



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Danışman
Prof. Dr. Aylin YALÇIN SARİBEY

FARKLI LİF TÜRLERİNİN İNSAN SAÇINA TRANSFERİNİN ADLİ TEKSTİL
KAPSAMINDA İNCELENMESİ

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Öykü TUNCAY

İSTANBUL, 2024

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Danışman
Prof. Dr. Aylın YALÇIN SARİBEY

FARKLI LİF TÜRLERİNİN İNSAN SAÇINA TRANSFERİNİN ADLİ TEKSTİL
KAPSAMINDA İNCELENMESİ

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Öykü TUNCAY

İSTANBUL, 2024

Yemin Metni

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Lif Türlerinin İnsan Saçına Transferinin Adli Tekstil Kapsamında İncelenmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını, intihal yapmadığımı ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Ayşe Öykü TUNCAY

İmza

Önsöz

Adli Bilimler lisans eğitimimin ikinci sınıfında adli tekstil alanında uzmanlaşmak istediğimi anlayıp bu yolda ilerleme kararı aldım. Rahmetli dedem İsmail Hakkı Tuncay'la başladığımız bu yoldailmekilmek ördüğüm her çalışma ve başarıda onun anısını yaşatmaktan gurur duyuyorum.

Lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca tüm derslerini hayranlıkla dinlediğim ve çalışmalarına olanak sağlayan çok kıymetli hocam, Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Sevil ATASOY'a;

Desteğini tanıştığımız günden beri hissettiğim, her süreçte benimle birlikte olan ve çalışmalarımızı birlikte yürütmekten çok keyif aldığım kıymetli danışmanım Sayın Prof. Dr. Aylin YALÇIN SARİBEY'e;

2210-Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında sağladıkları değerli destek için TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB)'na;

Çalışmamda bana yardımcı olan yol arkadaşlarım ve meslektaşlarım Alper AĞARTANCAN, Başak ACAR ve Ayşenur BÜYÜKKAYMAZ'a;

Başta Serkan BÜKÜMCÜ olmak üzere numune temin ettiğim tüm firma yetkililerine;

Desteği için Kemal KURAL'a;

Bana fikir vererek “fitili ateşlemiş”, kendine özgün düşünce biçimleri ve fikirleri ile bana ilham olan kıymetli dedeme;

Benim için her şeyi yapmaya hazır, her daim yanımda olan ve bu dünyadaki en büyük şansım olarak saydığım canım anneme, babama ve küçük kardeşime;

Sonsuz teşekkür ederim.

Ayşe Öykü TUNCAY

İçindekiler

| | |
|---|------|
| Yemin Metni | I |
| Önsöz..... | II |
| İçindekiler..... | III |
| Tablo Dizini..... | VII |
| Şekil Dizini..... | IX |
| Kısaltmalar | XII |
| Özet | XIII |
| Abstract | XIV |
| 1. Giriş ve Amaç..... | 1 |
| 2. Genel Bilgiler | 2 |
| 2.1. Adli Tekstil..... | 2 |
| 2.1.1. Bireysel Tekstil Ürünleri..... | 2 |
| 2.1.2. Tekstil Hasarları | 4 |
| 2.1.3. Ateşsiz Silah Hasarları | 5 |
| 2.1.4. Ateşli Silah Hasarları | 6 |
| 2.1.5. Kumaşlardaki Kan Model Analizi..... | 7 |
| 2.1.6. Adli Tekstil: Olay Türleri..... | 8 |
| 2.2. Tekstil Lifleri..... | 11 |
| 2.3. Tekstil Liflerinin Genel Özellikleri..... | 13 |
| 2.3.1. Tekstil Liflerinin Fiziksel Özellikleri..... | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.3.2. Tekstil Liflerinin Mekanik Özellikleri | 16 |
| 2.3.3. Tekstil Liflerinin Kimyasal Özellikleri | 16 |
| 2.4. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması..... | 17 |
| 2.4.1. Doğal Lifler | 18 |
| 2.4.1.1. Pamuk lifi ve genel özellikleri | 21 |
| 2.4.1.2. Ketten lifi ve genel özellikleri | 24 |
| 2.4.1.3. Yün lifi ve genel özellikleri..... | 25 |
| 2.4.1.4. İpek lifi ve genel özellikler..... | 27 |
| 2.4.2. Yapay Lifler | 28 |
| 2.4.2.1. Viskoz lifi ve genel özellikleri | 31 |
| 2.4.2.2. Naylon lifi ve genel özellikleri..... | 32 |
| 2.4.2.3. Polyester lifi ve genel özellikleri..... | 33 |
| 2.4.2.4. Akrilik lifi ve genel özellikleri | 34 |
| 2.4.2.5. Polipropilen lifi ve genel özellikleri..... | 34 |
| 2.4.3. Tekstil Liflerine Genel Bakış | 35 |
| 2.5. Lif Transferi ve Kalıcılığı | 38 |
| 2.5.1. Lif Transferi | 38 |
| 2.5.2. Lif Kalıcılığı..... | 40 |
| 2.6. Lif Bulgularının Olay Yerinden Toplanması | 41 |
| 2.7. Adli Lif İncelemeleri..... | 44 |
| 2.7.1. Mikroskopi | 44 |
| 2.7.2. Enstrümantal Analiz..... | 46 |
| 2.7.3. Otomatik Lif Sistemleri..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 2.7.4. Kimyasal Testler | 48 |
| 2.8. Lif Delilinin Adli Olarak Yorumlanması | 48 |
| 2.9. Video Spectral Comparator 8000 (VSC8000)..... | 50 |
| 3. Gereç ve Yöntem..... | 51 |
| 3.1. Gereç | 51 |
| 3.1.1. İpler | 51 |
| 3.1.2. Şapkalar | 54 |
| 3.2. Yöntem | 58 |
| 3.2.1. Kontrol Grubu | 59 |
| 3.2.2. Deney Grubu | 60 |
| 3.2.3. Lif Sayımı..... | 62 |
| 3.2.4. İstatistik Testlerinin Uygulanması | 63 |
| 3.2.5. Liflerin Yüzey Şekillerinin Görüntülenmesi..... | 63 |
| 4. Bulgular..... | 64 |
| 4.1. VSC8000’de Lif Sayımı..... | 64 |
| 4.2. Lif Türüne Göre Bulgular | 65 |
| 4.2.1. Pamuk Lifi..... | 65 |
| 4.2.2. Keten Lifi | 66 |
| 4.2.3. Yün Lifi | 68 |
| 4.2.4. İpek Lifi..... | 69 |
| 4.2.5. Viskoz Lifi..... | 70 |

| | |
|---|----|
| 4.2.6. Naylon Lifi | 72 |
| 4.2.7. Polyester Lifi | 73 |
| 4.2.8. Akrilik Lifi | 75 |
| 4.2.9. Polipropilen Lifi | 76 |
| 4.3. Saç Şekline Göre Bulgular | 78 |
| 4.4. İstatistik Testleri | 79 |
| 5. Tartışma..... | 80 |
| 5.1. Adli Tekstil Kapsamında Liflerin İnsan Saçına Transferi..... | 80 |
| 5.2. Nakil Bandı ile Lif Kaldırma..... | 89 |
| 5.3. VSC8000'in Lif Çalışmalarında Kullanılması..... | 89 |
| 6. Sonuç..... | 90 |
| Kaynaklar | 92 |
| Özgeçmiş..... | 97 |

Tablo Dizini

| | |
|---|----|
| Tablo I. Pamuk lifinin özellikleri (5)..... | 23 |
| Tablo II. Keten lifinin özellikleri (5)..... | 24 |
| Tablo III. Yün lifinin özellikleri (5)..... | 26 |
| Tablo IV. İpek lifinin özellikleri (5)..... | 27 |
| Tablo V. Viskoz lifinin özellikleri (5) | 31 |
| Tablo VI. Naylon lifinin özellikleri (5) | 32 |
| Tablo VII. Polyester lifinin özellikleri (5) | 33 |
| Tablo VIII. Akrilik lifinin özellikleri (5) | 34 |
| Tablo IX. Polipropilen lifinin özellikleri (5,24) | 35 |
| Tablo X. Bazı önemli tekstil liflerinin kısaltmaları, yüzey şekli ve enine kesit görüntüleri (4,5,36,37,38) | 36 |
| Tablo XI. Çalışmada kullanılan ipliklerin ve onlardan elde edilen örgü iplerinin ortalama kalınlığı..... | 53 |
| Tablo XII. Çalışmada kullanılan şapkalar ile şapkaların ip ve iplikleri..... | 55 |
| Tablo XIII. Kontrol grubu saç tipleri..... | 60 |
| Tablo XIV. Deney grubu saçları | 61 |
| Tablo XV. Deney grubunun saç tipleri..... | 62 |
| Tablo XVI. Pamuk lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 65 |
| Tablo XVII. Pamuk lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 66 |
| Tablo XVIII. Keten lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 67 |
| Tablo XIX. Keten lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 67 |
| Tablo XX. Yün lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 68 |
| Tablo XXI. Yün lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı | 68 |
| Tablo XXII. İpek lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Tablo XXIII İpek lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı | 70 |
| Tablo XXIV. Viskoz lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 71 |
| Tablo XXV. Viskoz lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 71 |
| Tablo XXVI. Naylon lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 73 |
| Tablo XXVII. Naylon lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı | 73 |
| Tablo XXVIII. Polyester lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 74 |
| Tablo XXIX. Polyester lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 74 |
| Tablo XXX. Akrilik lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 76 |
| Tablo XXXI. Akrilik lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 76 |
| Tablo XXXII. Polipropilen lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı | 77 |
| Tablo XXXIII. Polipropilen lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı..... | 77 |
| Tablo XXXIV. Deney grubu kullanıcıların saçlarında bulunan liflerin sıralaması (1 en yüksek, 9 en az)..... | 79 |
| Tablo XXXV. Literatürde liflerin saçtaki transferi hakkında yapılan çalışmalar | 80 |
| Tablo XXXVI. Kontrol grubu ile deney grubundaki lif miktarları | 82 |

