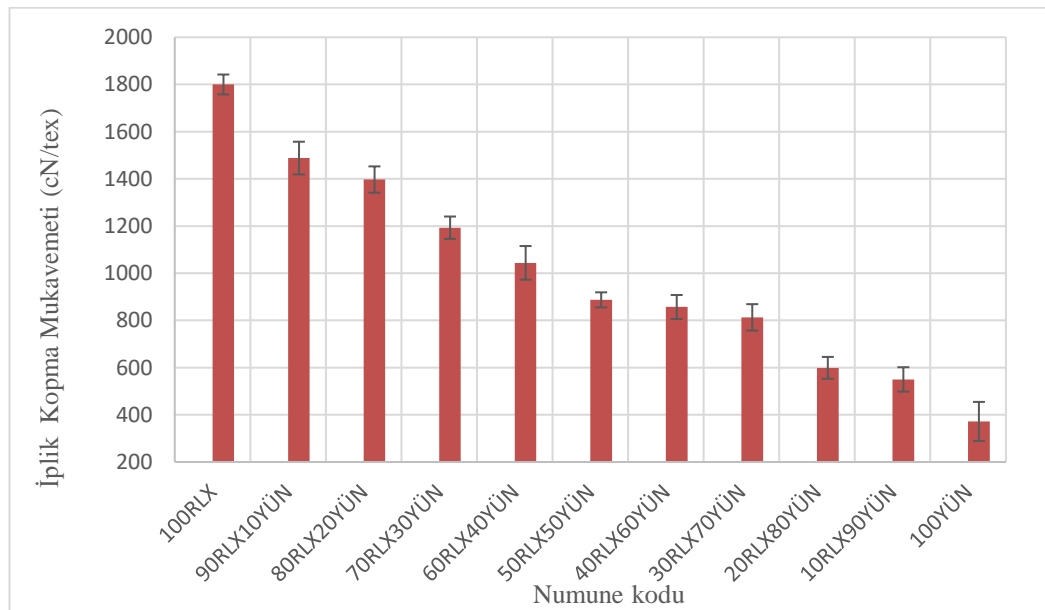
Statik elektriklenme direnci (hacimsel); Üretilen iplikler el örgü tekniği ile 15x15 boyutlarında her bir karışımdan 3'er tane kumaş numunesine dönüştürüldükten sonra Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Laboratuvarı'nda TS EN 1149-1 : 2006-12 standardına göre kumaşların hacimsel öz direnç ölçülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

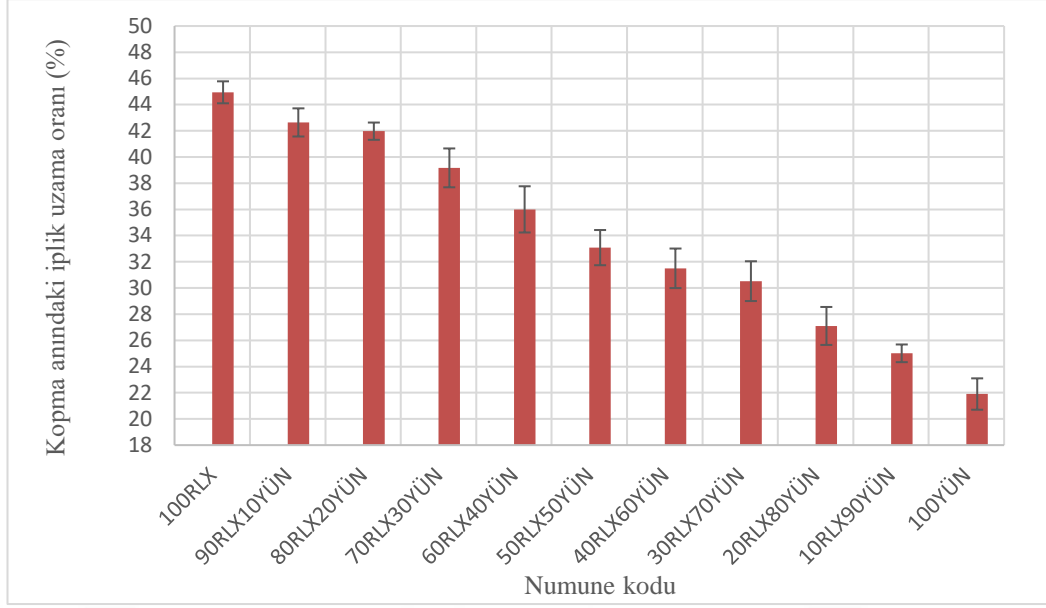
İpliklerin kopma mukavemeti ve kopma anındaki uzama oranına ait veriler grafik olarak Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir. İplik kopma mukavemeti (cN/tex) ve yüzde uzama oranına (%) ait ham veriler Ek A’da Çizelge A.1’de verilmiştir.

Grafiklerden görüleceği gibi iplik yapısındaki yün oranı arttıkça hem iplik kopma mukavemeti hem de kopma anındaki uzama oranı düşmüştür. Bu düşüş beklenen bir durum olup, literatür ile uyumludur. Literatür bölümünde de yer alan akrilik/yün/angora lifi karışımlarından üretilen iplik ve kumaş özellikleri üzerine bir araştırmada; %100 akrilik iplikler en yüksek kopma mukavemeti değerine sahip çıkmıştır [10].

Yukarıda söz ettiğimiz başka bir literatürde ise yün ve akrilik liflerin kopma uzama eğrileri incelendiğinde akrilik lifinin hem kopma anındaki uzama oranının hem de kopma mukavemetinin yün lifinden daha yüksek olduğu görülmektedir [2]. Lifteki bu fark bu liflerden üretilen ipliklerde de kendini göstermektedir. Bu nedenle düşük mukavemetli lif olan yün oranı iplik yapısında arttıkça hem iplik mukavemeti hem de kopma anındaki uzama oranı düşürmektedir.

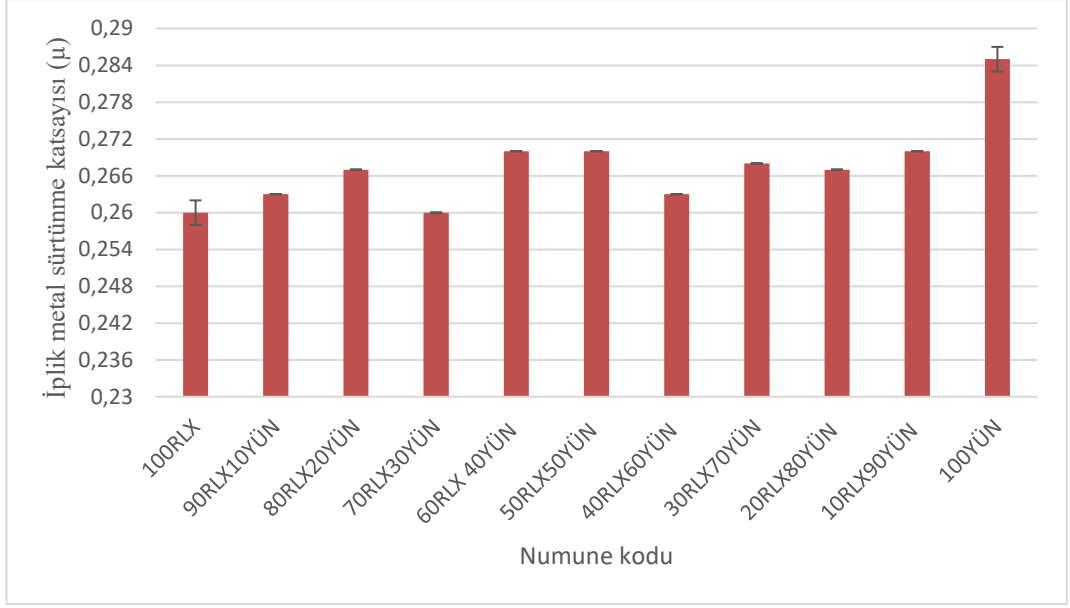


Şekil 3.1 : İplik kopma mukavemeti (cN/tex).



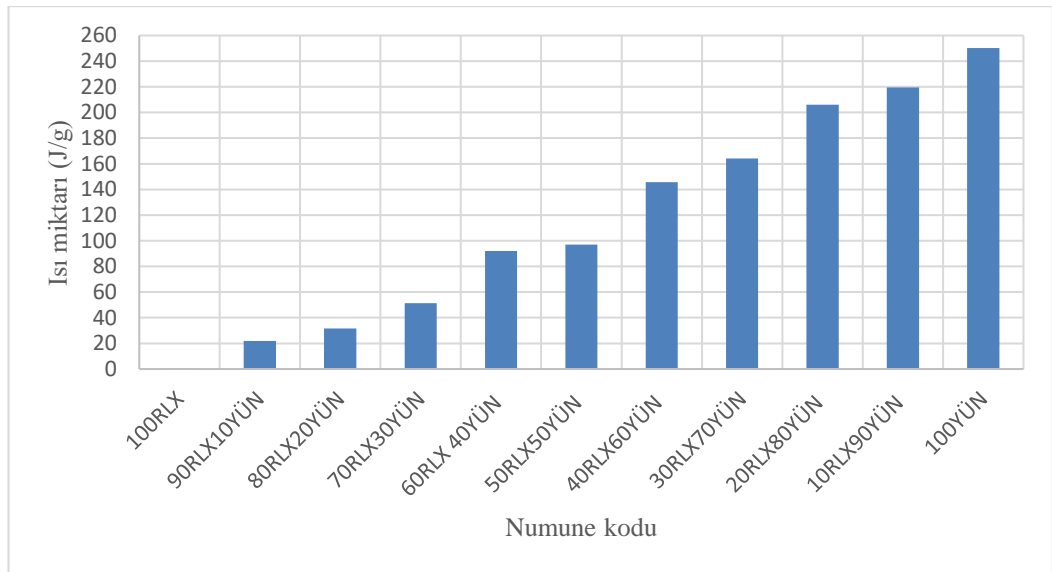
Şekil 3.2: İplik kopma anındaki yüzde oranı (%).

İplik metal sürütünme katsayısına ait veriler Şekil 3.3'te grafik olarak verilmiştir. İplik metal sürütünme katsayısına ait ham veriler Ek A'da Çizelge A.2'de verilmiştir. Grafikte görüleceği üzere genel eğilim olarak iplik yapısındaki yün oranı arttıkça iplik sürütünme katsayısı artmıştır. Bu sonuç literatürle uyumludur. Literatür bölümünde de yer alan akrilik/yün/angora lifi karışımlarından üretilen iplik ve kumaş özellikleri üzerine bir araştırmada; %100 akrilik iplikler daha düşük iplik-metal ve iplik-iplik sürütünme katsayılarına sahip çıkmıştır [10]. Yün liflerinin dış yüzeyinde bulunan pulcuklardan dolayı lif yüzeyi daha pürüzlü olduğundan sürütünme katsayıları yüksektir. [3]. Bu çalışmada da en yüksek sürütünme katsayısının %100 Yün karışımında ve en düşük sürütünme katsayısının % 100 Akrilik karışımında olduğu görülmektedir. %70-30 ve %30-70 akrilik yün karışımlarında sürütünme katsayısının %100 akrilik iplik ile benzer olması ise, yün liflerinin daha çok iplik iç kısmında, akrilik liflerinin ise dış kısmında konumlanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İplik kesitindeki lif konumlanmasının da ipliğin sürütünme davranışını değiştirdiği görülmüştür.



Şekil 3.3 : İplik metal sürtünme katsayısı.

Şekil 3.4’te iplik kompozisyon analizinde kullanılan entalpi enerjileri grafiksel olarak gösterilmiştir. Ek A’da Çizelge A.3’te ise bu sonuçlar çizelge olarak verilmiştir. Bilindiği gibi bir yün yapısında su bulduran bir lif, akrilik ise su buldurmeyen bir lifdir. DSC analizinde su çıkışı bir entalpi değişimi oluşturmakta ve bu değişim için gerekli ısı enerjisi ölçülebilmektedir [56]. Yün-akrilik karışımı iplikte bu su çıkışı yün bünyesindeki suyun çıkışı ile ilgili olduğundan, su çıkışına bağlı olarak iplik kompozisyonundaki yün lif oranının tespit edilebilmektedir. DSC analizindeki su çıkışı entalpi değerleri Şekil 3.4’de patentlenen kompozisyon analiz metoduna göre hesaplanan lif oranı tablosu ise Çizelge 3.1’de verilmiştir.