Şekil Dizini

| | |
|---|----|
| Şekil 1: Tekstil hiyerarşisi (6)..... | 3 |
| Şekil 2: a) Dokuma kumaş, b) örme kumaş, c) dokusuz yüzey kumaş (7)..... | 4 |
| Şekil 3: Sırasıyla (a) eskimiş kumaş parçası, (b) toprakta bekletilmiş kumaş parçası, (c) yanmış kumaş parçası, (d) çamaşır suyuna maruz kalmış kumaş parçası (8)..... | 5 |
| Şekil 4: Farklı içerikteki kumaşların aynı bıçak türü ile dik açılı darbelerle aldığı hasarlar (11)..... | 6 |
| Şekil 5: Farklı içerikli kumaşlarda, lif türünden kaynaklanan farklı hasarlar. Sırasıyla A) %100 sentetik malzeme, B) %100 pamuk (15)..... | 7 |
| Şekil 6: Ateşli silah vakasında adli tekstil delili (6)..... | 8 |
| Şekil 7: Cinayet vakasında adli tekstil delilleri (6)..... | 9 |
| Şekil 8: Cinsel saldırı vakasında adli tekstil delilleri (6)..... | 10 |
| Şekil 9: İntihar vakasında adli tekstil delilleri (6)..... | 10 |
| Şekil 10: Fibrilleri oluşturan moleküllerin küçükten büyüğe sıralanması (5)..... | 12 |
| Şekil 11: Kristalin ve amorf bölge (25)..... | 13 |
| Şekil 12: Çeşitli liflerin yüzey yapıları (26)..... | 14 |
| Şekil 13: Liflerin enine kesit görüntüleri (27)..... | 15 |
| Şekil 14: Tekstil liflerinin sınıflandırılması (5,24)..... | 18 |
| Şekil 15: Doğal liflerin sınıflandırılması (5)..... | 19 |
| Şekil 16: Selüloz polimerinin kimyasal yapısı (29)..... | 19 |
| Şekil 17: Bir amino asidin molekül yapısı (30)..... | 20 |
| Şekil 18: Yün lifinin kesiti (31)..... | 26 |
| Şekil 19: Yapay liflerin sınıflandırılması (5,24)..... | 29 |
| Şekil 20: Farklı düze başlıkları (34)..... | 29 |
| Şekil 21: Lif transfer diyagramı (6)..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Şekil 22: Giysilerdeki liflerin kalıcılığı (35)..... | 41 |
| Şekil 23: (a) Lamın üzerine yapıştırılan bant, (b) asetat üzerine yapıştırılan bant (38)..... | 42 |
| Şekil 24: Tarama metodunda kullanılan tarak (44). | 43 |
| Şekil 25: Çalışma için temin edilen ip ve iplikler..... | 51 |
| Şekil 26: Referans yün örgü ipi ile çalışmada kullanılan diğer iplerin kalınlıklarının karşılaştırılması. | 52 |
| Şekil 27: Katlı ipliklerin oluşturulma aşamaları. | 54 |
| Şekil 28: Sentro 40 İlmek Örgü Makinesi. | 54 |
| Şekil 29: Nakil bantları ile saçtan liflerin toplanılması. | 59 |
| Şekil 30: Her bir şapkanın kullanıcılara göre ayrılmış sayfası. | 62 |
| Şekil 31: VSC8000. | 63 |
| Şekil 32: 16x büyütmede görünür ışık (a) ile 365 nm morötesi ışık (b) altında görüntülenen lifler. | 64 |
| Şekil 33: Pamuk lifinin mikroskop görüntüleri. | 65 |
| Şekil 34: Ketten lifinin mikroskop görüntüleri..... | 66 |
| Şekil 35: Yün lifinin mikroskop görüntüleri..... | 68 |
| Şekil 36: İpek lifinin mikroskop görüntüleri. | 69 |
| Şekil 37: Viskoz lifinin mikroskop görüntüleri. | 71 |
| Şekil 38: Naylon lifinin mikroskop görüntüleri..... | 72 |
| Şekil 39: Polyester lifinin mikroskop görüntüleri..... | 74 |
| Şekil 40: Akrilik lifinin mikroskop görüntüleri..... | 75 |
| Şekil 41: Polipropilen lifinin mikroskop görüntüleri..... | 77 |
| Şekil 42: Kontrol grubu ile deney grubundaki saç tiplerine transfer olan lif miktarlarının dağılımı..... | 83 |
| Şekil 43: Liflerin kontrol grubu ile deney grubundaki saç tiplerine göre transferi. | 83 |

| | |
|--|----|
| Şekil 44: Deney grubundaki kıvrıkcık saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı..... | 85 |
| Şekil 45: Deney grubundaki düz saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı..... | 86 |
| Şekil 46: Deney grubuna transfer olan lifler..... | 86 |
| Şekil 47: Deney grubundaki dalgalı saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı..... | 87 |



Kısaltmalar

cm: Santimetre

cN/Tex: Santinewton/Tex

FTIR: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi

g/cm³: Gram/Santimetre Küp

İTK: İnce Tabaka Kromatografisi

KMA: Kan Model Analizi

mm: Milimetre

MSP: Mikrospektrofotometri

nm: Nanometre

UV: Morötesi

VSC: Video Spectral Comparator

(TUNCAY, Ayşe Öykü, Yüksek Lisans, İstanbul, 2024)

Farklı Lif Türlerinin İnsan Saçına Transferinin Adli Tekstil Kapsamında İncelenmesi

Özet

Adli tekstil biliminin en yerleşik çalışma alanı, tekstil ürünlerinin en küçük yapı birimi olan liflerin analizleridir. Suçlular suç esnasında şapka, kar maskesi gibi birçok tekstil ürünü kullanarak kamera kayıtları ve görgü şahitlerine yakalanmaktan kaçınmaya çalışmaktadırlar. Bu tür tekstil ürünlerinin saçta temas etmesiyle çapraz transfer sonucunda saçlarda lifler tespit edilmektedir. Bu çalışma kapsamında dokuz adet farklı lif türünde (pamuk, keten, yün, ipek, viskoz, naylon, polyester, akrilik, polipropilen) şapkalar tasarlanarak ip kalınlığı, ilmek sayısı ve örgü türü aynı olan şapkalar örülmüştür. Kontrol ve deney grubu olmak üzere; kısa/uzun ve kıvrıkcık/düz/dalgalı saç tipinde toplam dokuz saç tipi ile çalışılmıştır. Kullanıcılar şapkaları 1 saat taktıktan sonra, saçlardan lifler iki adet nakil bandı kullanılarak toplanmıştır. Lif örnekleri Video Spectral Comparator (VSC8000)'da 16x büyütme ile 365 nm dalga boyunda görüntülenerek lif sayımı gerçekleştirilmiştir. Farklı türdeki tekstil liflerinin saçta transferinin saç şekli ve uzunluğuna bağlı olarak değişimi analiz edilmiştir. Sonuç olarak dokuz adet lif türünün tamamının, tüm kullanıcıların saçına transfer olduğu saptanmıştır. Saçtaki lif transferinin, saç tipi ve saç uzunluğunun yanı sıra tekstil liflerinin karakteristik özelliklerine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda morfolojik yüzey şekilleri ile statik elektriklenme özelliklerinin, liflerin saçtaki transferini etkileyen önemli faktörler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca VSC8000 cihazının, adli tekstil kapsamındaki lif analizlerinde kullanılabilir nitelikte olduğu değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan bulguların, adli vakalarda saçlardan lif toplanmasına yönelik uygulamalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Adli Bilimler, Adli Tekstil, Lif, Transfer, VSC.

(TUNCAY, Ayşe Öykü, Master's Degree, İstanbul, 2024)

Transfer of Different Fiber Types to Human Head Hair within the Scope of Forensic Textile

Abstract

The most established field of study in forensic textile science is the analysis of fibers, which are the smallest structural unit of textile products. Criminals try to avoid facial recognition and eyewitnesses by using various textile products such as hats and ski masks during the crime. When such textile products come into contact with the hair, fibers are detected in the hair as a result of cross transfer. Within the scope of this study, hats containing nine different fiber types (cotton, linen, wool, silk, viscose, nylon, polyester, acrylic, polypropylene) were designed and hats with the same yarn thickness, number of stitches and knitting type were knitted. Including control and experimental groups; A total of nine hair types were studied: short/long and curly/straight/wavy hair types. After the individuals wore the hats for 1 hour, the fibers were collected from the hair using two adhesive tapes. Fiber counting was performed on fiber samples imaged at 16x magnification at a wavelength of 365 nm using a Video Spectral Comparator (VSC8000). The transfer of different types of textile fibers in the hair was analyzed depending on the hair type and length. As a result, it was observed that all nine fiber types were transferred to the hair of all individuals. It has been determined that fiber transfer in hair depends on the characteristic properties of the textile fibers as well as the hair type and hair length. In this context, surface morphology and static electricity properties were found to be important factors affecting the transfer of fibers to hair. In addition, it has been evaluated that the VSC8000 can be used in fiber analyses within the scope of forensic textile. It is thought that the findings will guide practices for collecting fibers from hair in forensic cases.

Keywords: Forensic Science, Forensic Textile, Fiber, Transfer, VSC.

1. Giriş ve Amaç

Adli bilimlerin alt dallarından biri olan adli tekstil uygulama alanı, olay yerinden bulgu olarak elde edilen bireysel tekstil ürünleri haricinde, tekstil ürünleri üzerindeki hasarları ve bu ürünlerde bulunan kanın analizini de içermektedir. Adli tekstilin temel taşı lif analizleri olup, bu alandaki en köklü unsur lif transferidir. Lifler tekstil hiyerarşisinin en küçük yapı birimidir; liflerden iplikler, ipliklerden ise kumaşlar oluşmaktadır. Lifler, transfer mekanizmalarından dolayı olay yerinde sıklıkla rastlanılan bulgular arasındadır.

Faillerin suçu işlediği esnada yüzlerinin gözükmemesi ve kimliklerinin gizlenmesi amacıyla çeşitli tekstil ürünleri ile yüz ve baş bölgelerini örtme eğiliminde oldukları sıkça görülmektedir. Bu bağlamda yüz maskeleri, şapkalar, kapüşonlar, atkılar, fularlar gibi aksesuarların yanı sıra çorap gibi ürünlerin de tercih edildiği bilinmektedir. Bu tarz tekstil ürünlerinin kullanımı sonucunda lif ve saç arasında çapraz transfer gerçekleşir ve lifler insan saçına transfer olurlar. Kimliğini gizlemiş şüphelilerin saçlarından lif örnekleri toplanılarak bu tekstil ürünlerinin varlığı kanıtlanabilir. Bu bağlamda delilden suçluya gidilerek failerin tespit edilmesi sağlanılabilir.

Bu çalışmadaki amaç doğal ve yapay lif sınıflarından farklı lif türlerinin insan saçına transferinin adli tekstil kapsamında değerlendirilmesidir. Tekstil hiyerarşisindeki değişkenlerin azaltılması için farklı içerikli şapkalar örülerek, bu şapkaların kısa/uzun ve kıvrıkcık/düz/dalgalı saçlara transfer ettiği lifler Video Spectral Comparator (VSC) 8000 kullanılarak görüntülenmiş ve sayılmıştır. Liflerin fiziksel ve morfolojik özelliklerine bağlı olarak insan saçına transfer olup olmadığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylelikle lif delilinin önemine değinilerek adli tekstil başlığı altında yapılan çalışmalara katkı sağlanacaktır.