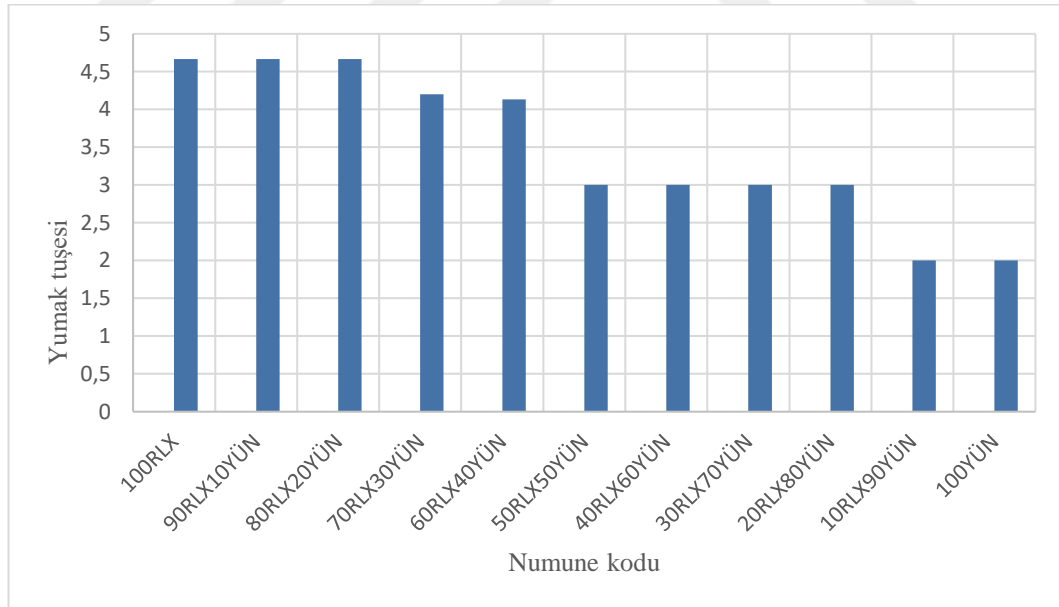


Şekil 3.4 : Karışım oranına bağlı olarak su çıkışı için gerekli ısı enerjisi miktarı (J/g).

Çizelge 3.1 : DSC entalpi enerjisine bağlı olarak hesaplanan iplik kompozisyonu

Üretimdeki lif kompozisyonu	DSC SONUÇLARI		
	Su çıkışı entalpi enerjisi (J/g)	Ölçülen lif kompozisyonu Yün (%)	Akrilik (%)
%100 AKRİLİK	0	0	100
%10 YÜN - %90 AKRİLİK	14,8	11,7	88,3
%20 YÜN - %80 AKRİLİK	31,61	22,0	78,0
%30 YÜN - %70 AKRİLİK	54,9	30,3	69,7
%40 YÜN - %60 AKRİLİK	92,1	39,6	60,4
%50 YÜN - %50 AKRİLİK	97,02	49,3	50,7
%60 YÜN - %40 AKRİLİK	145,6	60,9	39,1
%70 YÜN - %30 AKRİLİK	164,2	68,3	31,7
%80 YÜN - %20 AKRİLİK	206,1	84,9	15,1
%90 YÜN - %10 AKRİLİK	224,8	90,3	9,7
%100 YÜN	250,3	100	0

Şekil 3.5'te yumak tuşe sonuçlarına ait grafik verilmiştir. Ek A'da Çizelge A.4'te ise bu sonuçlara ait çizelge verilmiştir. Balık ve yılan pullarına benzer görünüşte olan pulların serbest uçları dışarıya doğru çıkıntılar yaptığından yün lifinin yüzeyine belli bir yönde pürüzlülük sağlamak ve bu pürüzlülük life bir miktar sertlik vermekte olduğu için sonuçlar literatür ile örtüşmektedir [2, 3, 5, 30,31, 36-40]. Yani karışım oranındaki yün lif oranı arttıkça tuşe olumsuz yönde etkilenmiştir.



Şekil 3.5 : Karışım oranına bağlı olarak yumaktaki tuşenin değerlendirilme sonuçları.

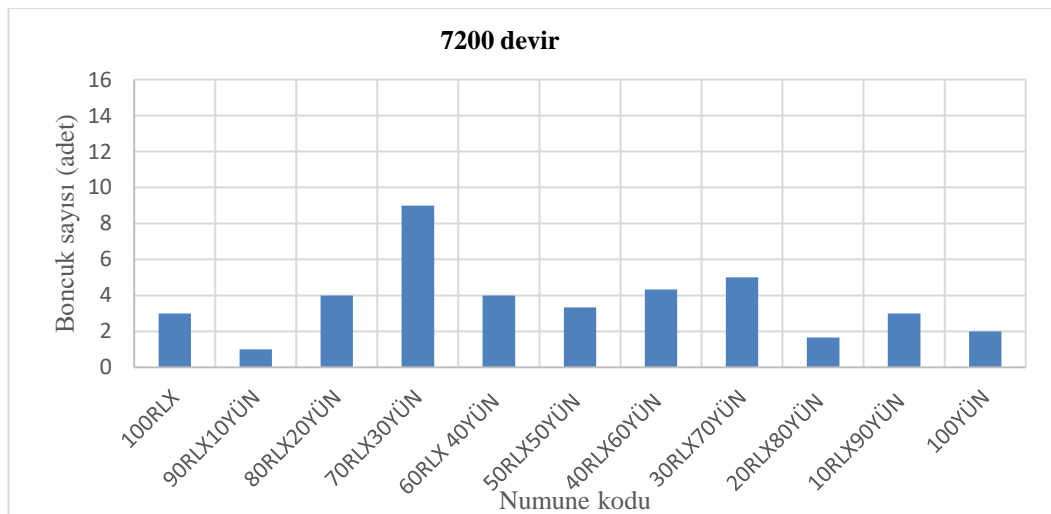
Kumaşların boncuklanma davranışları Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 3.6'da 7200 devir sonrası boncuklanma davranışı boncuk sayısı bazında, Şekil 3.7'de referans fotoğrafa göre boncuklanma seviyesi bazında verilmiştir. Şekil 3.8'de 14400 devir sonrası boncuklanma davranışı boncuk

sayısı bazında, Şekil 3.9'da referans fotoğrafa göre boncuklanma seviyesi bazında verilmiştir. Kumaşların boncuklaşma değerleri 7200 devire ait olan Ek A'da Çizelge A.5'te ve 14400 devire ait olan bu değerler ise Ek A'da Çizelge A.6'da çizelge olarak verilmiştir.

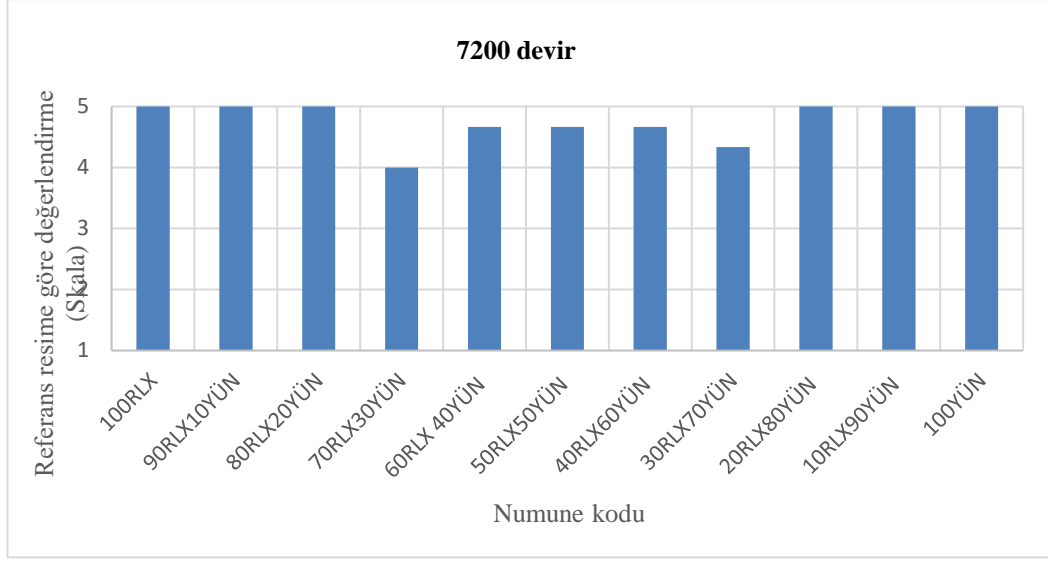
Literatürde belirtildiği gibi Candan (2000)'in yün ve akrilik karışımı ipliklerle yaptığı çalışmada yün oranının kumaşların boncuklanma davranışı üzerine etkisinin olmadığı ortaya konmuştur [10, 49]. Tez çalışması kapsamında da yapılan boncuklanma test sonuçlarına bakıldığında iki farklı devir de (7200 veya 14400) ayrı ayrı değerlendirildiğinde yün oranı değişimi ile kumaşın boncuklanma davranışı ve boncuk sayısı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı yada anlamlı bir değişim olmadığı görülmüştür.

7200 devir ile 14400 devir kendi aralarında karşılaştırıldığında beklendiği gibi kumaş numunelerine uygulanan devir sayısı artışı boncuk sayısını artırmış, değerlendirme skalasındaki boncuklanma değeri de buna bağlı olarak beklendiği gibi kötüleşmiştir. Fakat aynı şekilde yün oranı bazında bir değerlendirme yapılabilecek sonuçlarda bir doğrusallık ya da anlamlılık devir sayıları değişiminde de gözlenmemiştir.

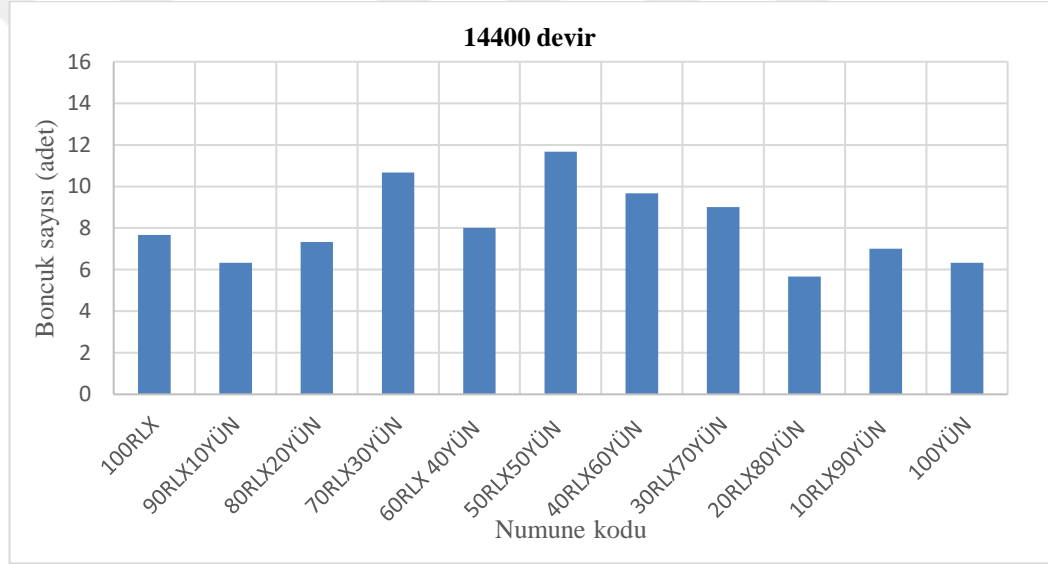
İpliğin saf yün ve saf akrilik liflerinden oluşması halinde oluşan boncuk sayısı, yüksek oranda ikili lif karışımından oluşan ipliklere göre daha düşük olmuştur. Bunun nedeninin; akrilik liflerinin yüksek mukavemetli olması, yün liflerinin ise boncukalanma eğiliminin yüksek olmasından dolayı oluşan boncukların kumaş yüzeyinden koparak uzaklaşmasının zorlaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [57].