2. Genel Bilgiler

2.1. Adli Tekstil

Adli bilimler, adli vakaların araştırılması için çeşitli meslek gruplarını içeren ve temelde bilimin hukukla etkileşimine odaklanan bir bilim dalıdır (1). Adli tekstil de adli bilimlerin multidisipliner yapısına dahil olan uzmanlık alanlarından bir tanesidir. Tekstil ürün ve aksesuarları, insan hayatının ayrılmaz bir parçası olduğu için olay yerinde sıklıkla bulunan bulgular arasındadır. Olay yerinden elde edilen her türlü tekstil bulgusu, adli vakaların aydınlatılmasında önemli bir rol oynamaktadır (2,3).

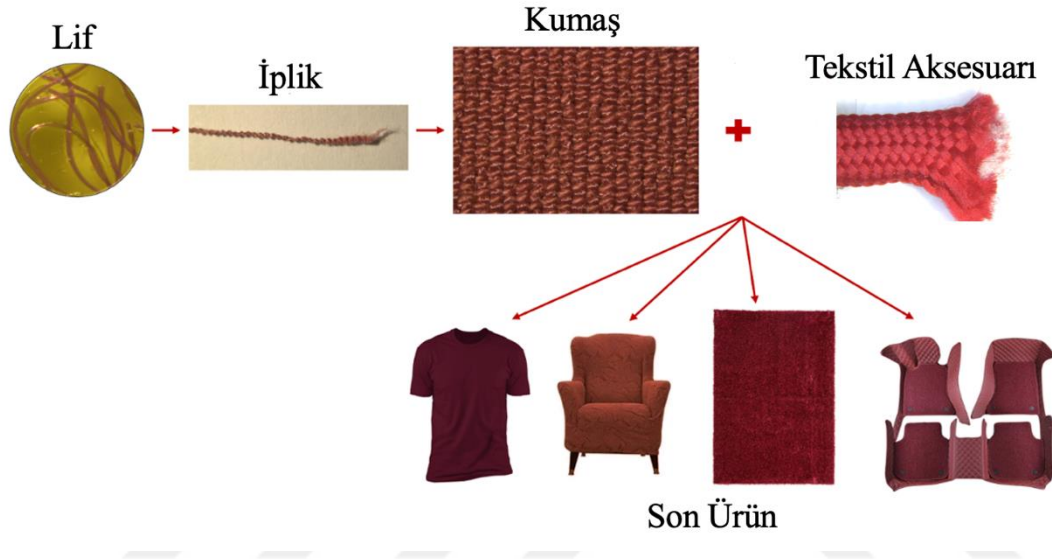
Adli tekstilin gerekliliği, herhangi bir suçta bulunan adli tekstil delillerinin titizlikle incelenmesi ve yorumlanması gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Tekstil endüstrisindeki liflerden son ürüne kadar olan üretim süreci ve bu süre içerisinde uygulanan boyama, terbiye, bitim gibi çeşitli işlemler her bir malzemenin özelliklerini ve karakteristiklerini belirlemektedir. Örnek olarak, tekstil yüzeylerinde meydana gelen farklı izlerin, tekstil ürününün kendi özelliklerinden kaynaklandığı bilinmezse yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle tekstil bulgularının, adli vakalarda doğru analizlerin yapılabilmesi için tekstil bilgisine sahip uzmanlar tarafından dikkatle incelenmesi önemlidir.

Adli tekstil kapsamında ele alınan deliller, tekstil endüstrisindeki hiyerarşinin her kademesini kapsamaktadır. Bunlar lif, iplik ve kumaşlardan giysi, ev tekstili ve otomotiv iç döşeme tekstili gibi son ürünlere kadar geniş bir yelpazeyi içerir. Ayrıca kordon, etiket gibi tekstil aksesuarları ve tekstil yan ürünleri de incelenen deliller arasındadır. Tekstil yüzey ve aksesuarları kendi başlarına delil niteliği taşıyabildiği gibi bu yüzeyler üzerindeki hasarlar ve lekeler de adli tekstil kapsamında incelenmektedir (2).

2.1.1. Bireysel Tekstil Ürünleri

Tekstil ürünleri Şekil 1'deki gibi bir hiyerarşi içerisinde yer almaktadır. Lif, tekstil ürünlerinin temel yapı birimidir ve belirli uzunluk, incelik, mukavemet ve yumuşaklık özelliklerine sahiptir.

Liflerin çekilmesi ve bükülmesiyle doku hammaddesi olan iplikler elde edilir (4). Bu iplikler daha sonra dokunarak, örülerek veya dokusuz yüzey teknikleri kullanılarak dokular yani kumaşlar elde edilir (5). Kumaşlar, tekstil aksesuarlarıyla birleştirilerek giyim, ev ve otomotiv gibi çeşitli alanlarda kullanılmak üzere kıyafet, mobilya, havlu gibi son ürünlere dönüşürler (2).

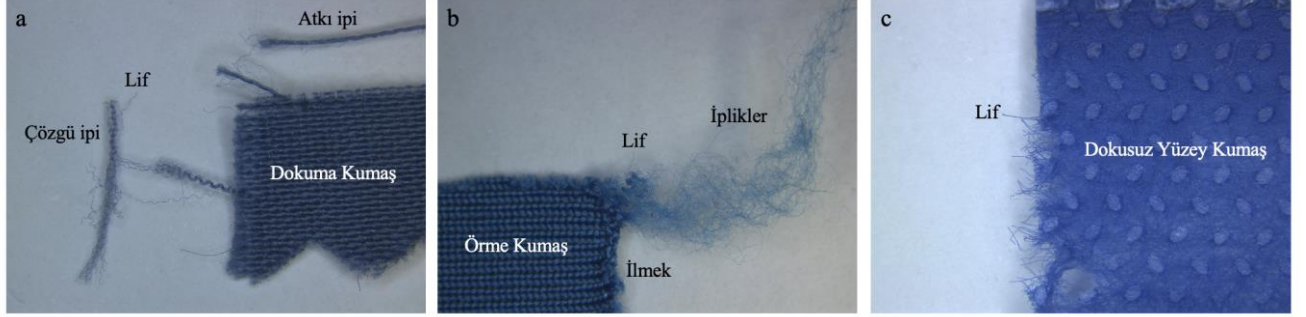


Şekil 1: Tekstil hiyerarşisi (6).

Olay yeri incelemesinin temel amacı, fail, mağdur ve olay yeri arasındaki ilişkinin maddi delillerle belirlenmesidir (1). Bu maddi deliller arasında, tekstil yüzey ve aksesuarlarının önemli bir rolü vardır. Olay yerinde bulunan tekstil yüzeyleri ve aksesuarlar, ilgili kişiler veya mekanlar arasındaki bağlantıları belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu bulgular, olayın farklı unsurları arasındaki ilişkileri açığa çıkarabilir. Bu ilişkiler; mekân-kişi ilişkilendirmesi, kişi-kişi ilişkilendirmesi, mekân-mekân ilişkilendirmesi ve olay zamanının belirlenmesi gibi farklı boyutlarda gerçekleşir (3).

Olay yerindeki tekstil bulguları, bütün halde olduğu gibi parçalar halinde de bulunabilirler. Çapraz transfer ile lifler, özellikle temasın olduğu olaylarda fail ve mağdurun üzerinde veya olay yerinde tespit edilebilir. Trafik kazaları gibi kuvvetli etkileşimlerin

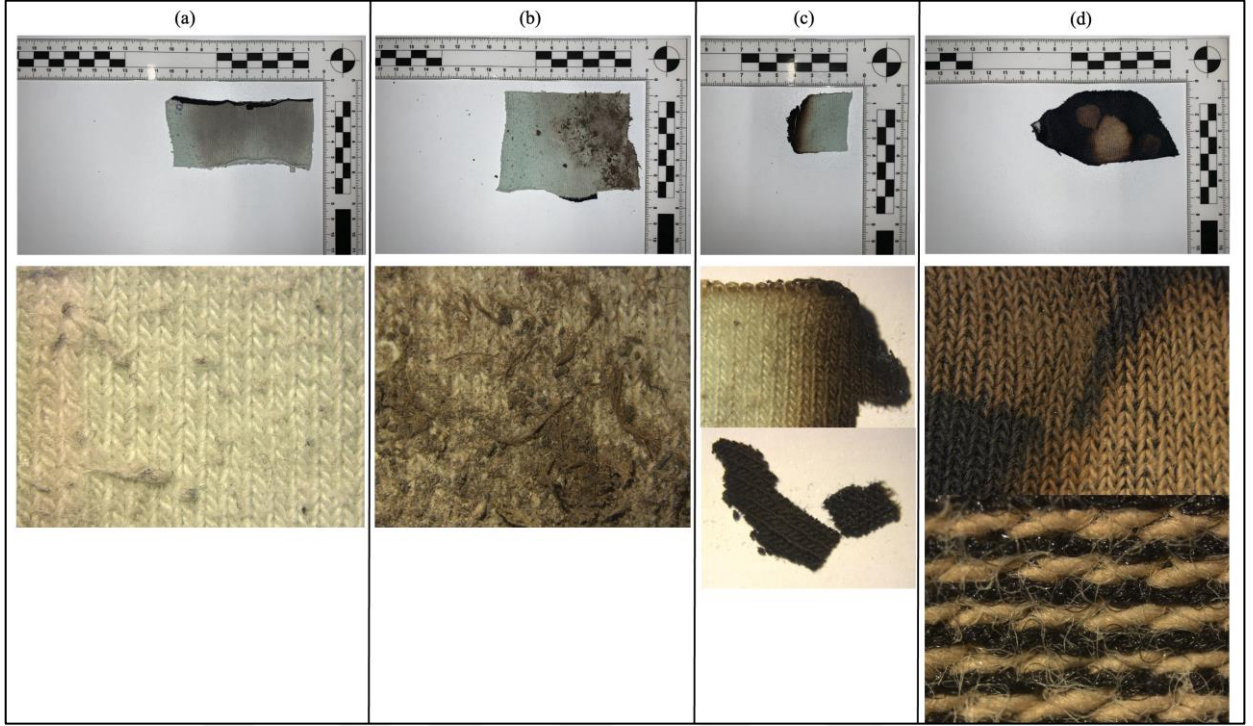
olduğu vakalarda olay yerine transfer olmuş lifler gibi iplik, kumaş parçası ve parçalanmış tekstil aksesuarları bulunması olasıdır (1). Kumaşlar; dokuma, örme ve dokusuz yüzey olmak üzere üçe ayrılırlar (2). Bu kumaşların temel yapı taşları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: a) Dokuma kumaş, b) örme kumaş, c) dokusuz yüzey kumaş (7).

2.1.2. Tekstil Hasarları

Adli tekstil başlığı altında değerlendirilen diğer bir alt konu olan tekstil hasarları, tekstil ürünlerinin üretim aşamasından kullanım sürecine kadar maruz kaldığı çeşitli etkenlerin neden olduğu deformasyon ve bozulmaları incelemektedir. Bu hasarlar çeşitli fiziksel, kimyasal, biyolojik ve çevresel faktörlerin etkisiyle ortaya çıkar ve adli incelemelerde önemli bir rol oynar. Tekstil hasarlarının belirlenmesi ve bu hasarların nasıl meydana geldiğinin anlaşılması, adli bilimcilerin ve araştırmacıların kritik bir görevidir (2). Şekil 3’te tekstil hasarlarına örnekler verilmiştir.