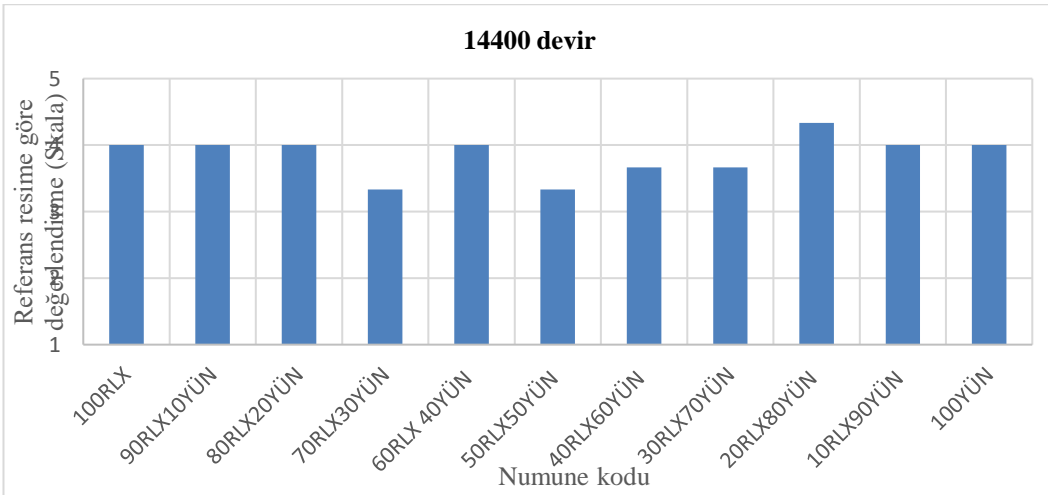
Şekil 3.6 : Boncuk sayısı bazında kumaşların boncuklanma özelliği.



Şekil 3.7 : Referans resim ile karşılaştırma bazında boncuklanma skalası.

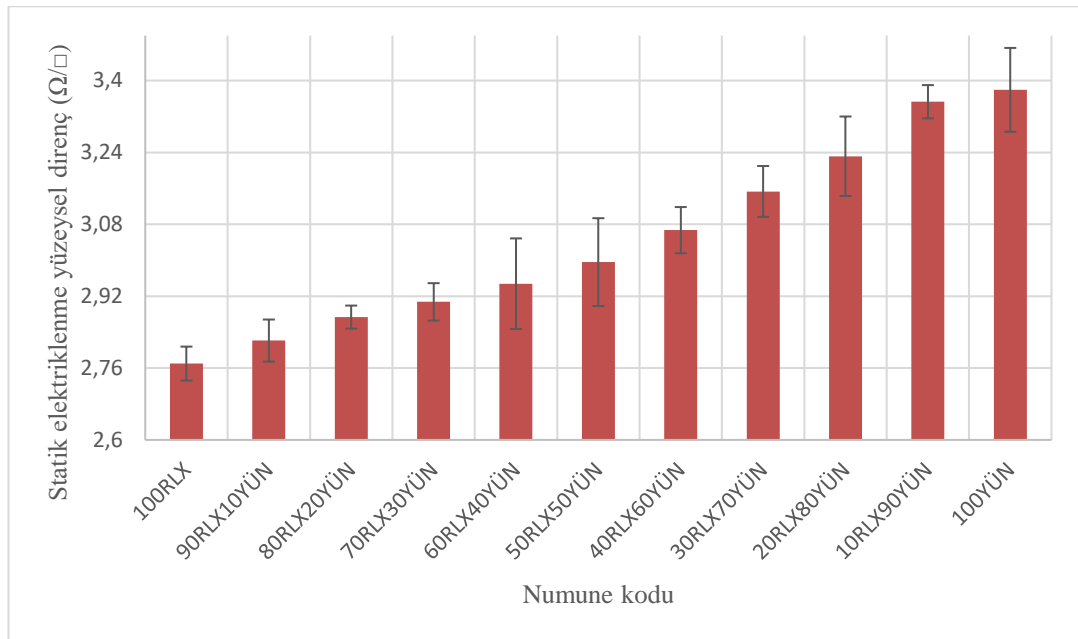


Şekil 3.8 : Boncuk sayısı bazında kumaşların boncuklanma özelliği.



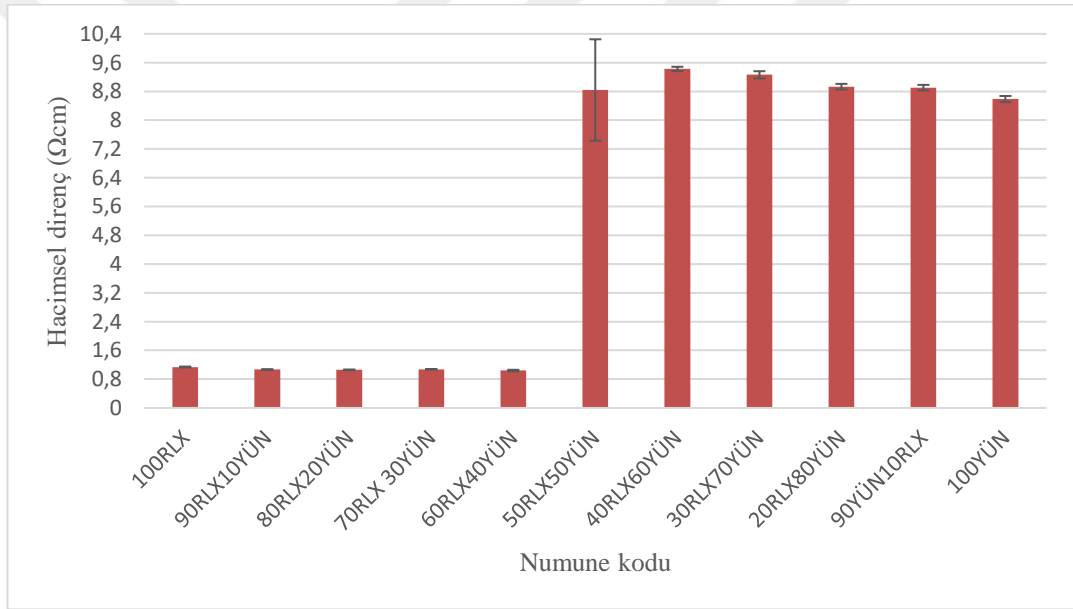
Şekil 3.9 : Referans resim ile karşılaştırma bazında boncuklanma skalası.

Şekil 3.10’da karışım oranına bağlı olarak kumaştaki yüzeysel statik elektriklenme direnç değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Ek A’da Çizelge A.7’de bu değerler çizelge olarak verilmiştir. Yüzeysel statik elektriklenme direncinin iplik kompozisyonundaki yün oranının arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Bu durum Zhao (2003)’te de belirtildiği gibi yün lifinin statik elektrik deşarj potansiyelinin sentetik liflere göre daha yüksek olması dolayısıyla beklendiği gibi çıkmıştır. Farklı bir çalışma olan Reischl ve Mijovic (2021)’de de söz edildiği gibi doğal liflerin elektrostatik yük birikimi sentetik liflere göre daha düşük olduğu için de bu sonuçlar beklendiği gibi çıkmıştır. Sular (2005)’de ise, yüksek polarize edilebilirliği ve düşük iletkenliği sayesinde, yünün statik yükleri diğer sentetik veya bitki bazlı kumaşlardan daha kolay biriktirmesine ve tutmasına neden olmakta, bu kumaşlar elektriği daha iyi iletme eğilimindedir. Ayrıca koyunlar tarafından salgılanan, onları daha fazla yalıtan ve statik yüklerin dağılmasını önleyen, yün lifini kaplayan mumsu bir madde olan lanolin, dielektrik (yalıtkan) özelliklerini artırarak statik elektriği oluşturma ve tutma yeteneğini güçlendirmektedir. Sonuçlarla örtüşmektedir. Hacimsel elektrik direncinin aksine yüzeysel elektirik direncinde yün oranı ile elektirik direnci arasında doğrusal bir orantı olduğu görülmüştür. Yüzeysel elektrik direnci testinde elektrik akımı lif boyunca iletilirken, hacimsel elektrik direnci testinde iplik kesiti boyunca dolayısıyla lif kesiti boyunca elektrik iletimi gerçekleşir.



Şekil 3.10 : Karışım oranına bağlı olarak kumaştaki yüzeysel statik elektriklenme direnci (Ω/□).

Şekil 3.11’de karışım oranına bağlı olarak kumaştaki hacimsel statik elektriklenme direnç değerlerinin (Ω cm) grafiksel gösterimi verilmiştir. Ek A’da Çizelge A.8’de bu değerler çizelge olarak verilmiştir. Hacimsel elektrik direncinde yüzde 50-50 karışıma kadar herhangi bir direnç değişimi görülmez iken yüzde 50-50 karışımdan sonraki tüm karışımlarda aynı seviyede elektirik direncinde artış olduğu görülmüştür. Yüzeysel elektrik direncinin aksine hacimsel elektrik direncindeki bu kademeli artışın iplik yapısındaki yün liflerinin elektrik deşarj özelliğinden kaynaklandığı elektrik iletiminin bu metotta lif kesiti boyunca olmasından dolayı belirli bir yün lif miktarından sonra ipliğin kesit boyu elektrik iletiminin değişebildiği görülmüştür. Elektrik direncindeki bu artış yine Zhao (2023)’te belirtildiği gibi yün lifinin elektrik depolamasının yüksek ve deşarj özelliğinin kötü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.11 : Karışım oranına bağlı olarak kumaştaki hacimsel statik elektriklenme direnci (Ω cm).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akrilik lifinin hem kopma anındaki % uzama oranının hem de kopma mukavemetinin yün lifinden daha yüksek olduğunun bilindiği gibi bir başka çalışma olan akrilik/yün/angora lifi karışımlarından üretilen iplik ve kumaş özellikleri üzerine etkilerinde de bahsedildiği gibi; %100 akrilik iplikler en yüksek kopma mukavemeti değerine sahip çıkmış olup tez çalışmamız kapsamında da yün lifi oranı arttıkça kopma mukavemeti ve kopma % uzama oranı değerleri azalmıştır.

Karışım ipliğinde yapıdaki yün oranı arttıkça iplik sürtünme katsayısı artmıştır. Bu sonuç literatürle uyumludur. Literatür bölümünde de yer alan akrilik/yün/angora lifi karışımlarından üretilen iplik ve kumaş özellikleri üzerine bir araştırmada; %100 akrilik iplikler daha düşük iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayılarına sahip çıkmıştır [10]. Yün liflerinin dış yüzeyinde bulunan pulcuklardan dolayı sürtünme katsayıları düşük olmasına rağmen liflerin kıvrımlı yapısı sürtünme özelliğini dengelemektedir [3]. Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğünden ziyade kıvrımlı yapısı ön plana çıkmış olup bu yapının sürtünme katsayısını belirlediği söylenebilir. En yüksek sürtünme katsayısının %100 Yün karışımında ve en düşük sürtünme katsayısının % 100 Akrilik karışımında olduğu görülmektedir.

Yün lifinin kıvrımlı yapısı nedeniyle ısıyı tutma kapasitesi yüksek olduğu için yün lifi oranı arttıkça açığa çıkan ısı miktarı artmıştır.

Balık ve yılan pullarına benzer görünüşte olan pulların serbest uçları dışarıya doğru çıkıntılar yaptığından yün lifinin yüzeyine belli bir yönde pürüzlülük sağlamak ve bu pürüzlülük life bir miktar sertlik vermekte olduğu için karışım oranındaki yün lif oranı arttıkça tuşe olumsuz yönde etkilenmiştir.

Literatürde belirtildiği gibi Candan (2000)'in yün ve akrilik karışımı ipliklerle yaptığı çalışmada yün oranının kumaşların boncuklanma davranışı üzerine etkisinin olmadığı ortaya konmuştur [10, 49]. Tez çalışması kapsamında yapılan boncuklanma test sonuçlarına bakıldığında iki farklı devirde de (7200 yada 14400) ayrı ayrı değerlendirildiğinde yün oranı değişimi ile kumaşın boncuklanma davranışı ve boncuk sayısı arasında doğrusal bir ilişki yada anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür.

7200 devir ile 14400 devir kendi aralarında karşılaştırıldığında beklendiği gibi kumaş numunelerine uygulanan devir sayısı artışı boncuk sayısını artırmış, değerlendirme skalasındaki boncuklaşma değeri de buna bağlı olarak kötüleşmiştir. Fakat yün oranı bazında bir değerlendirme yapılabilecek sonuçlarda bir doğrusallık devir sayıları değişiminde de gözlenmemiştir.