Şekil 3: Sırasıyla (a) eskimiş kumaş parçası, (b) toprakta bekletilmiş kumaş parçası, (c) yanmış kumaş parçası, (d) çamaşır suyuna maruz kalmış kumaş parçası (8).

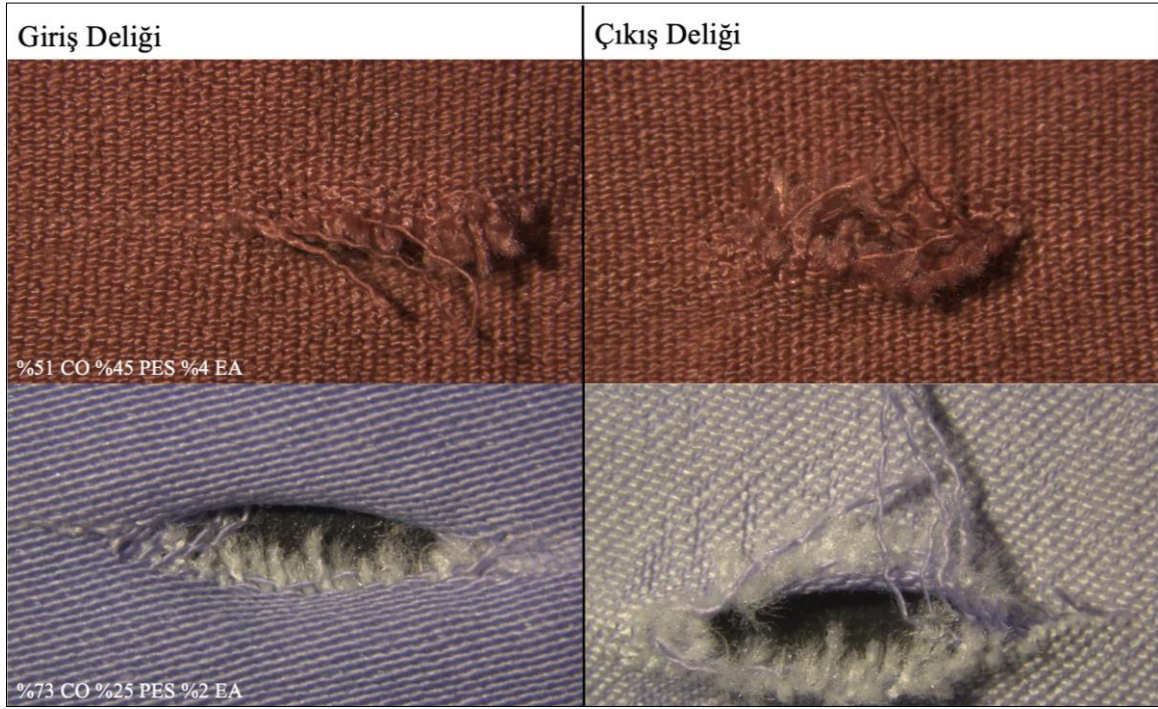
Yıpranma ve yırtılma olarak adlandırılan fiziksel hasarlar; yangın, kundak ve asit saldırısı sonucu meydana gelen yanıklar, tekstil polimerlerinin hidrolizi, oksidasyonu, fotodegradasyon ve fotolizi gibi reaksiyonlarla gerçekleşen kimyasal bozunmalar ve biyolojik bozunmalar en sık karşılaşılan tekstil hasarlarıdır (2,9).

2.1.3. Ateşsiz Silah Hasarları

Ateşsiz silahlar; kesici, delici ve ezici özelliklerden birini veya birkaçını içeren silahlardır (10). Adli vakalarda bıçak gibi ateşsiz silahlarla meydana gelmiş kumaş hasarlarına sıklıkla rastlanılmaktadır. Bu tür hasarın morfolojisinin incelenmesi, kullanılan silahın özellikleri, saldırı dinamikleri ve tekstilin maruz kaldığı son darbe koşulları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Tekstil ürünlerindeki ateşsiz silah hasarları analizi çoğunlukla subjektiftir ve bu nedenle, sonuca varmadan önce hasarın morfolojisini etkileyen tüm değişkenlerin dikkate alınması önemlidir. Kullanılan ateşsiz silah ve saldırganın özellikleri haricinde, saldırı türü

ve fiziksel özellikleri gibi darbenin etkisiyle ortaya çıkan değişkenler ile zaman, hareket, bozunma, kontaminasyon ve yıkanma gibi darbe sonrası değişkenler de hasar morfolojisini etkileyen parametrelerdir (2).

Şekil 4’te farklı içerikteki kumaşların aynı bıçak kullanılarak dik açılı darbeler ile aldığı hasarlar gösterilmiştir. Kumaşın konstrüksiyonu yani yapısı ve lif içeriği gibi etkenler de kumaştaki hasarı etkilemektedir (11).



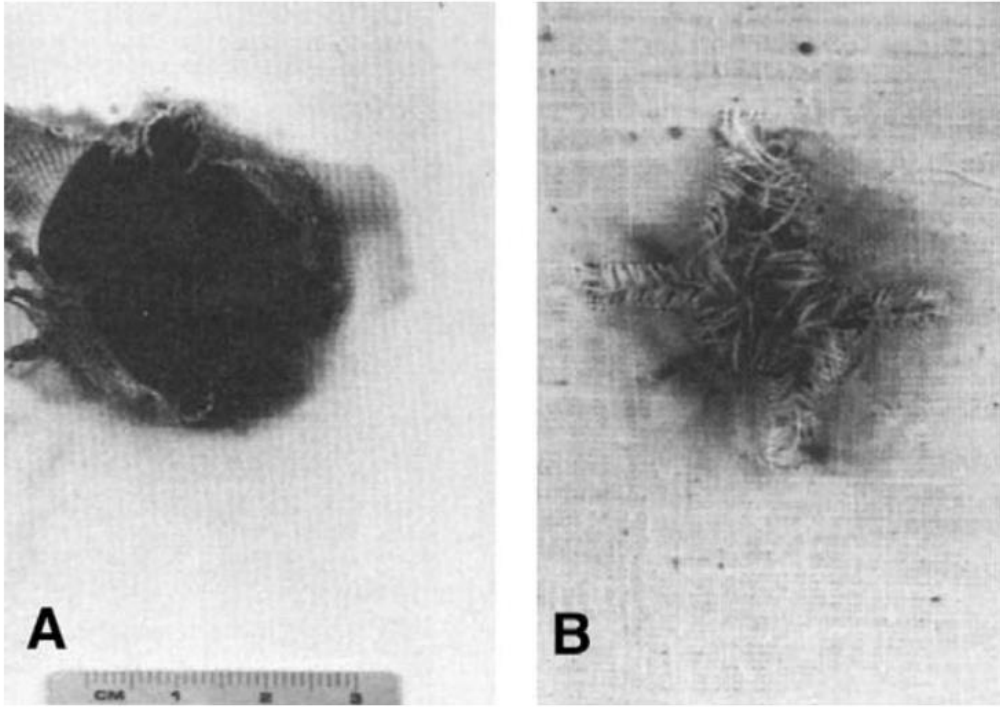
Şekil 4: Farklı içerikteki kumaşların aynı bıçak türü ile dik açılı darbelerle aldığı hasarlar (11).

2.1.4. Ateşli Silah Hasarları

Ateşli silahlar, mermi çekirdeği gibi maddeleri barut gazı basıncı ile uzak mesafelere fırlatan silahlardır (10). Gövde, kollar ve vücudun alt kısmından vurulan kişiler genellikle mermi çekirdeği ile zarar görecektir giysiler giymektedir. Mermi çekirdeği ile kumaşın etkileşimi sonucu kumaş yüzeyinde giriş ve çıkış delikleri meydana gelmektedir. Bu deliklerin yönünün belirlenmesi için yüzeydeki silinti halkası, deliklerin etrafındaki lif uçlarının morfolojisi ve liflerin yönelimi incelenir (2). Silinti halkası, mermi çekirdeği tarafından kumaş yüzeylere taşınan yağ, pas ve isin giriş deliği çevresine bıraktığı koyu

renkli izdir (10). Özellikle silinti halkasının mevcut olmadığı durumlarda mermi çekirdeğinin hareket yönünün belirlenmesinde kesin bir yorum yapabilmek için araştırmacıların giysinin veya kumaşın özelliklerini ve mermi çekirdeğinin terminal balistik performansını bilmesi gerekmektedir (12). Çeşitli incelemelerin yapılması ile atış mesafesi hakkında bilgi elde edilebilir (13). Av fişegi içerisindeki saçma veya şevrotinlerin giysiler üzerinde oluşturduğu izlerin değerlendirilmesiyle de atış mesafesi tayini yapılabilmektedir (14).

Şekil 5'te farklı içerikli kumaşlara yapılan bitişik atışlar verilmiştir.



Şekil 5: Farklı içerikli kumaşlarda, lif türünden kaynaklanan farklı hasarlar. Sırasıyla A) %100 sentetik malzeme, B) %100 pamuk (15).

2.1.5. Kumaşlardaki Kan Model Analizi

Giysiler üzerindeki kan lekeleri, şiddet içeren suçlarda önemli bir delildir (16). Adli bilimler alanında oldukça önemli bir yere sahip olan kan model analizi (KMA); olay yerinde bulunan kanın yayılımı, olayların bir sürecini rekonstrüksiyon etmek için şekil özellikleri,

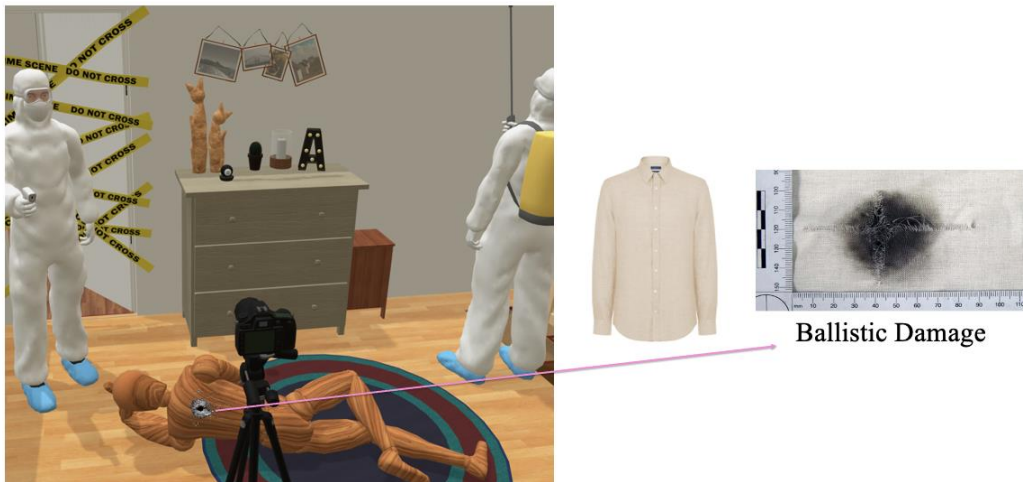
hacim, patern, sayı ile ilişkilerinin analizi ve yorumlanması olarak tanımlanır (17). Olay yeri rekonstrüksiyonu, fiziksel delilleri gözlemleyerek ve değerlendirerek, olaya karışan kişilerin ifadelerini de dikkate alarak bir olay yerindeki olası olay dizisini desteklemek için kullanılan yöntemdir (1).