Yün lifinin statik elektrik deşarj potansiyelinin sentetik liflere göre daha yüksek olduğu için ve doğal liflerin elektrostatik yük birikimi sentetik liflere göre daha düşük olduğu için yüzeysel statik elektriklenme direncinin iplik kompozisyonundaki yün oranının arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Hacimsel elektrik direncinin aksine yüzeysel elektirik direncinde yün oranı ile elektirik direnci arasında doğrusal bir orantı olduğu görülmüştür.

Kısaca; yün akrilik karışımları için karışımdaki yün oranı artışı; kopma mukavemeti, % kopma uzama oranını azaltmış tuşeyi kötüleşirmiş olup iplik-metal sürtünme katsayısını ve yüzeysel statik elektriklenme direncini artırmış olup boncuklaşma üzerinde ise ilişki tespit edilememiştir.

Giyisi konforu açısından ve özellikle müşteri memnuniyeti açısından sonuçlar bazında önerilecek durum; eğer mukavemetli, tuşesi iyi bir iplik isteniyorsa akrilik oranının yüksek tutulması uygun, yüzeysel statik elektriklenme direnci yüksek bir iplik üretmek isteniyorsa da tam tersi yün oranı yüksek bir iplik karışımı tercih edilmelidir. Bu çalışmadan sonra ileriye yönelik yün ve yünlü karışımlarda yünün sürtünmesini azaltacak ve tuşe-mukavemeti arttıracak özel kimyasal karışımları denemeleri yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Moureau, C.** (1893). *Annals of Chemistry and Physics*, 2(7), 186.
- [2] **Mark, H. F.** (n.d.). Acrylic Fibers. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology* (3rd ed.) (Vol 1, pp. 135-136), (Vol 9, pp. 1-35), (Vol 10, pp. 616-617). Wool. (3rd ed.) (Vol 12, pp. 546-580).
- [3] **Babaoğul, M., şener, A. & Öztop, H.** (2010). Yün. *Tekstil lifleri; Temel Özellikleri, Kullanım ve Bakım*. ss. 111-145, 209, *Akrilik ve Modakrilik Lifler*. ss. 235-240.
- [4] **Rein, H.** (1948). Polyacrylnitril-Fasern Eine Neue Gruppe Von Synthethischen Fasern. *Angewandte Chemie*, 60, 159.
- [5] **Lukens, R. P.** (1960). *Polymers: Fibers and Textiles, A Compendium*, pp. 1-45, pp. 505-536.
- [6] **Rein, H.** (1938). Manufacture of Shaped Articles of Polymeric Acrylic Acid Nitrile. *I. G. Farbenindustrie*. 2, 117, 140, 210, 921.
- [7] **Houtz, R. C.** (1950). "Orlon" Acrylic Fiber: Chemistry and Properties. *Textile Research Journal*, 20(11), 786-801.
- [8] **Houtz, R. C.** (1942). Acrylonitrile Polymer Solutions. *Du Pont*, 2, 404, 414, 714, 717, 720.
- [9] **Rein, H.** (1942). DPA 72, 024 IVC/39b, *I. G. Farbenindustrie*.
- [10] **Süpüren Mengüç, G.** (2016). A Research on Yarn and Fabric Characteristics of Acrylic/Wool/Angora Blends. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(1), 40-47.
- [11] **U. S. Federal Trade Commission** (1960). *Rules and Regulations Under the Textiles Fiber Products Identification Act.*, pp. 4.
- [12] **Dalgıç, D.** (2009). *High – bulk ve relax akrilik iplikler ile yün karışumlu ipliklerin kumaş performansları*. (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- [13] **Tiyek, İ. & Bozdoğan, F.** (2005). Akrilik Lif Üretiminde Koagülasyon Banyosunun Önemi. *Journal of Engineering Sciences*, 11(3), 319-323.
- [14] **Bozdoğan, F., Karacan, İ. & Tiyek, İ.** (2004). Characterisation of structure and properties of a selection of polyacrylonitrile (PAN)-based acrylic fibers produced in Turkey. *Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları*.
- [15] **Seventekin, N.** (2003). Kimyasal lifler. *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları*, Ege Üniversitesi.
- [16] **Bozdoğan, F.** (1995). Türkiye’de Üretilen Bazı Akrilik Liflerin Uzama ve Burulma Özellikleri ile Bazı İç Yapı Özelliklerinin Araştırılması. *Tekstil ve Mühendis*, 9, 47-48.

- [17] **Frushour, B. G. & Knorr, R. S.** (1985). Acrylic Fibers. *Handbook of Fiber Science and Technology: 4, Fiber Chemistry*.
- [18] **Capone, G. J.** (1995). Wet-Spinning Technology. *Acrylic Fiber Technology and Application*.
- [19] **Bach, H. C. & Knorr, R. S.** (1990). Acrylic fibers. *Polymers: Fibers and Textiles, A Compendium*.
- [20] **Çolak, S. S.** (2020). *Kesikli akrilik lif ve karışumlu ipliklerin üretim parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- [21] **Yavaşcaoğlu, A.** (2018). *Akrilik karışumlu ipliklerden dokunmuş kumaş özelliklerinin araştırılması.* (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- [22] **Bahtiyari, İ., Akça, C. & Duran, K.** (2008). Yün Lifinin Yeni Kullanım Olanakları. *Tekstil ve Konfeksiyon, 1*, 4-8.
- [23] **Needles, H. L.** (1981). Dyes and Finishes. *Handbook of Textile Fibers*.
- [24] **Moncrieff, R. W.** (1975). Man-made fibers.
- [25] (Ağustos 1992). *Textile World* - (Kasım 2002). *Textile World*, 152(11).
- [26] **Morton, W. E. & Hearle, J. W. S.** (1975). Physical properties of textile fibers.
- [27] **Teige, W.** (1983). *Chemiefasern/Textilind*, 33(85), 636.
- [28] **Quig, J. B.** (1948). *American Association Textile Technology*, 4, 61.
- [29] **Mallinson, P.** (1974). Dyers colour. *Journal of Society*, 90, 67.
- [30] **Türk, M.** (2019). *Yün ve meta-aramid ipliklerinden oluşan dokuma kumaşların özelliklerinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- [31] **Pierlot, T.** *Lighterweight wool structure and properties presentation.* Austrilan Wool Textile Training Centre (AWTTC). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).
- [32] **Acar, S.** (2010). *Yünlü giysi tasarımında bölgesel keçeleştirme yöntem ve uygulamaları.* (Sanatta yeterlilik tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tekstil ve Moda Anabilim Dalı, İzmir.
- [33] **Johnson, N. A. G., Wood, E. J., Ingham, P. E., McNeil, S. J. & McFarlane, I. D.** (2003). Wool as A Technical Fiber. *Journal of Textile Institute*, 94(3), 26-40.
- [34] **Mert, E.** (2012). *Yünlü sektöründe yüksek konforlu dış giysilik kumaşların tasarımı için farklı malzeme bileşenleri ile özel kumaş ve giysi sistemlerinin geliştirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [35] **Simpson W.S. & Crosshaw G. H.** (2002). Wool: Science and Technology. *The Textile Institute* (pp. 384). Cambridge, England.

- [36] **Başer, İ.** (1992). Elyaf Bilgisi. *Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, (ss. 173). İstanbul.
- [37] **Dayıoğlu, H. & Karakaş, H.** (2007). Elyaf Bilgisi. *Ajans Plaza*, (ss. 185). İstanbul.
- [38] **Işıқтаş, H.** (2009). *Geri kazanılan yünlerden elde edilen kumaşların ıslak haldeki konfor özellikleri üzerine bir araştırma*. (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [39] **Kaveloğlu, S.** (2010). *Yün-akrilik ve yün-polyamid karışımı oranlarının, iplik mekanik özellikleri, halı iplikği kalite değerleri ve eğirme işlenebilirliği üzerine etkilerinin araştırılması*. (Yüksek lisans tezi). Ömer Halis Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde.
- [40] **Yüce, İ.** (2010). *Poliester/yün iplik karışımlarının boyanması*. (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [41] **Mangut, M. & Karahan, N.** (2008). Tekstil lifleri. *Ekin Yayınevi*, (ss. 309). Bursa.
- [42] **Duran, K., Namlıgöz, E.S. & Özdemir, D.** (2006). Yünün Ağartılmasındaki Güncel Gelişmeler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 262-267.
- [43] **Harmancıoğlu, M.** (1974). Lif Teknolojisi (Yün ve Diğer Deri Ürünü Lifler). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, (ss. 311).
- [44] **Url-1** <<https://www.quora.com/Why-does-wool-conduct-more-static-electricity-than-other-fabrics>>, erişim tarihi 21.08.2024.
- [45] **Horrocks, A. R., Anand, S. C.** (2000). Handbook of Technical Textiles. *The Textile Institute*, (ss. 452). Cambridge, England.
- [46] **Duran, K. & Bahtiyari, M. İ.** (2003). Geotekstiller. *Nonwoven Technology Technical Textiles Magazine*, 3, 36-38.
- [47] **Park, M. J.** (2005). Blending Effect on The Mechanical and Hand Properties of Wool/Acrylic Blend Knits. *The International Journal of Costume Culture*, 8 (1), 23-31.
- [48] **Sülar, V.** (2005). *Kumaş tutumunun ölçülebilir kumaş özelliklerinden tahminlenmesi üzerine bir araştırma*. (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [49] **Candan, C.** (2000). Yünlü Örme Kumaşlarda Boncuklanmaya Tesir Eden Faktörler. *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 37-46.
- [50] **Rejali, M., Hasania, H., Ajeli, S. & Shanbeh, M.** (2014). Optimization and Prediction of The Pilling Performance of Weft Knitted Fabrics Produced from Wool/Acrylic Blended Yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39 (1), 83-88.
- [51] **Reischl, U. & Mijovic, B.** (2021). Assessment of electrostatic potential resulting from friction between fabric samples made of natural and synthetic fibers. *In Textile Bioengineering and Informatics Symposium*

Proceedings 2021: 14th Textile Bioengineering and Informatics Symposium, TBIS 2021, (pp. 340-344).

- [52] **Perumalraj, R.** (2016). Characterization of Electrostatic Discharge Properties of Woven Fabrics. *Journal Textile Science*, 6 (1), 235.
- [53] **Cilveli, G., Okur, A. & Sülar, V.** (2020). Electrostatic Properties of Clothing Fabrics Suitable for Different End-Uses. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 28 (139), 50-57.
- [54] **Zhao, J.** (2003). *Study of the effect of rubbing materials on the tribo-electrification of textile materials.* (Master of science). University of Manitoba, Faculty of Graduate Studies, Department of Clothing and Textiles, Manitoba.
- [55] **Pınar, A. & Michalak, L.** (2006). Influence of Structural Parameters of Wale-Knitted Fabrics on Their Electrostatic Properties. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14 (5), 59.
- [56] **Yıldırım, K. & Usul, S.** (2022). *U.S. Patent No. G01N 25/20, TR 2018 12422, US 11,988,623B2, A Quantitative Analysis Method for Fiber Compositions*, (22.08.2022)
- [57] **Yıldırım, K.** (1995). *Pamuklu RL-single jersey yuvarlak örme kumaşların fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

EKLER

EK A: Karışım oranına bağlı olarak tek kat iplik numunelerinin kopma mukavemeti ve uzama değerleri.

EK B: Karışım oranına bağlı olarak iplik-metal sürtünme katsayısı değerleri.

EK C: Karışım oranına bağlı olarak kompozisyon analizinde açığa çıkan ısı miktarı değerleri.

EK D: Karışım oranına bağlı olarak yumaktaki tuğe değerleri.

EK E: Karışım oranına bağlı olarak farklı devirlerde (7200-14400) gözlenen kumaştaki nope sayısı ve boncuklaşma değerleri.

EK F: Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (yüzey alanı bazlı) ve (hacim bazlı).

EK A

Çizelge A.1 : Karışım oranına bağlı olarak tek kat iplik numunelerinin kopma mukavemeti (cN/tex) ve uzama (%) değerleri.

İplik Kodu Test Sayısı	100RLX		90RLX10YÜN		80RLX20YÜN		70RLX30YÜN		60RLX40YÜN	
	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama
1.	1700	43,6	1380	40,4	1360	41,4	1210	39	1150	39
2.	1840	45	1420	42	1380	41,7	1220	41	1140	38
3.	1780	44	1440	42,4	1440	42,2	1300	42	980	34
4.	1800	44,8	1440	41,6	1400	42	1200	40	1000	34
5.	1840	46	1460	42,8	1320	41,2	1140	38	1000	36
6.	1840	46,4	1500	43	1300	41	1150	38	1100	37
7.	1800	45	1560	43,4	1440	42	1140	37	940	34
8.	1780	44,4	1560	43,6	1460	43	1180	39	1050	37
9.	1820	45	1580	44	1450	42,8	1200	39	1080	36
10.	1800	45,2	1540	43,2	1420	42,4	1190	38,7	1000	35

İplik Kodu Test Sayısı	50RLX50YÜN		40RLX60YÜN		30RLX70YÜN		20RLX80YÜN		10RLX90YÜN		100YÜN	
	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet	Uzama
1.	860	31	860	30	860	34	610	28	520	24,7	480	23
2.	840	31,2	910	30	760	30	600	26	520	25,3	480	23
3.	860	32,2	800	32	860	30	610	27	600	24	480	24
4.	900	33	800	32	860	30	610	28	480	24,2	300	20
5.	860	32,8	810	30	860	32	700	29	610	26	300	22
6.	870	34,4	860	31	790	30	610	29	610	25,8	390	21
7.	920	35	800	32	860	30	610	25	540	25,2	300	21
8.	920	33	910	35	790	29	540	27	480	25,5	300	22
9.	920	34	910	31	790	29	540	27	600	25	300	21
10.	920	34,2	910	32	700	31,2	560	25	540	24,4	390	22

EK B**Çizelge B.1 : Karışım oranına bağlı olarak iplik-metal sürtünme katsayısı (μ) değerleri.**

İplik Kodu/ Test Sayısı	İplik metal sürtünme katsayısı (μ)				
	100RLX	90RLX10YÜN	80RLX20YÜN	70RLX30YÜN	60RLX40YÜN
1	0,27	0,26	0,26	0,25	0,27
2	0,26	0,27	0,26	0,25	0,27
3	0,26	0,27	0,26	0,26	0,27
4	0,26	0,27	0,27	0,26	0,27
5	0,25	0,26	0,27	0,26	0,27
6	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27
7	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27
8	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27
9	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27
10	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27

İplik Kodu/ Test Sayısı	İplik metal sürtünme katsayısı (μ)					
	50RLX50YÜN	40RLX60YÜN	30RLX70YÜN	20RLX80YÜN	10RLX90YÜN	100YÜN
1	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,29
2	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,29
3	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27	0,28
4	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29
5	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28
6	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28
7	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29
8	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28
9	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29
10	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28

EK C

Çizelge C.1 : Karışım oranına bağlı olarak kompozisyon analizinde açığa çıkan ısı miktarı (J/g) değerleri.

İplik Kodu	Dsc Sonuçları	
	Isı Miktarı (J/g)	Sıcaklık (°C)
100RLX	0,376	105,94
90RLX10YÜN	21,9	33,06
80RLX20YÜN	31,61	34,01
70RLX30YÜN	51,21	33,26
60RLX40YÜN	92,1	35,6
50RLX50YÜN	97,02	33,79
40RLX60YÜN	145,6	36,93
30RLX70YÜN	164,2	33,36
20RLX80YÜN	206,1	36,01
10RLX90YÜN	219,5	34,55
100YÜN	250,3	80,68

EK D**Çizelge D.1 : Karışım oranına bağlı olarak yumaktaki tuşe değerleri.**

Numune Kodu / Yumak Numunesi	100RLX					90RLX10YÜN					80RLX20YÜN					70RLX30YÜN					60RLX40YÜN				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
EKSPER. 1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4
E. 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E. 3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4

Numune Kodu / Yumak Numunesi	50RLX50YÜN					40RLX60YÜN					30RLX70YÜN					20RLX80YÜN					10RLX90YÜN					100YÜN				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
EKSPER. 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2					
E. 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2					
E. 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2					

EK E

Çizelge E.1 : Karışım oranına bağlı olarak 7200 devirde gözlenen kumaştaki nope sayısı ve boncuklaşma değerleri.

Devir:7200 Kumaş Kodu	Nope Sayısı			Pilling Sonucu		
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 1	E. 2	E. 3
100RLX	3	4	2	5	5	5
90RLX10YÜN	0	2	1	5	5	5
80RLX20YÜN	4	4	4	5	5	5
70RLX30YÜN	8	10	9	4	4	4
60RLX40YÜN	3	5	4	5	4	5
50RLX50YÜN	2	5	3	5	4	5
40RLX60YÜN	3	6	4	5	4	5
30RLX70YÜN	5	6	4	4	4	5
20RLX80YÜN	1	3	1	5	5	5
10RLX90YÜN	3	4	2	5	5	5
100YÜN	0	4	2	5	5	5

Çizelge E.2 : Karışım oranına bağlı olarak 14400 devirde gözlenen kumaştaki boncuk (nope) sayısı ve boncuklaşma değerleri.

Devir:14400 Kumaş Kodu	Nope Sayısı			Pilling Sonucu		
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 1	E. 2	E. 3
100RLX	6	10	7	4	4	4
90RLX10YÜN	5	8	6	4	4	4
80RLX20YÜN	7	8	7	4	4	4
70RLX30YÜN	10	11	11	4	3	3
60RLX40YÜN	7	10	7	4	4	4
50RLX50YÜN	10	14	11	4	3	3
40RLX60YÜN	9	12	8	4	3	4
30RLX70YÜN	7	12	8	4	3	4
20RLX80YÜN	5	8	4	4	4	5
10RLX90YÜN	6	8	7	4	4	4
100YÜN	5	8	6	4	4	4

EK F

Çizelge F.1 : Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

Kumaş Kodu	100RLX					90RLX10YÜN					
	Ölçüm Sayısı	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune
1.	2,79044	2,66046	2,78873	2,75316	2,7666	1.	2,82875	2,8501	2,80947	2,80252	2,7853
2.	2,78701	2,66731	2,7666	2,77337	2,76323	2.	2,83761	2,84473	2,82347	2,81296	2,78189
3.	2,78873	2,67361	2,76492	2,79733	2,75986	3.	2,84116	2,83406	2,83583	2,80079	2,76999
4.	2,75987	2,67993	2,76692	2,8217	2,76496	4.	2,84295	2,83229	2,84652	2,79979	2,74983
5.	2,75149	2,69907	2,76999	2,81819	2,76491	5.	2,85368	2,84295	2,85728	2,79906	2,72996
6.	2,77337	2,70907	2,77168	2,79906	2,77677	6.	2,85728	2,85908	2,86813	2,79217	2,72503
7.	2,78873	2,70552	2,77507	2,79216	2,78872	7.	2,84295	2,8645	2,86269	2,79561	2,73985
8.	2,79045	2,72176	2,77807	2,80252	2,80472	8.	2,85009	2,85908	2,87176	2,78702	2,74816
9.	2,78188	2,72503	2,77847	2,80425	2,80425	9.	2,85509	2,85369	2,86631	2,77848	2,75484
10.	2,76829	2,72833	2,78701	2,79906	2,7956	10.	2,85548	2,84652	2,86089	2,76328	2,77338
11.	2,75819	2,72831	2,79388	2,7853	2,78017	11.	2,86089	2,83406	2,8483	2,75484	2,79045
12.	2,77168	2,72339	2,78701	2,76829	2,77507	12.	2,85728	2,82171	2,83229	2,75987	2,81296
13.	2,77677	2,72013	2,77501	2,77507	2,77337	13.	2,8645	2,80773	2,81121	2,78531	2,83583
14.	2,78188	2,72173	2,75987	2,78872	2,75986	14.	2,87358	2,78873	2,79561	2,79045	2,85009
15.	2,76999	2,72176	2,7666	2,80078	2,72503	15.	2,87176	2,77508	2,89561	2,80252	2,85728
16.	2,75819	2,72339	2,76492	2,8147	2,72667	16.	2,86813	2,76661	2,80426	2,80079	2,85548
17.	2,74317	2,73325	2,76392	2,80599	2,72831	17.	2,8645	2,75819	2,80773	2,81121	2,8483
18.	2,74816	2,7382	2,76323	2,81121	2,73654	18.	2,86089	2,74983	2,81121	2,8182	2,83583
19.	2,75819	2,73325	2,76155	2,81295	2,72831	19.	2,85728	2,74317	2,79045	2,82523	2,82875
20.	2,76323	2,7316	2,75149	2,8147	2,72667	20.	2,86994	2,75819	2,79389	2,82875	2,8147
21.	2,7666	2,73489	2,76323	2,81295	2,7316	21.	2,8645	2,80079	2,82347	2,77338	2,78873
22.	2,76492	2,7382	2,77337	2,8147	2,74815	22.	2,85908	2,78873	2,80599	2,82875	2,79389
23.	2,7666	2,74151	2,79044	2,80772	2,76155	23.	2,84473	2,80426	2,80079	2,80599	2,79906
24.	2,77507	2,75316	2,79388	2,79388	2,76829	24.	2,8483	2,8182	2,80426	2,79734	2,8147
25.	2,78359	2,76323	2,80079	2,77388	2,7666	25.	2,85728	2,83583	2,80599	2,79217	2,82875
26.	2,77847	2,77337	2,80425	2,77847	2,76323	26.	2,86089	2,85368	2,82171	2,78702	2,8182
27.	2,76829	2,79216	2,81995	2,76323	2,75819	27.	2,86813	2,86994	2,83171	2,7853	2,80773
28.	2,77168	2,80425	2,80599	2,75651	2,76829	28.	2,87358	2,87906	2,83229	2,78018	2,8182
29.	2,74923	2,81645	2,79561	2,75987	2,77847	29.	2,87906	2,88455	2,83761	2,78873	2,82699
30.	2,74982	2,83583	2,78873	2,77168	2,7853	30.	2,87176	2,88088	2,83583	2,78189	2,82347
31.	2,75987	2,83228	2,79044	2,78359	2,77677	31.	2,86813	2,87906	2,83046	2,79906	2,8182
32.	2,74816	2,81995	2,78873	2,79733	2,77167	32.	2,86631	2,8754	2,82875	2,81645	2,80252
33.	2,73326	2,80947	2,78188	2,80252	2,76323	33.		2,86631	2,8182	2,83938	2,78701
34.	2,73325	2,79906	2,78018	2,80079	2,75651	34.		2,84116	2,81121	2,85368	2,7853
35.	2,7316	2,78873	2,77507	2,79079	2,74982	35.		2,8182	2,79561	2,85189	2,78359
36.	2,73654	2,79044	2,77337	2,79561		36.		2,80253	2,80947		2,7853
37.	2,74151	2,79216	2,79388	2,79388		37.		2,80079			2,77847
38.	2,74641	2,79388				38.		2,80599			2,76155
39.		2,79561				39.		2,80947			2,75149
40.		2,80079				40.		2,81947			2,74483
41.						41.		2,81121			2,76829
42.						42.		2,81296			2,81645
43.						43.					