KMA; geometri, fizyoloji, fizik ve mantık gibi çeşitli disiplinleri içerir (17). Kan sıvısı farklı yüzeylerde farklı emilimler göstermektedir. Kanın kumaş üzerinde yayılması, kan lekесinin boyutunu ve şeklini değiştirebilir. Suç soruşturmalarında lekeli kumaşı yorumlamak için bilim insanları, kan ile kumaşlar arasındaki etkileşimi derinlemesine araştırmaktadırlar. Kumaş üzerindeki kan lekeleri, adli vakalarda destekleyici bir rol oynayarak olayın ne olduğu ve nasıl olduğu hakkında bilgi sağlamaktadır (2).

2.1.6. Adli Tekstil: Olay Türleri

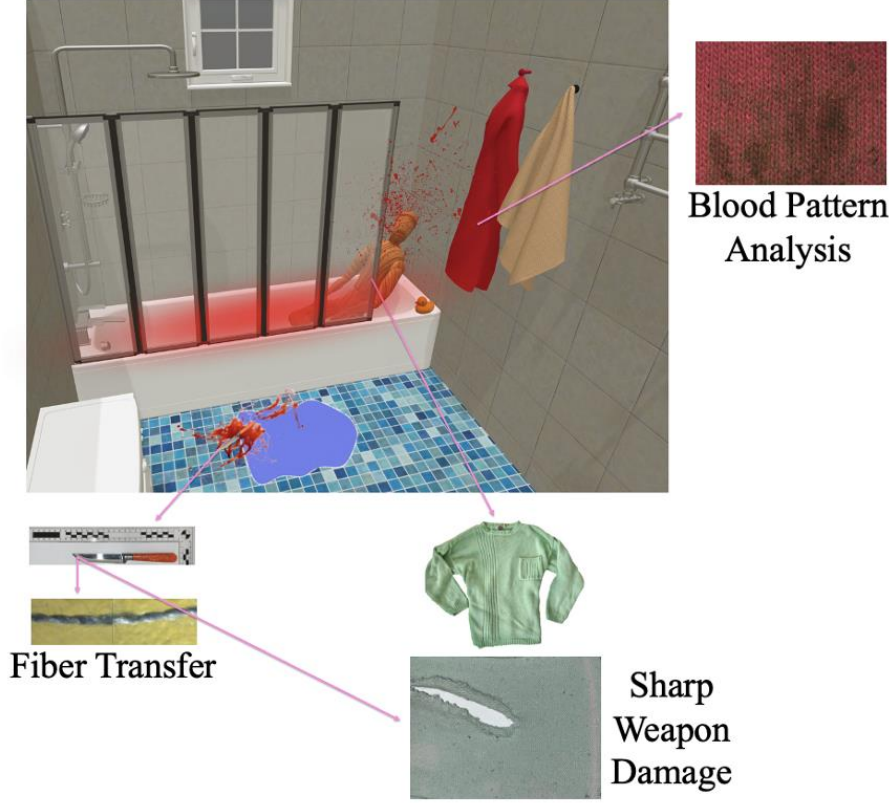
Adli tekstil delilleri; cinayet, yaralama, cinsel saldırı, hırsızlık, yağma, maddenin kötüye kullanımı, vur-kaç, intihar ve kaçırma gibi adli vakaların çözülmesine yardımcı olur. Ayrıca gömme, toplu ölümler ve felaket kurbanı tespiti çalışmaları gibi olaylarda da kullanılmaktadır (6). Bu vakalara birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

Şekil 6’da bir ateşli silah vakası rekonstrükte edilerek, maktulün gömleği üzerindeki balistik hasar gösterilmiştir.



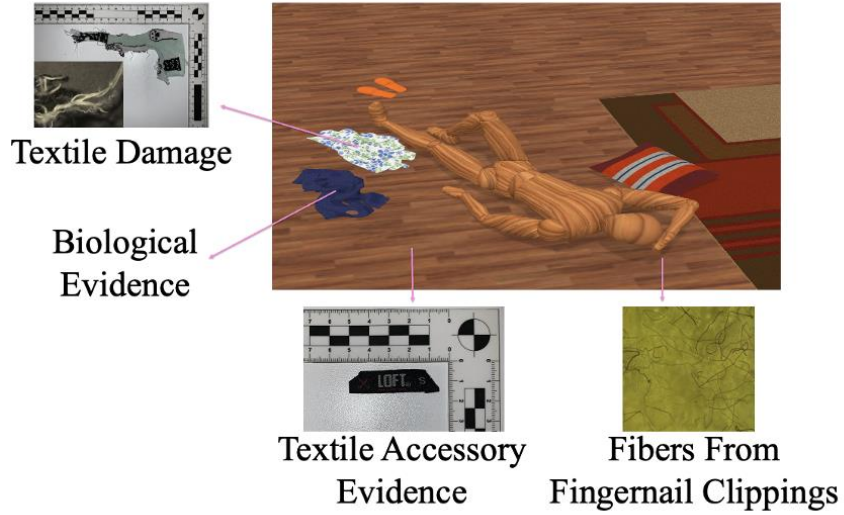
Şekil 6: Ateşli silah vakasında adli tekstil delili (6).

Şekil 7’de rekonstrükte edilen cinayet vakasında bir adet ateşsiz silah kategorisine giren bıçak, suç aleti olarak kullanılmıştır. Maktulün üzerindeki kazakta bıçak hasarı bulunduğu gibi kazağın lifleri de bıçak üzerine transfer olmuştur. Olay yerinde bulunan bornoz üzerinde de kan lekesi vardır.



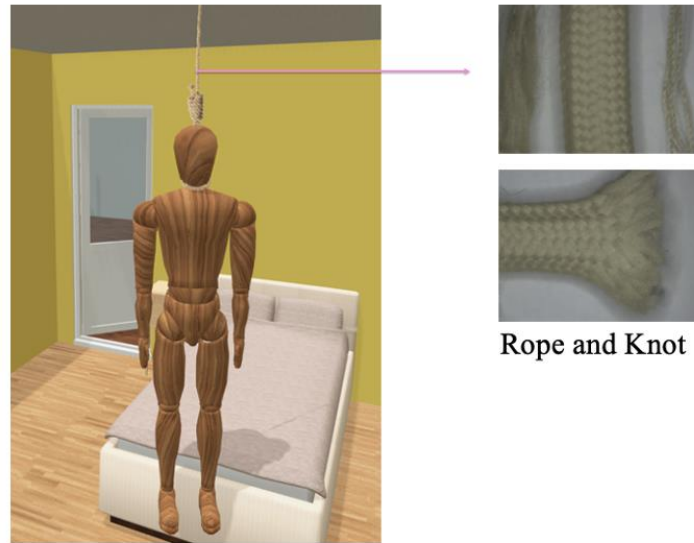
Şekil 7: Cinayet vakasında adli tekstil delilleri (6).

Şekil 8’de bir cinsel saldırı vakası rekonstrükte edilmiştir. Olay yerinde giysiler ve giysilerden kopan tekstil aksesuarı bulunmaktadır. Giysiler saldırı sonucu yırtılarak tahrip olmuş ve giysilerin üzerlerinde biyolojik sıvıya rastlanmıştır. Mücadeleden kaynaklı olarak maktulün tırnakları altına failin giysilerine ait lifler transfer olmuştur.



Şekil 8: Cinsel saldırı vakasında adli tekstil delilleri (6).

İntihar vakasının rekonstrükte edildiği Şekil 9’da intihar girişiminde bulunan kişinin asıda kullandığı ip ile ipteki düğümler adli açıdan önem taşımaktadır.



Şekil 9: İntihar vakasında adli tekstil delilleri (6).

Madde bağımlılığının tespit edilmesinde tekstil yüzeyleri üzerindeki bulgular da analiz edilebilmektedir. Yasa dışı maddelerin paketlenmesi, taşınması ve kullanımı sırasında çevreye yayılan madde partikülleri, kişilerin giysi liflerine hapsolmaktadır (18). Ayrıca

mobilya ve giysi gibi tekstil yüzeylerine sinen üçüncü el yasaklı madde dumanlarının analiz edilmesi ile de madde bağımlılığı tespit edilebilir (19).

Vur-kaç ve hırsızlık gibi vakalarda, cam kırıklarına takılan kumaş parçaları ve transfer olan liflere sıklıkla karşılaşılmaktadır (20).

Afet timlerinin gerçekleştirdiği felaket kurbanlarının kimliklendirilmesinde de ikincil kimliklendirme yöntemi olarak giysiler kullanılmaktadır (21).

2.2. Tekstil Lifleri

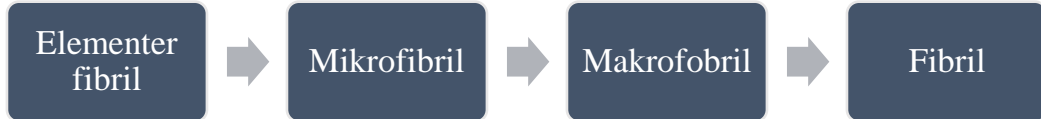
Tekstil lifleri, tekstil endüstrisinde kullanılan hammaddelerin en küçük birimi olarak kabul edilir; belirli uzunluk ve incelikte eğilip bükülebilirler (22). Mikro izler olarak sınıflandırılan bu izler, küresel veya lifli yapıya sahip çok küçük boyutlara sahip malzeme parçalarıdır. Bu parçacıkların çıplak gözle gözlemlenmesi zordur ve genellikle iğne ucu boyutundan daha küçüktür (23). Uzunluğu, çapının en az 100 katı olan lifler; kimyasal yapısı, yüzey şekli, kesit şekli, rengi ve uzunlukları açısından birbirlerinden farklılık gösterirler (17).