Çizelge F.1 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

80RLX20YÜN					70RLX30YÜN					
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune
1.	2,92362	2,84831	2,86632	2,83584	2,87359	2,91424	2,89933	2,88824	2,8864	2,9274
2.	2,92551	2,85549	2,85732	2,83939	2,88089	2,9105	2,90933	2,88641	2,89747	2,91423
3.	2,92929	2,8519	2,85549	2,85549	2,88823	2,90304	2,90118	2,8809	2,90304	2,90676
4.	2,93629	2,8627	2,8609	2,85189	2,89561	2,89304	2,90304	2,87542	2,90676	2,89562
5.	2,94834	2,87359	2,86451	2,84473	2,89746	2,89562	2,9049	2,88457	2,91049	2,8864
6.	2,95989	2,86814	2,85551	2,83761	2,89561	2,90118	2,91237	2,89933	2,90863	2,88456
7.	2,96183	2,8627	2,8501	2,83584	2,89192	2,90304	2,91611	2,91424	2,90304	2,89377
8.	2,95218	2,86451	2,84296	2,84117	2,88639	2,9049	2,91799	2,91987	2,99562	2,90118
9.	2,94643	2,86632	2,83584	2,84473	2,87723	2,90677	2,91237	2,91611	2,90304	2,89747
10.	2,94069	2,86995	2,82876	2,84833	2,86813	2,9105	2,9049	2,90863	2,91049	2,91236
11.	2,93688	2,8609	2,82172	2,84831	2,86089	2,90863	2,89009	2,9049	2,91424	2,92741
12.	2,92363	2,85909	2,81471	2,8501	2,85369	2,91424	2,88825	2,90676	2,91236	2,93309
13.	2,91049	2,8609	2,82172	2,84295	2,84652	2,91987	2,88457	2,9049	2,91049	2,93499
14.	2,87359	2,87177	2,83762	2,84835	2,84292	2,92364	2,8809	2,90118	2,90863	2,93689
15.	2,88456	2,88273	2,84653	2,84831	2,84295	2,92554	2,87725	2,89748	2,91424	2,93499
16.	2,89008	2,8864	2,85909	2,85729	2,84473	2,92741	2,87542	2,87542	2,91987	2,93119
17.	2,89561	2,89008	2,87177	2,8627	2,84831	2,92552	2,88274	2,86814	2,92741	2,9293
18.	2,89192	2,89192	2,87906	2,85729	2,86451	2,91987	2,89378	2,8736	2,92141	2,93119
19.	2,89747	2,89377	2,88456	2,84831	2,88089	2,91612	2,9049	2,8809	2,92175	2,91798
20.	2,90675	2,89192	2,8864	2,83939	2,88823	2,91237	2,91611	2,88641	2,92552	2,90862
21.	2,9161	2,89562	2,87724	2,83761	2,90117	2,90304	2,92364	2,88825	2,9293	2,91798
22.	2,92551	2,88456	2,87177	2,84117	2,89746	2,89378	2,92552	2,88457	2,92552	2,92363
23.	2,93119	2,8809	2,8627	2,84295	2,89192	2,89193	2,92741	2,87907	2,91987	2,91986
24.	2,92929	2,87907	2,85729	2,84831	2,87906	2,89009	2,9293	2,86907	2,91424	2,91798
25.	2,92363	2,86451	2,83939	2,85369	2,87359	2,87907	2,93499	2,86996	2,90863	2,91611
26.	2,91798	2,85369	2,827	2,85909	2,86451	2,86815	2,93309	2,86633	2,89963	2,9274
27.	2,90862	2,84295	2,82172	2,86089	2,86089	2,86452	2,92364	2,8736	2,89933	2,93688
28.	2,90675	2,83407	2,82348	2,86632	2,86451	2,87907	2,90863	2,8809	2,8809	2,94688
29.	2,91049	2,83007	2,84474	2,87541	2,86995	2,88641	2,90677	2,8699	2,86271	2,94834
30.	2,91423	2,83053	2,85549	2,88456	2,87541	2,89563	2,91237	2,86996	2,86452	2,94643
31.	2,9161	2,83407	2,85909	2,89746	2,88089		2,91799	2,86452	2,86633	2,94451
32.	2,90675	2,83053	2,8627	2,91048	2,88456		2,92364	2,8609	2,86814	2,9566
33.	2,89561	2,82553	2,87359	2,91235	2,88089		2,91987	2,87173	2,86914	2,95603
34.	2,89932	2,82524	2,88456	2,90303	2,87723		2,91237	2,87178	2,86996	2,95796
35.	2,90675	2,82172	2,89377	2,89192	2,87359		2,91987	2,88274	2,87724	2,96959
36.	2,90117	2,83584	2,89561	2,89007	2,86995		2,92741	2,89378	2,88457	2,97153
37.	2,89747	2,8501		2,89192			2,93499	2,89933	2,89193	2,97353
38.	2,89377	2,8531		2,89008			2,9293	2,90303	2,9049	2,97348
39.		2,85369		2,87724			2,92552	2,90304	2,91424	2,97544
40.							2,91799	2,9049	2,92363	2,97739
41.										
42.										
43.										

Çizelge F.1 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

60RLX40YÜN					50RLX50YÜN						
1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune		
1.	3,01103	2,98329	3,01905	2,99709	2,8736	1.	3,06396	3,04953	3,04953	3,00108	2,96573
2.	3,01705	2,97741	3,01904	3,00106	2,86996	2.	3,07644	3,06396	3,06396	3,00307	2,97351
3.	2,97741	2,97156	3,00703	3,00304	2,86814	3.	3,09323	3,07644	3,07644	3,00905	2,97742
4.	2,96379	2,96766	2,99907	2,99709	2,86633	4.	3,10808	3,06396	3,06396	2,99909	2,97156
5.	2,96573	2,9522	2,99116	2,99116	2,86452	5.	3,10595	3,04543	3,04543	2,98527	2,96767
6.	2,96373	2,9483	2,98328	2,99511	2,86814	6.	3,09112	3,01105	3,03118	2,98723	2,96573
7.	2,96379	2,94836	2,95605	2,99116	2,86633	7.	3,08902	3,00506	3,01105	2,9892	2,96767
8.	2,95413	2,94453	2,94262	2,98328	2,86814	8.	3,08691	2,00108	3,00506	2,99513	2,96186
9.	2,95798	2,93881	2,9369	2,96766	2,87725	9.	3,09746	3,00108	2,00108	3,00306	2,95221
10.	2,96379	2,94836	2,9312	2,95028	2,88825	10.	3,07227	3,00307	3,00108	3,00505	2,94072
11.	2,96961	2,94262	2,9331	2,9331	2,89748	11.	3,05364	3,00905	3,00307	3,00705	2,93691
12.	2,97937	2,94071	2,9369	2,92364	2,90863	12.	3,02916	3,01305	3,00905	3,00505	2,93881
13.	2,98131	2,9331	2,9388	2,91612	2,9105	13.	3,01305	3,02108	3,01305	2,9971	2,97156
14.	2,98133	2,94071	2,94453	2,9312	2,92364	14.	3,00506	3,02714	3,02108	2,9833	2,98526
15.	2,97937	2,95605	2,94645	2,935	2,92552	15.	3,01706	3,03931	3,02714	2,96767	2,98723
16.	2,97546	2,96378	2,96185	2,94071	2,92741	16.	3,01305	3,04749	3,03931	2,95606	2,9892
17.	2,97156	2,97156	2,97545	2,95798	2,91987	17.	3,01105	3,0557	3,03931	2,95799	2,98723
18.	2,96376	2,95798	2,98722	2,97155	2,9049	18.	3,02108	3,05776	3,04749	2,96186	2,98526
19.	2,95028	2,96572	2,99314	2,97936	2,89193	19.	3,03118	3,05364	3,0557	2,96573	2,9833
20.	2,9522	2,95991	3,00504	2,98721	2,88091	20.	3,03524	3,04339	3,05776	2,96767	2,99117
21.	2,95413	2,96961	3,01704	2,99511	2,8591	21.	3,03321	3,03931	3,05364	2,97156	2,96767
22.	2,96185	2,96572	3,02509	2,99115	2,85011	22.	3,02916	3,04544	3,04339	2,97351	2,95992
23.	2,96767	2,9735	3,02914	2,99116	2,84475	23.	3,0231	3,03118	3,03931	2,97547	2,96185
24.	2,97351	2,98133	3,01704	2,98525	2,84297	24.	3,0131	2,99513	3,04339	2,9833	2,95413
25.	2,98526	2,97937	2,01704	2,97936	2,85011	25.	3,01706	2,98921	3,04544	2,99711	2,95029
26.	2,99908	2,97741	2,99313	2,9774	2,8573	26.	3,02108	2,98527	3,03118	2,9892	2,94645
27.	2,9971	2,97937	2,97741	2,98328	2,86815	27.	3,01305	2,98735	3,01706	2,96962	2,93691
28.	2,99314	2,97741	2,97155	2,98918	2,87908	28.	2,99711	2,99316	2,99513	2,9638	2,93501
29.	2,98919	2,97937	2,96766	2,99511	2,88641	29.	2,98134	3,00905	2,98921	2,96186	2,93881
30.	2,99314	2,9735	2,95798	2,98328	2,89378	30.	2,97157	3,03308	2,98724	2,95993	2,94263
31.	2,9971	2,96185	2,94836	2,96766	2,91237	31.	2,97939	3,03321	2,98921	2,958	2,94454
32.	3,00106	2,94453	2,94262	2,9522	2,92741	32.	2,99316	3,03931	2,98527	2,95607	2,94837
33.	3,00703	2,94071	2,9388	2,94453	2,92552	33.	3,00705	3,04544	2,98735	2,9638	2,95606
34.	3,00903	2,94645	2,94071	2,94261	2,92364	34.	2,9991	3,04339	2,99316	2,97157	2,96379
35.		2,94836	2,94262	2,9388		35.	2,99711		3,00905	2,98134	2,96962
36.		2,9522	2,95412	2,9312		36.	3,01505		3,03308	2,9833	2,97742
37.		2,95605	2,95605	2,91987		37.	3,04135		3,03321	2,97742	2,99315
38.		2,96185	2,96412	2,91424		38.	3,05776		3,03931	2,97352	
39.			2,96378			39.	3,06396		3,04544		
40.			2,97545			40.			3,04339		
41.						41.					
42.						42.					
43.						43.					

Çizelge F.1 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri(çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

40RLX60YÜN					30RLX70YÜN						
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	
1.	3,13388	3,07855	3,10596	3,02109	3,03119	1.	3,17562	3,11667	3,16012	3,21388	3,15132
2.	3,13822	3,06813	3,09959	3,01707	3,02917	2.	3,17785	3,09327	3,16896	3,22991	3,12956
3.	3,12094	3,05161	3,09536	3,01507	3,02714	3.	3,18678	3,0975	3,16456	3,22302	3,10385
4.	3,10384	3,05366	3,08903	3,01908	3,01908	4.	3,19127	3,09116	3,16454	3,20302	3,07229
5.	3,05985	3,04341	3,08273	3,02311	3,01506	5.	3,18007	3,10812	3,14915	3,20253	3,09115
6.	3,05366	3,03323	3,07645	3,02513	3,02308	6.	3,16897	3,11667	3,14696	3,19126	3,11237
7.	3,07437	3,01307	3,0702	3,0211	3,02311	7.	3,16896	3,12958	3,14916	3,18007	3,15571
8.	3,11023	3,0211	3,05777	3,00906	3,02109	8.	3,1734	3,13174	3,14915	3,16895	3,16011
9.	3,12309	3,03323	3,03525	3,00507	3,02311	9.	3,18231	3,14914	3,15134	3,15795	3,19358
10.	3,11023	3,06813	3,03119	3,0011	3,03111	10.	3,16896	3,14915	3,15353	3,15791	3,19575
11.	3,09748	3,08483	3,03525	3,02311	3,03119	11.	3,16012	3,16675	3,14915	3,14691	3,16673
12.	3,13172	3,1145	3,04545	3,03322	3,03729	12.	3,15572	3,16012	3,13607	3,14695	3,13172
13.	3,16672	3,10384	3,0516	3,04955	3,04545	13.	3,1426	3,14478	3,14042	3,16011	3,09742
14.	3,19574	3,07437	3,0475	3,05366	3,04345	14.	3,12742	3,14048	3,13824	3,17561	3,09749
15.	3,21615	3,05366	3,0516	3,0619	3,0434	15.	3,14478	3,14042	3,13607	3,18901	3,12525
16.	3,23682	3,04137	3,05777	3,07436	3,03728	16.	3,12096	3,15134	3,1339	3,20027	3,15351
17.	3,23451	3,04545	3,06605	3,08273	3,03525	17.	3,11881	3,15353	3,13607	3,20253	3,17338
18.	3,2322	3,0211	3,06398	3,08903	3,05125	18.	3,13174	3,14478	3,14477	3,20933	3,1579
19.	3,1722	2,9794	3,05778	3,08063	3,0619	19.	3,14478	3,12526	3,14914	3,22763	3,13823
20.	3,17559	2,93884	3,05571	3,07436	3,05777	20.	3,15353	3,11239	3,15133	3,22761	3,11665
21.	3,15131	2,93313	3,06605	3,06604	3,0516	21.	3,15572	3,12526	3,15352	3,23452	3,12309
22.	3,17115	2,93694	3,07228	3,05777	3,0434	22.	3,14696	3,16896	3,15133	3,22531	3,14699
23.	3,14912	2,94694	3,07645	3,05571	3,04136	23.	3,13174	3,18454	3,15572	3,20479	3,14694
24.	3,12956	2,94075	3,08693	3,05984	3,03322	24.	3,15134	3,20481	3,16232	3,20027	3,18676
25.	3,11879	2,9484	3,09325	3,05365	3,02512	25.	3,15573	3,22304	3,16896	3,19575	3,22761
26.	3,1081	2,95609	3,10384	3,05777	3,0231	26.	3,14478	3,23453	3,17339	3,16452	3,14258
27.	3,07646	2,94648	3,11236	3,06397	3,02109	27.	3,13391	3,23684	3,17117	3,15571	3,09537
28.	3,04646	2,96964	3,12524	3,08482	3,0231	28.	3,12742	3,21389	3,17339	3,11024	3,10597
29.	3,04546	3,01708	3,13822	3,08692	3,02512	29.	3,12096	3,18007	3,16674	3,09115	3,09115
30.	3,07229	3,03729	3,12739	3,09113	3,02714	30.	3,11882	3,1734	3,16232	3,11665	3,07646
31.	3,11451	3,05778	3,12093	3,09959	3,03119	31.	3,11667	3,16674	3,15792	3,1188	3,08274
32.	3,09451	3,05778	3,10809	3,08903	3,03322	32.	3,10812	3,16012	3,16453	3,13173	3,10172
33.	3,09748	3,07646	3,10171	3,07645	3,04544	33.	3,10599	3,16453	3,17117	3,16894	3,10385
34.	3,08904	3,08904	3,09747		3,05983	34.	3,09328	3,18454	3,16453	3,18677	3,12094
35.	3,10597	3,09904	3,09325		3,04749	35.	3,0975		3,15792	3,17116	3,13389
36.	3,12309	3,09748	3,07645		3,03119	36.	3,09962		3,16453	3,16452	3,15351
37.	3,13309	3,08488			3,02714	37.	3,10812		3,1823	3,14258	3,1579
38.	3,13172	3,08483			3,03932	38.	3,11239		3,19126	3,14695	3,1557
39.	3,13822	3,09537			3,05159	39.	3,11881		3,20934		3,14258
40.	3,14475	3,08483			3,0619	40.					
41.	3,14476	3,09748				41.					
42.	3,11451	3,0996				42.					
43.	3,1081	3,09537				43.					