Lifler, polimerik yapıya sahip olan malzemelerdir. Bu polimerler, monomerlerden meydana gelmiş yüksek ağırlıklı makro moleküllerdir. Tekstil liflerindeki polimer molekülleri, monomerlerin uzun zincir oluşturacak şekilde birleşmesiyle lineer bir yapı oluşturur. Bu birleşme sürecinde ortaya çıkan monomer molekülü sayısına polimerizasyon derecesi denir. Makro moleküllerin lif özelliklerini sergileyebilmesi için düz zincirler halinde bulunmaları gerekmektedir. Bu zincirlerin bir arada tutulması için çekim kuvvetlerine ihtiyaç vardır. Bu kuvvetler, atomları bir arada tutan ve malzemelere bütünlük sağlayan bağlardır. Primer ve sekonder olmak üzere iki tür bağ bulunmaktadır (24). Lineer makro moleküllerden meydana gelen liflerin kimyasal ile fiziksel özelliklerini belirlemek için yapı parametreleri dikkate alınır. Bu yapı parametreleri şunlardır:

1. Fibriller,
2. Kristalin bölgeler,

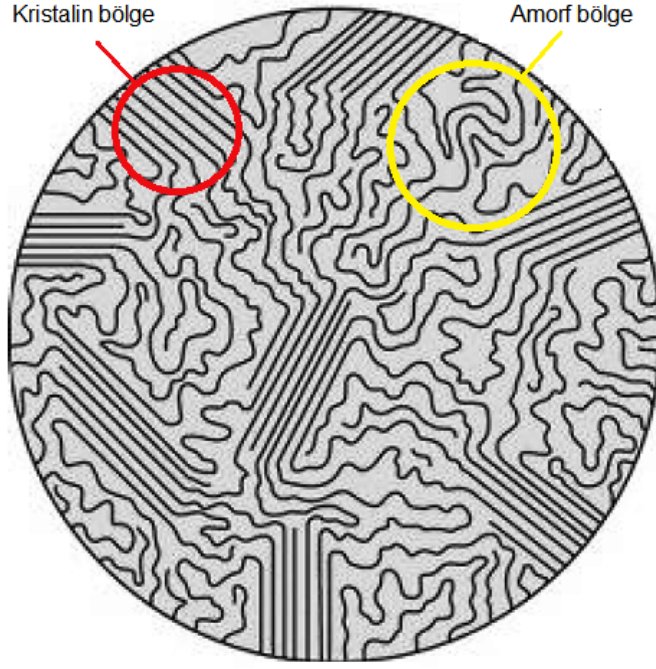
3. Amorf bölgeler.

Fibriller, lifin içinde yer alan ve büyükten küçüğe doğru sırasıyla makrofibril, mikrofibril ve elementer fibrillerden oluşur (Şekil 10). Fibrillerin düzenine bağlı olarak, lifin içinde kristalin ve amorf bölgeler oluşur (5).



Şekil 10: Fibrilleri oluşturan moleküllerin küçükten büyüğe sıralanması (5).

Kristalin bölgeler, lifleri oluşturan polimer zincirlerinin birbirlerine paralel ve düzenli olarak bağlı olduğu bölgelerdir (4). Bu bölgelerde, makro moleküller sıralı ve düzenli bir şekilde, aralarında boşluk kalmayacak şekilde yerleşirler. Kristalin bölgelerde genellikle yüksek oryantasyonlu makro molekül yerleşimi gözlemlenir (5). Amorf bölgeler ise lifleri oluşturan polimer zincirlerinin birbirine düzensiz ve karmaşık olarak bulunduğu bölgelerdir (4). Bu bölgeler, kristalin bölgelerin arasında yer alır ve makro moleküllerin düzensiz şekilde bulunduğu, geometrik bir şekli olmayan alanlardır. Amorf bölgelerde, genellikle düşük oryantasyonlu makro molekül yerleşimi gözlemlenir. Liflerin tekstil endüstrisinde kullanılabilir olması için mukavemet, boyanabilirlik, su absorpsiyonu, esneklik ve elastikiyet gibi özellikleri bulunmalıdır. Bu sebeple liflerin her iki bölgeye de sahip olması önemlidir (5). Şekil 11'de kristalin ve amorf bölge gösterilmiştir.



Şekil 11: Kristalin ve amorf bölge (25).

2.3. Tekstil Liflerinin Genel Özellikleri

Lif gruplarının kendilerine özgü karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Farklı özelliklerde olan lifler farklı alanlarda kullanılırlar.

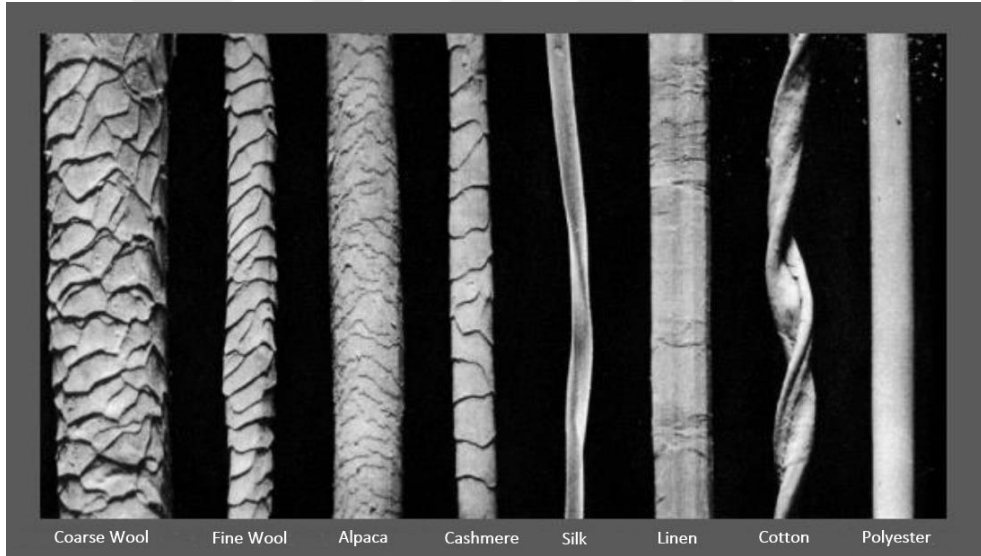
Liflerin uzunluğu, inceliği, yüzey şekli ve enine kesiti, yoğunluğu, optik özellikleri, ısı özellikleri, elektrik özellikleri ve eğrilebilme kabiliyetleri liflerin fiziksel özelliklerini oluşturur. Liflerin mekanik özellikleri arasında lif mukavemeti ve uzaması, esnekliği ile burulma ve eğilme davranışı bulunur. Liflerin dış kuvvetlere karşı gösterdiği davranışlar liflerin mekanik özelliklerini ifade etmektedir. Asit ve alkalilerin etkisi, kimyasal reaktif maddelerin etkisi, metal tuzların etkisi, organik çözücülerin etkisi, nem absorpsiyonu, ışığın etkisi ve liflerin yanma davranışı da liflerin kimyasal özellikleri arasında yer almaktadır (24).

2.3.1. Tekstil Liflerinin Fiziksel Özellikleri

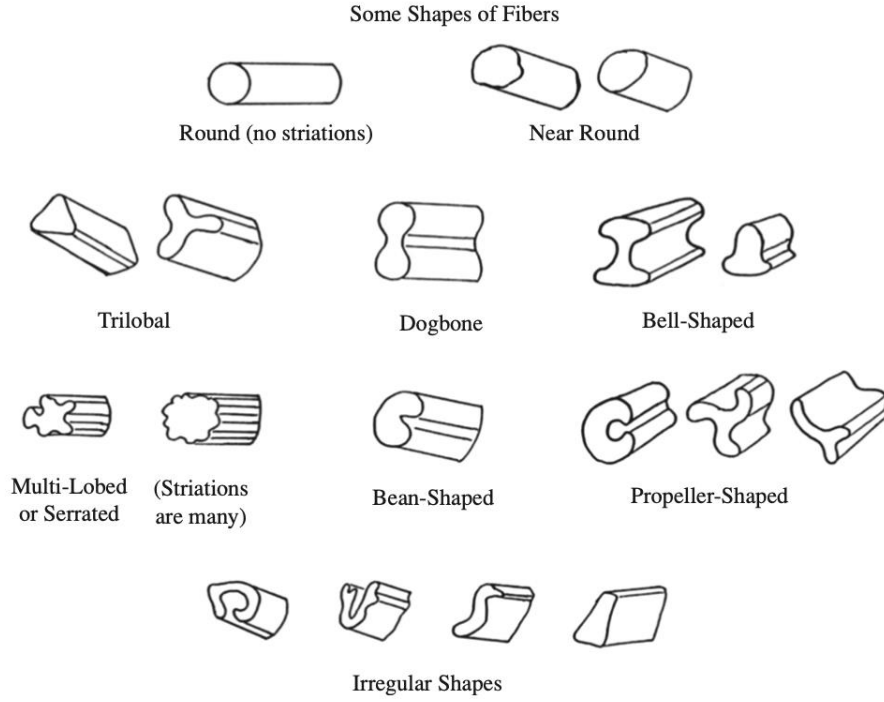
- **Uzunluk:** Lifin iki ucundaki mesafeyi belirtir (5). Kesikli lifler (stapel), uzunluğu sınırlı olan liflerdir. Sonsuz uzunluktaki lifler ise kesiksiz lif (sürekli, filament) olarak adlandırılmaktadır. İpek dışındaki tüm doğal lifler kesiklidir. Yapay lifler ise filament

olarak üretilip istenilen boyutlarda sonradan kesilebilirler. Lif uzunluğu, liflerin ve ipliklerin işlenmesinde kritik bir faktördür ve ipliklerin mukavemetine katkıda bulunur (24).

- **İncelik:** Liflerin en boyutunu ve çapını ifade etmektedir. İplik ve dolayısıyla kumaşın sertliği, tutumu ve dökümlü olması lifin inceliği ile bağlantılıdır. Lif incelidikçe, iplik ve kumaşın mukavemeti artmaktadır (24). Bunun sebebi, ince liflerin daha kolay bükülür olmasıyla düzgün, sağlam ve ince ipliklerin elde edilmesidir (5).
- **Yüzey Şekli ve Enine Kesit:** Liflerin belirgin yüzey şekilleri ve kesit alanları vardır. Lifin yüzey yapısı, tekstil ürünlerinin üretimini ve kullanımını önemli ölçüde etkileyen bir özelliktir. Ayrıca lifin enine kesiti, lifin kaplama gücünü ve ışık yansıtma özelliklerini değiştirebilir (5).



Şekil 12: Çeşitli liflerin yüzey yapıları (26).



Şekil 13: Liflerin enine kesit görüntüleri (27).