Çizelge F.1 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri(çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

20RLX80YÜN					10RLX90YÜN						
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	
1.	3,29811	3,2415	3,27901	3,22076	3,13825	1.	3,32477	3,29575	3,34932	3,31502	3,32229
2.	3,30291	3,24847	3,28376	3,20708	3,14825	2.	3,30577	3,29815	3,34685	3,3126	3,32961
3.	3,31015	3,25313	3,28853	3,10708	3,14697	3.	3,28627	3,31019	3,34438	3,31745	3,33451
4.	3,29571	3,2508	3,29092	3,19803	3,15573	4.	3,2862	3,30296	3,34932	3,32745	3,32961
5.	3,29811	3,24847	3,30291	3,18903	3,16233	5.	3,2767	3,29815	3,34685	3,32231	3,33261
6.	3,31984	3,23687	3,31256	3,17786	3,16897	6.	3,26961	3,30055	3,33699	3,33453	3,33206
7.	3,3296	3,22535	3,31498	3,16897	3,16297	7.	3,27433	3,3272	3,33454	3,35179	3,33456
8.	3,32471	3,23225	3,20291	3,17119	3,16233	8.	3,27907	3,33946	3,33945	3,34684	3,33451
9.	3,3296	3,24382	3,27664	3,17341	3,15573	9.	3,2602	3,35677	3,33209	3,34931	3,33696
10.	3,33695	3,25547	3,26955	3,16897	3,14478	10.	3,24852	3,36924	3,3272	3,35924	3,33988
11.	3,34187	3,2508	3,26249	3,17563	3,12958	11.	3,26961	3,39194	3,31989	3,36924	3,32716
12.	3,34681	3,24614	3,25547	3,18232	3,11453	12.	3,28621	3,39448	3,31746	3,36173	3,32961
13.	3,34434	3,26484	3,24847	3,17785	3,11023	13.	3,30296	3,39957	3,32232	3,35924	3,33205
14.	3,32471	3,2672	3,24382	3,16875	3,11026	14.	3,31989	3,39702	3,32475	3,35676	3,34434
15.	3,30291	3,26955	3,24847	3,17118	3,106	15.	3,337	3,38181	3,31503	3,36174	3,34681
16.	3,27902	3,27428	3,26955	3,18008	3,10813	16.	3,3468	3,37175	3,30536	3,37424	3,34188
17.	3,27665	3,27665	3,27901	3,19128	3,11453	17.	3,34686	3,35926	3,30295	3,37425	3,32228
18.	3,27192	3,27428	3,26484	3,20228	3,10813	18.	3,35677	3,34686	3,30054	3,38432	3,31742
19.	3,25313	3,27902	3,27684	3,20255	3,11239	19.	3,38687	3,3272	3,30536	3,39446	3,31257
20.	3,23919	3,28615	3,27664	3,2139	3,11667	20.	3,41751	3,30537	3,31019	3,40466	3,3296
21.	3,22765	3,28139	3,28377	3,20935	3,12958	21.	3,42526	3,29336	3,32475	3,40216	3,31015
22.	3,23918	3,27428	3,29092	3,18455	3,13175	22.	3,44609	3,28144	3,33454	3,40211	3,30051
23.	3,2508	3,27665	3,2981	3,19578	3,12743	23.	3,46983	3,27907	3,34191	3,39701	3,29811
24.	3,24382	3,26015	3,29331	3,17119	3,12312	24.	3,46188	3,29807	3,34932	3,39446	3,31742
25.	3,24614	3,25313	3,27664	3,16013	3,12743	25.	3,44609	3,29815	3,35925	3,39192	3,34188
26.	3,25313	3,2508	3,26719	3,14915	3,14043	26.	3,42526	3,29097	3,36174	3,41235	3,38177
27.	3,2672	3,25547	3,29019	3,13825	3,1426	27.	3,40212	3,30296	3,35676	3,40978	3,3919
28.	3,28139	3,2625	3,29091	3,12743	3,13825	28.	3,39448	3,37433	3,36676	3,41235	3,39444
29.	3,30773	3,2672	3,28853	3,14043	3,13391	29.	3,39703	3,37427	3,36174	3,42266	3,39953
30.	3,31499	3,27192	3,29091	3,15354	3,12959	30.	3,39957	3,38687	3,35428	3,42783	3,39444
31.	3,3296	3,28191	3,2957	3,15793	3,14915	31.	3,39958	3,40468	3,3518	3,43043	3,3642
32.	3,33205	3,28377	3,2987	3,14478	3,16233	32.	3,38435	3,42268	3,34685	3,41235	3,34435
33.		3,30291	3,30531	3,1426	3,17118	33.	3,39194	3,43825	3,33685	3,40466	3,33696
34.		3,30773	3,31256	3,13825	3,15354	34.	3,39958	3,43304	3,33699	3,39955	3,32228
35.		3,31256	3,31983	3,13391	3,15573	35.	3,40724	3,44348	3,33209	3,39446	3,31499
36.		3,31014	3,30531	3,14043	3,16454	36.	3,41237	3,43825	3,32719	3,38939	
37.		3,30532	3,3029	3,13175	3,17341	37.	3,4201	3,39706	3,32475	3,38432	
38.			3,3005	3,12743	3,15135	38.	3,39703	3,39702	3,32232	3,37928	
39.					3,16013	39.	3,3793		3,32719	3,3818	
40.					3,17341	40.	3,36176				
41.					3,19578	41.					
42.					3,19803	42.					
43.					3,20029	43.					

Çizelge F.1 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri(çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ω/□) (yüzey alanı bazlı).

		100YÜN				
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	4. Numune	5. Numune	
1.	3,42272	3,31024	3,33704	3,35431	3,4461	
2.	3,43569	3,31508	3,32968	3,35679	3,44872	
3.	3,44569	3,31994	3,32236	3,36177	3,45135	
4.	3,44352	3,33705	3,31507	3,35679	3,44872	
5.	3,43569	3,3395	3,31265	3,35183	3,4461	
6.	3,43309	3,34443	3,32236	3,3568	3,43826	
7.	3,42272	3,3395	3,32966	3,36427	3,44087	
8.	3,41756	3,33459	3,33704	3,36927	3,43565	
9.	3,38707	3,33709	3,34689	3,38427	3,43045	
10.	3,38691	3,33705	3,36678	3,38437	3,41495	
11.	3,38491	3,3395	3,37933	3,40215	3,41238	
12.	3,38186	3,33705	3,38438	3,39705	3,41495	
13.	3,38438	3,34443	3,38944	3,40983	3,4201	
14.	3,38691	3,3395	3,39451	3,4227	3,41752	
15.	3,38945	3,34938	3,38944	3,43828	3,40469	
16.	3,39965	3,3618	3,38185	3,43047	3,39195	
17.	3,39962	3,37934	3,39961	3,41747	3,38688	
18.	3,37934	3,38186	3,40727	3,41754	3,38435	
19.	3,39962	3,38945	3,38438	3,39451	3,39195	
20.	3,40217	3,39707	3,35681	3,38437	3,38688	
21.	3,38945	3,39962	3,34936	3,39137	3,38183	
22.	3,35681	3,39199	3,34689	3,39196	3,37679	
23.	3,36179	3,38439	3,34442	3,38696	3,37177	
24.	3,36929	3,3693	3,33949	3,3869	3,36676	
25.	3,3593	3,35434	3,35929	3,37429	3,37177	
26.	3,3469	3,34938	3,36928	3,36178	3,37679	
27.	3,37431	3,34444	3,37681	3,3568	3,37931	
28.	3,37682	3,33951	3,37933	3,35928	3,41238	
29.	3,38439	3,33705	3,38185	3,36927	3,42527	
30.	3,38439	3,33951	3,37933	3,37932	3,43046	
31.	3,38186	3,34444	3,38185	3,3768	3,43566	
32.	3,37934	3,34197	3,39197	3,36927	3,44349	
33.	3,37682			3,36178	3,45662	
34.	3,37431			3,35928		
35.				3,34688		
36.				3,33457		
37.				3,34441		
38.				3,35431		
39.				3,35928		
40.				3,36177		
41.						
42.						
43.						

Çizelge F.2: Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ωcm) (hacim bazlı).

	100RLX			90RLX10YÜN			80RLX20YÜN		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune
1	1,1886	1,14709	1,08639	1,04121	1,08225	1,08512	1,03938	1,03509	1,08059
2	1,1902	1,144	1,09229	1,0419	1,0794	1,08368	1,04817	1,05424	1,07844
3	1,1878	1,14555	1,07839	1,03777	1,07163	1,08011	1,06694	1,05985	1,07062
4	1,19262	1,14709	1,08274	1,05239	1,07374	1,08584	1,07621	1,04458	1,0678
5	1,191	1,13331	1,09229	1,05522	1,07727	1,08945	1,06411	1,03644	1,07132
6	1,1878	1,11691	1,08056	1,05239	1,07444	1,09455	1,06482	1,03982	1,08276
7	1,191	1,12879	1,11809	1,04677	1,07656	1,0844	1,06552	1,03108	1,08131
8	1,18381	1,13635	1,13908	1,04607	1,09601	1,07585	1,06623	1,03509	1,05806
9	1,17827	1,1394	1,13225	1,04747	1,09748	1,07869	1,06341	1,03241	1,05394
10	1,20402	1,14555	1,11856	1,05028	1,08584	1,08512	1,06131	1,03108	1,05257
11	1,17985	1,14093	1,07694	1,0323	1,08656	1,07727	1,05921	1,04801	1,05462
12	1,172	1,13787	1,06483	1,0364	1,08225	1,06328	1,05713	1,0487	1,05806
13	1,1635	1,13867	1,05506	1,04052	1,07515	1,06259	1,06061	1,03577	1,0678
14	1,17435	1,13787	1,08493	1,05807	1,07093	1,07515	1,06271	1,03241	1,07487
15	1,1767	1,13635	1,07839	1,06093	1,0794	1,08154	1,08346	1,02909	1,0657
16	1,1878	1,13029	1,07622	1,04468	1,07727	1,06883	1,08419	1,03375	1,065
17	1,18301	1,13559	1,08566	1,04329	1,07093	1,0844	1,08127	1,03175	1,0678
18	1,1886	1,1318	1,09155	1,04538	1,06883	1,09528	1,06341	1,03108	1,06921
19	1,1878	1,13331	1,10051	1,0419	1,07374	1,07585	1,05643	1,05077	1,06991
20	1,20649	1,12804	1,05783	1,02824	1,0619	1,06953	1,06481	1,03308	1,07274
21	1,20156	1,13559	1,05575	1,01823	1,07727	1,06397	1,06341	1,03914	1,07558
22	1,187	1,1394	1,05024	1,01691	1,08154	1,06605	1,06906	1,06126	1,07062
23	1,1902	1,14323	1,08347	1,02022	1,07656	1,07515	1,06765	1,06765	1,07487
24		1,12879	1,07094	1,03914	1,07093	1,07727	1,06131	1,05285	1,06991
25		1,13331	1,06624	1,04607		1,08154	1,05921	1,04458	1,07203
26		1,12505	1,09751	1,0538		1,07444	1,07049	1,04595	
27							1,05774	1,04049	
28							1,04681		
29							1,04818		
30									
31									
32									
33									
34									
35									

Çizelge F.2 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ωcm) (hacim bazlı).

	70RLX30YÜN			60RLX40YÜN			50RLX50YÜN		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune
1	1,07272	1,0742	1,0455	1,06812	1,03456	1,03582	1,00128	9,67311	9,43039
2	1,07827	1,06671	1,05866	1,04629	1,03519	1,03079	1,00813	9,59747	9,2647
3	1,06928	1,06807	1,06401	1,03636	1,00695	1,03016	9,98204	9,60324	9,41355
4	1,07065	1,07695	1,06739	1,01016	1,0834	1,04538	1,00128	9,62062	9,47558
5	1,07549	1,08389	1,0701	1,00212	1,07585	1,0333	9,92104	9,74399	9,49833
6	1,07897	1,09021	1,06671	1,02662	1,06908	1,04926	9,98818	9,80988	9,54994
7	1,06382	1,08319	1,06469	1,03571	1,06505	1,05251	9,94536	9,78581	9,50405
8	1,07272	1,09233	1,06334	1,01959	1,03708	1,04796	9,87879	9,77382	9,48126
9	1,08247	1,09518	1,06807	1,00705	1,0409	1,02705	9,84286	9,61481	9,44728
10	1,07757	1,09092	1,05866	1,01517	1,04926	1,0333	9,88481	9,51732	9,49263
11	1,06996	1,09021	1,05534	1,0344	1,04538	1,03519	9,86079	9,50598	9,53842
12	1,07549	1,0742	1,06469	1,0423	1,06305	1,10024	9,84883	9,56295	9,50975
13	1,07479	1,07833	1,06874	1,00891	1,01782	1,05251	1,005	9,7321	9,56726
14	1,08528	1,08319	1,07489	1,01579	1,01417	1,03962	1,01252	9,6731	9,57885
15	1,09025	1,07764	1,05932	1,02791	1,03519	1,0221	1,0019	9,62642	9,53267
16	1,08176	1,07558	1,06807	1,01579	1,06438	1,03519	9,94536	9,66139	9,54417
17	1,07757	1,07283	1,07764	1,00335	1,12279	1,03079	9,9029	9,72025	9,59628
18	1,07272	1,0895	1,06874	1,00212	1,05907	1,01904	9,93927	9,62641	9,56726
19	1,07966	1,09233	1,06942	1,02341	1,03204	1,06505	9,98819	9,59169	9,5212
20	1,07618	1,0888	1,07078	1,02726	1,03141	1,03962	1,01063	9,55722	9,46424
21	1,07134	1,08041	1,06401		1,02705	1,04538	1,0075	9,54008	9,45858
22	1,0645	1,06739	1,05402		1,05056	1,03016	9,90894	9,60902	9,44728
23	1,06654	1,06133	1,05504		1,04796	1,05316	9,85481	9,6497	9,41916
24	1,06723	1,06739	1,0742		1,07245	1,07584	9,89082	9,73804	9,40237
25	1,07341	1,0825			1,09316	1,07177	9,89685	9,66724	9,41916
26		1,0888					9,98818	9,50032	9,40796
27		1,09518					9,93319	9,56868	9,41916
28							9,92712	9,62061	9,41355
29							9,915		9,35787
30							1,00005		9,41916
31							9,96367		9,44728
32							9,95145		9,40796
33									9,40795
34									
35									

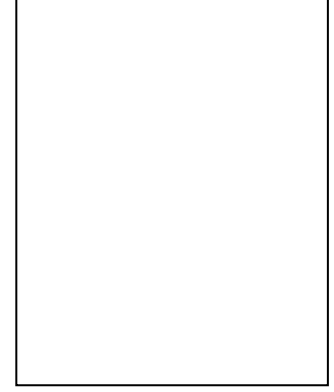
Çizelge F.2 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ωcm) (hacim bazlı).

	40RLX60YÜN			30RLX70YÜN			20RLX80YÜN		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune
1	9,37747	9,62778	9,4257	8,99387	9,19374	9,60278	9,03192	9,11242	8,75063
2	9,43291	9,52787	9,30684	8,97882	9,27928	9,50969	8,94524	9,13784	8,8096
3	9,42177	9,59982	9,33896	8,97381	9,25238	9,47726	8,90985	9,15827	8,83939
4	9,37747	9,56648	9,42023	9,02918	9,13061	9,44506	8,85484	9,13274	8,81455
5	9,36003	9,53887	9,30684	9,03933	9,09418	9,41839	8,88483	9,057	8,81951
6	9,38851	9,57202	9,39842	8,96881	9,0273	9,3445	8,92493	9,13784	8,72144
7	9,39957	9,61099	9,3659	9,01403	9,03753	9,40776	9,03708	9,20977	8,64931
8	9,32269	9,54438	9,3551	9,03933	9,09937	9,46113	8,90483	9,19942	8,66364
9	9,26853	9,58868	9,40931	9,05458	9,03753	9,58071	8,91487	9,1891	8,69726
10	9,23634	9,63901	9,33895	9,08525	9,0171	9,63607	8,89982	9,03702	8,79972
11	9,28471	9,70601	9,30684	9,09038	9,03241	9,66399	8,84509	9,02208	8,81455
12	9,30095	9,70695	9,43666	9,06478	9,08383	9,66959	8,83521	8,99237	8,7702
13	9,35	9,65027	9,34972	9,06989	9,089	9,72032	8,84509	9,06703	8,69244
14	9,40511	9,55541		9,05458	9,09937	9,6752	8,95524	9,14805	8,68282
15	9,38299	9,50048		8,99386	9,33902	9,61385	8,90985	9,10736	8,7604
16	9,39957	9,56094		9,03425	9,29009	9,58071	8,89482	9,27758	8,7653
17	9,27392	9,62778		9,12645	9,14107	9,59725	8,91989	9,34106	8,74575
18	9,22033	9,5499		9,22056	9,00184	9,56972	8,93501	9,29336	8,75063
19	9,20969	9,55542		9,1472	8,97147	9,6194	8,74728	9,23052	8,61175
20	9,30638	9,54438		9,13682	8,99169	9,60831	8,71836	9,10736	8,62079
21	9,30637	9,52787		9,26302	9,03752	9,62495	8,82535	9,13784	8,63053
22	9,26853	9,48958		9,27904	9,09937	9,5478	8,91487	9,12766	8,65884
23	9,37196	9,4139		9,13682	9,12017	9,58622	8,98576	9,29425	8,70691
24	9,31724			9,12129	9,06319	9,62495	9,01135	9,24094	8,65886
25	9,32814			9,15761		9,64164	8,99597	9,19942	8,73115
26	9,29012			9,21529		9,56327			8,74575
27	9,30095			9,31664		9,62495			8,78002
28	9,21501			9,30049		9,61939			8,78493
29	9,39957			9,25237					
30	9,42734			9,25236					
31	9,44408								
32	9,35								
33	9,30637								
34	9,34452								
35	9,38851								

Çizelge F.2 (devam): Karışım oranına bağlı olarak kumaşın statik elektriklenme direnç değerleri (çizelgedeki değer x 10¹⁰ Ωcm) (hacim bazlı).

	10RLX90YÜN			100YÜN		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune	2. Numune	3. Numune
1	8,80317	9,22049	9,01706	8,79101	8,47638	8,49934
2	8,75488	9,18494	8,78862	8,74727	8,48555	8,54564
3	8,78379	9,21507	8,7693	8,71354	8,46266	8,58774
4	8,75968	9,31317	8,80802	8,68008	8,41725	8,59715
5	8,7071	9,29241	8,78862	8,76665	8,66842	8,3768
6	8,74049	9,27759	8,76449	8,72315	8,59716	8,60658
7	8,71186	9,30797	8,75968	8,7618	8,52243	8,54098
8	8,72138	9,29759	8,65515	8,77151	8,47638	8,57366
9	8,75487	9,19507	8,69287	8,68484	8,55963	8,47638
10	8,74007	9,07498	8,68813	8,73278	8,58774	8,5503
11	8,75487	9,14967	8,69287	8,67532	8,65407	8,62078
12	8,80317	9,13463	8,84709	8,68484	8,59245	8,78492
13	8,82752	9,10471	8,88156	8,57191	8,54564	8,58304
14	8,83241	9,12963	8,82753	8,53492	8,6493	8,60187
15	8,86676	9,19	8,69287	8,47094	8,69363	8,65407
16	8,89146	9,25631	8,5853	8,56263	8,59716	8,60659
17	8,80803	9,15972	8,63174	8,65633	8,63026	8,56898
18	8,76931	9,10968	8,79831	8,60923	8,59716	8,54098
19	8,81777	9,09478	8,75487	8,65633	8,54099	8,49934
20	8,75488	9,14966	8,7071	8,66581	8,39473	8,55496
21	8,71662	9,10471	8,64109	8,6516	8,43082	8,56898
22	8,7071	9,03565	8,8324	8,72315	8,52706	8,62552
23	8,81777	9,02587	8,84709	8,7376	8,55496	8,60659
24	8,86676	9,07498	8,72614	8,68007	8,49934	8,65407
25	8,87663	9,07992	8,75968	8,53952	8,43082	8,58774
26	8,88157	9,13463	8,72137	8,50281	8,43989	
27		9,2103	8,62774	8,51654	8,3456	
28		9,18494		8,558	8,37233	
29		9,19507			8,57366	
30		9,29759			8,57496	
31		9,12963				
32						
33						
34						
35						

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ferhan GEBEŞ
Doğum Tarihi ve Yeri :
E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2009, Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Ormo Yün İplik San. Tic. A. Ş. – Ar-Ge Müdürü (2009- devam ediyor).

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Gebeş, F. (2024). Akriklik yün karışımlarında yün oranının iplik özelliği üzerine etkisi. Bursa Teknik Üniversitesi Seminer Dersi Sunumu.

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Gebeş, F. & Yıldırım, K. (2023). Machine modification to solve color contamination problem in yarn printing machines. *International Izmir Textile and Apparel Symposium Sunumu (16th IITAS)*, (pp. 149-151). İzmir, Ekim 25-27.

Gebeş, F. & Sevilen, İ. (2023). El örgüsü ile battaniye üretimine uygun örgü ipliği üretimine yönelik yeni üretim tekniği geliştirilmesi. *International Fiber and Polymer Research Symposium Sunumu (13rd ULPAS)*, (pp. Ulpas 1031). Bolu, Kasım 3-4.

Gebeş, F. & Yıldırım, K. (2024). The importance of cooperation between university education and economy, informed about textile machines, inovation and management. *Serbia Leskovac University Symposium Sunumu*, Sırbistan, Ocak 19.

Yıldırım, K., Öcalgiray, G., Gebeş, F., Ünen, T. & Keleş, M. (2024). Tekstil Kalite Kontrol Test ve Analizleri (Lif & İplik). (ss. 167). Palme Yayınevi.

- Gebeş, F.** (2024). El Örgüsü ile Battaniye Üretimine Uygun Örgü İpliği Üretimine Yönelik Yeni Üretim Tekniği Geliştirilmesi. *Journal Innovative Engineering and Natural Science (JIENS)*, 4 (2), 372-379.
- Gebeş, F.** (2024). The Earth Day - Precautions taken by Ormo Yün İplik San. Tic. A.Ş. & Lebanteks to leave a sustainable world for the future generations. *The Earth Day Presentation*, Sırbistan, Nisan 22.
- Djordjevic S., Gebeş, F., Kodric, M. & Djordjevic, D.** (2024). New size based on modified maize starch and its application for the yarn sizing. *International Fiber and Polymer Research Symposium Sunumu (14th ULPAS)*, Bursa, Mayıs 24-25.
- Gebeş, F.** (2024). Machine Modification to Solve Color Contamination Problem in Yarn Printing Machines. *Tekstil Teknoloji Dergisi*, 331, 118-121.