- **Yoğunluk:** Lifin kütlelerinin birim hacmine oranıdır. g/cm^3 cinsinden ifade edilir. Lifin yoğunluğu son ürünün ağırlığını belirlemede önemli bir faktördür. Düşük yoğunluklu lifler genellikle hafif giysiler için tercih edilmektedir. Ayrıca düşük yoğunluklu lifler yüksek örtme faktörü sağlar (24).
- **Optik Özellikler:** Lifler; ışığı yansıtma, emme, renk, reaktif indisi ve çift kırınım gibi optik özelliklere sahiptir. Bu optik özellikler, liflerdeki atom ve moleküllerin polarize olma yeteneği ile ilişkilidir (24). Liflerdeki renk ve parlaklık kavramı, optik özelliklere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (5).
- **Isıl Özellikler:** Lifler, ısıya maruz kaldıklarında çeşitli tepkiler göstermektedir. Liflerin ısıya karşı gösterdiği özgün davranışlar, işleme koşullarını belirlemektedir (5).
- **Lif Sürtünmesi ve Elektrik İletkenliği:** Statik elektriklenme, lifin kendisi veya herhangi bir nesneye sürtünmesiyle ortaya çıkmaktadır. Liflerin birbirleriyle veya katı maddelerle sürtünmesi, yüzey hasarlarına ve lif kopmalarına neden olabileceği gibi, potluk oluşumu, sertleşme eğilimi, renk değişimi ve parlaklığın kaybına da yol açabilir.

Bu istenmeyen durumların önlenmesi için, liflerin elektrik iletkenliği gibi üretim aşamasında ortaya çıkan statik elektrik gibi durumlar da dikkate alınmalıdır. Liflerdeki elektrik iletkenliği azaldıkça statik elektriklenme artmaktadır (5).

- **Eğrilebilme Kabiliyeti:** Eğirme, lifin veya ipliğin bükülme yani birbiri etrafına dolanarak yeni bir iplik oluşturma işlemidir (4). Liflerin bükülebilirlik özelliği, aynı zamanda liflerin birbirlerini tutma yeteneği olarak da bilinir. Bu özellik, lifin iç yapısı, dış yüzeyi ve şekline bağlıdır. Bükülme özelliği, son ürünün dayanıklılığını ve kullanım ömrünü etkilemektedir (5).

2.3.2. Tekstil Liflerinin Mekanik Özellikleri

- **Mukavemet ve Uzama:** Tekstil malzemesinin dış etkilere karşı gösterdiği dayanıklılık ve dirençtir (4). Mukavemet; tekstil liflerinin üretim yönetimini, verimliliğini, iplik kalitesini ve özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. cN/Tex olarak ifade edilir (5). Bir tekstil lifinin, tekstil endüstrisinde bir kullanım alanı bulabilmesi için belirli bir minimum mukavemet değerine ve yeterli uzama özelliğine sahip olması gerekmektedir (24).
- **Esneklik:** Elastikiyet veya esneklik, lifin gerilip sonra eski haline geri dönebilme yeteneğini ifade eder (24).
- **Burulma ve Eğilme Davranışı:** Kullanılabilirlik için, liflerin sadece gerilme özelliklerinin iyi olması yeterli olmayabilir. Liflerin burulma ve eğilme davranışı, özellikle kumaşların dökümlülük ve konforu açısından kritik öneme sahiptir (24).

2.3.3. Tekstil Liflerinin Kimyasal Özellikleri

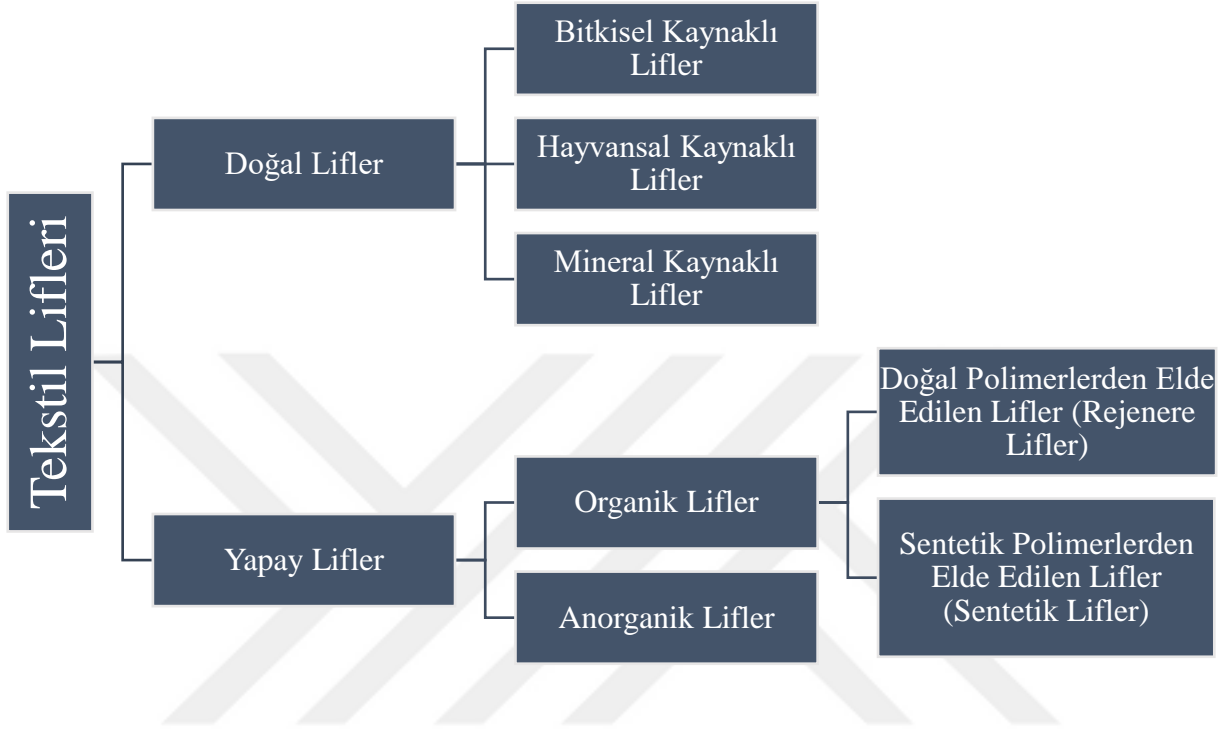
- **Asit ve Alkali Etkisi:** Lifler makro boyuttaki kumaşlara dönüştürülürken asidik, temizleme sırasında ise alkali, boyama esnasında da hem asidik hem alkali ürünlere maruz kalabilmektedirler. Liflerin asidik ve bazik özellikleri farklılık gösterdiği için bu maddelerle olan davranışları ve dirençlerinin bilinmesi önemlidir (24).

- **Kimyasal Reaktif Maddelerin Etkisi:** Sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit gibi oksitleyici ve ağartıcı maddelerin yanı sıra sodyum hidrosülfid, sodyum sülfid gibi indirgeyici maddelerin, liflerde olası hasara neden olup olmayacağı bilinmelidir. Liflerin işlenmesi sırasında bu tür maddelerin kullanımı, lifler üzerindeki olumsuz etkilerin önlenmesi açısından dikkatle yapılmalıdır (24).
- **Nem Absorbsiyonu:** Liflerin belirli sıcaklıklarda ve bağıl nemde su emme yeteneği, nem absorpsiyonu olarak ifade edilir ve materyalin hidrofil ya da hidrofob karakterde olmasından etkilenir (24). Bir lifin nem içeriği, lifin amorf bölge miktarıyla ilişkilidir. Lifin tutumu, tuşesi, statik elektriklenme gibi özellikler nem içeriğine bağlıdır ve lifin kalitesini etkiler. Liflerin nem içerik değerlerinin bilinmesiyle lifler arasında boyanabilirlik, kimyasal alımı gibi konularda karşılaştırmalar yapılabilir (5).
- **Işığın Etkisi:** Güneş ışığının tekstil liflerine olan etkisi, lifin kullanım alanını belirler. Güneş ışığı, tekstil malzemelerinin başlıca solma nedenidir ve uzun süre UV (morötesi) ışığına maruz kalan liflerde yapısal bozulma ve parçalanma meydana gelebilir, bu da lifin mukavemetini azaltır (24).
- **Yanma Davranışı:** Ateşe dayanıklılık; bir lifin ateş kaynağına yaklaştırılması ve uzaklaştırılması sonrasında alev alma, yanma ve sönme yeteneğidir. Liflerin yanma süreci, ürünün ısınması, makro moleküllerin piroliz ile parçalanması ve yanıcı gazların açığa çıkmasıyla gerçekleşir. Liflerin aleve karşı tepkisi, belirleyici bir özelliktir ve lif türünün tespitinde önemli bir rol oynar (5).

2.4. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması

Tekstil lifleri genel olarak doğal ve yapay lifler olmak üzere Şekil 14'teki gibi iki sınıfa ayrılırlar. Doğal lifler; insanlar tarafından üretilmeyip doğada bulunan ve bitki, hayvan ve minerallerden elde edilen liflerdir. Yapay lifler ise doğada bulunan polimerlerden veya

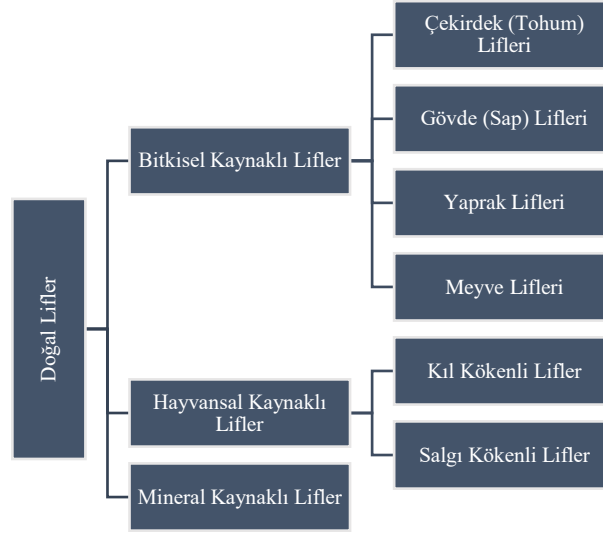
kimyasal bileşiklerden sentezlenmiş polimerlerden üretilmiş liflerdir (24). Doğal polimerlerden üretilen liflere rejenere lifler, sentetik polimerlerden üretilen liflere de sentetik lifler denir (5).



Şekil 14: Tekstil liflerinin sınıflandırılması (5,24).

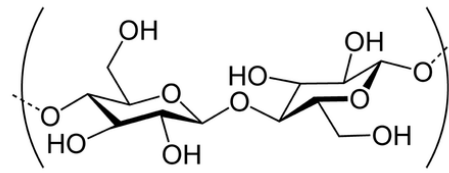
2.4.1. Doğal Lifler

Doğal lifler; bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklı olmak üzere üçe ayrılırlar (Şekil 15). Bitkisel lifler çoğunlukla selüloz içerirken hayvansal lifler protein bazlıdır. Mineral lifleri ise oldukça nadir bulunan anorganik yapıdaki liflerdir (27).



Şekil 15: Doğal liflerin sınıflandırılması (5).

Bitkilerin içinde yer alan lifler; bitkilerin sap, tohum, gövde ve meyve gibi çeşitli bölgelerinde bulunur; bitkilerin korunması ve desteklenmesinden sorumludur. Bitkisel liflerin temel bileşeni selülozdur. Farklı lif türlerindeki selüloz miktarı değiştiği için liflerin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılık göstermektedir (5). Selüloz, basit glikoz birimlerinden oluşan bir polimerdir (Şekil 16). Protein veya selülozun tespiti ile lifin hayvansal ya da bitkisel olduğu ayırt edilmektedir çünkü bu iki molekül, lifleri ayırt edilmesine izin veren çok farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir (28).



Şekil 16: Selüloz polimerinin kimyasal yapısı (29).

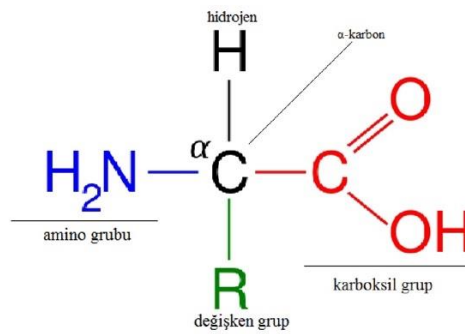
Bitki lifleri, fiziksel özellikleri bakımından farklılıklar içerirler; bazı bitkisel lifler kalın ve sert, bazı bitkisel lifler ise düzgün, ince ve esnektir (28). Bitkisel liflerin hücre duvarının kalınlığı, lümenin boyutu, şekli ve kalınlığı; hücre uzunluğu ve çıkıkların varlığı, türü ve dağılımı incelenerek analizleri yapılabilir (17).

Bitkisel kaynaklı lifler aşağıda sıralanmıştır:

- **Çekirdek (Tohum) Lifleri:** Pamuk, kapok.
- **Gövde (Sap) Lifleri:** Keten, kenevir, jüt, rami.
- **Yaprak Lifleri:** Sisal, koko, abaka, rafya, agave.
- **Meyve Lifleri:** Hindistan cevizi (coir), lif kabağı lifleri (5,24).

Bitkisel lifler, genellikle selüloz temelli oldukları için kimyasal analizle kolayca ayrıştırılamazlar. Biyolojik süreçlerle oluşan bu lifler, doğal ve karmaşık üç boyutlu şekillere sahiptir. Görsel ve mikroskopik inceleme, bitkisel lifleri tanımlamak için kullanılmaktadır (27). Pamuk, günümüzde en yaygın bitkisel lif türüdür ve beyaz pamuk lifleri genellikle kumaşlarda yaygın olarak kullanılır. Ancak renkli pamuk liflerinin varlığı bazı adli durumlarda önemli olabilir (1).

Hayvanlar üç kaynaktan lif sağlamaktadır: kıl, kürk ve ağ örgüsü (salgı). Tüm hayvansal lifler proteinden oluşur, diğer bir ifade ile amino asit polimerleridir (Şekil 17). Kıl lifleri, hayvan kürklerinden taranır, doğal olarak dökülür ve toplanır veya kesilir. Salgı kökenli lifler ise kozalardan toplanan liflerdir (28).



Şekil 17: Bir amino asidin molekül yapısı (30).

Hayvan kılı tanımlamaları ve karşılaştırmaları için kapsamlı bir referans koleksiyonu çok önemlidir. Hayvan kıllarının morfolojik yapıları, tanımlamaların yapılmasında kullanılmaktadır (17).

Hayvansal kaynaklı lifler aşağıda sıralanmıştır:

- **Kıl Kökenli Lifler:** Yün, angora, moher, deve tüyü, kaşmir, alpaka, at kılı, deve tüyü, lama yünü.
- **Salgı Kökenli Lifleri:** İpek (5,24).

Mineral lifler, anorganik maddelerden elde edilen liflerdir. Çeşitli kimyasal işlemler uygulanarak ince tellere dönüştürülerek elde edilirler (22). Asbest ve mineral yün lifi, adli vakalarda karşılaşılan iki mineral kaynaklı liftir (27). Yer altından çıkarılan asbest lifi, ateşte niteliği değişmeyen bir mineraldir (4). Başta yalıtım malzemesi olarak birçok farklı alanda kullanımı olmuştur. Hırsızlık vakalarında kasanın delinmesi ve iç ile dış duvarı arasındaki yalıtım tabakasının bozulması durumunda, çevreye asbest lifleri salınabilir. Bu lifler, havada uzun süre askıda kalabilecek kadar küçük ve hafif oldukları için failler tarafından solunabilir. Uzun süre asbest liflerinin solunması akciğer hastalığı olan asbestoza sebebiyet vermektedir. Asbestin günümüzde kullanımı azaltılmaya çalışılsa da hukuk davaları veya düzenleyici uygulama meseleleri için hala asbest vakaları incelenmektedir (27).

2.4.1.1.Pamuk lifi ve genel özellikleri

Pamuk lifi, pamuk bitkisinin tohum kabuğunda bulunur (28). Pamuk tarlalarından pamuklar toplanır. İlk toplanan bitkiler kütlü yani çekirdekli haldedir. Kütlü pamukların çekirdeklerinden ayıklanması işlemine çırçırılama denir. Pamuklar çırçırlandıktan sonra lifler ve çiğitler birbirlerinden ayrılır. Lifler balyalanır ve giyim, ev tekstili ve endüstride kullanılmak üzere satışa hazır hale getirilir (4,5).

Pamuk lifinin ekseni boyunca belirgin spiral bükülmeler ve kıvrımlar görülür ve helis yönü düzenli aralıklarla değişir. Yatay kesiti ise fasulye veya böbrek şeklindedir. Gelişmiş bir pamuk lifinin dışarıdan içeriye doğru tabakaları sırası ile kütikül, primer duvar, sekonder duvar, üçüncü duvar ve lümen dir (24).

- **Kütikül:** Liflerin en dış tabakasını oluşturan kütikül tabakası, yağ ve vakslardan oluşmaktadır (5). Lifin suya dayanıklı olmasını sağlayan bu tabaka yıkama işlemi ile liften uzaklaştırılmaktadır (24).
- **Primer Duvar:** Selülozdan oluşmaktadır (5).
- **Sekonder Duvar:** Selülozdan oluşan sekonder duvarda Balls halkaları olarak isimlendirilen açık ve koyu renkli halkalar bulunmaktadır. Balls halkalarının kalınlığı lifin olgunluğuyla alakalıdır ve lifin enine kesiti alındığında bu halkalar görülmektedir (5).
- **Lümen:** Lifin ortasında kalan düzensiz bölgedir (5). Büyüme sürecinde lümen, canlı protoplazma ile doludur. Lif olgunlaştıkça protoplazma kurur ve lümen çöker. Bu nedenle, liflerin içinde geniş bir merkezi boşluk veya gözenek bulunur. Pamuk lifinin mikroskobik yapısının sünger gibi gözenekli olmasına neden olur (24).

Her pamuk lifinde olgunlaşmış ve olgunlaşmamış pamuk hücreleri bulunur. Lifin ticari kalitesini belirleyen faktörlerden biri olgunlaşmış pamuk hücrelerinin oranıdır (24). Pamuk lifinin karakteristik kıvrımları, sekonder duvarın oluşumu ve olgunlaşma derecesiyle ilişkilidir (5).

Pamuk lifinin özellikleri Tablo I'de verilmiştir.

Tablo I. Pamuk lifinin özellikleri (5)

| <i>Özellik</i> | <i>Açıklama</i> |
|-----------------------------|--|
| <i>Uzunluk</i> | 1 cm ile 6 cm arasındadır. |
| <i>İncelik</i> | Lif uzunluğu arttıkça lifin inceliği de genellikle artmaktadır. 12-45 mikron arasındadır. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Yassı, bükümlü, hortum veya şeride benzer. Bükümlüdür ve düzgün değildir. |
| <i>Enine Kesit</i> | Böbrek veya fasulye şeklindedir. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,55 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Beyaz, krem rengi ya da kahverengidir. |
| <i>Parlaklık</i> | Yapısı bükümlü olduğu için parlak değildir. Doğal mattır. Merserizasyon ile parlaklık kazanır. |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Yoktur. |
| <i>Mukavemet</i> | Merserizasyon ile lifin mukavemeti artar. Yaş haldeki mukavemeti kuru haldeki mukavemetine göre daha fazladır. |
| <i>Alev Alma</i> | Hemen alev alır, erimez, kor gibi ve çabuk yanar. Yanmış kâğıt kokusu kalır. |

Pamuk lifinin kimyasal yapısında selüloz, yağ ve vaks, hemiselüloz, pektin ve protein bulunmaktadır. Pamuk lifinin kimyasal yapısı, pamuk bitkisinin yetiştirme şartlarına göre değişiklik göstermektedir (5). Proteinler pamuğun lümeninde, pektin maddesi primer hücre duvarında, vaks ise kütikülde bulunmaktadır. Kazanda kaynatma, yıkama ve ağartma işlemleri gibi ön terbiye işlemleri sonrasında selülozun yüzdesi %99'lara ulaşmaktadır (24).

2.4.1.2. Keten lifi ve genel özellikleri

Keten lifleri *Linum Usitatissimum* bitkisinin saplarından elde edilen doğal bitkisel bir lif türüdür. Bitki yeterli olgunluğa geldiğinde toplanır. Bitkinin kökleriyle sapları taranıp kurumaya bırakılır ve lif olacak kısımlar taranır ya da havuzlanır (24).

Keten lifinin yüzeyinde uzun, şeffaf ve silindirik tüpler bulunur. Bu tüpler arasında enlemesine işaretler olan boğum veya düğümler gözlemlenir. Bu şekil, ketenin tipik mikroskopik görünümünü oluşturur (5). Ayrıca lifin genişliği, uzunluğu boyunca değişmektedir (24). Keten lifinin özellikleri Tablo II’de verilmiştir.

Tablo II. Keten lifinin özellikleri (5)

| Özellik | Açıklama |
|-----------------------------|---|
| <i>Uzunluk</i> | 5 cm ile 90 cm arasındadır (ideal uzunluk 40 cm’dir). |
| <i>İncelik</i> | 15-25 mikron arasındadır. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Birbirlerine bitişik elyaf şeklindedir. Enine yönde çizgiler, yarıklar ve çatlaklar vardır. |
| <i>Enine Kesit</i> | Düzensiz, yuvarlak ve çok köşelidir. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,50 gr/cm ³ ’tür. |
| <i>Renk</i> | Krem rengi ya da kahverengidir. |
| <i>Parlaklık</i> | Pamuktan daha parlaktır. |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Yoktur. |
| <i>Mukavemet</i> | 54 cN/tex’tir. |
| <i>Alev Alma</i> | Hemen alev alır, erimez, kor gibi ve çabuk yanar. Yanmış kâğıt kokusu bırakır. |

Keten diğer tekstil lifleri arasında en uzun polimer zincirine sahip olan liftir. Ağırlıklı olarak selülozdan meydana gelmektedir ve yapısında lignin bulunmaktadır. Ketenin

yapısında bulunan yağ ve vaks, lifin parlak olmasını ve kuvvetli olmasını sağlamaktadır (5).

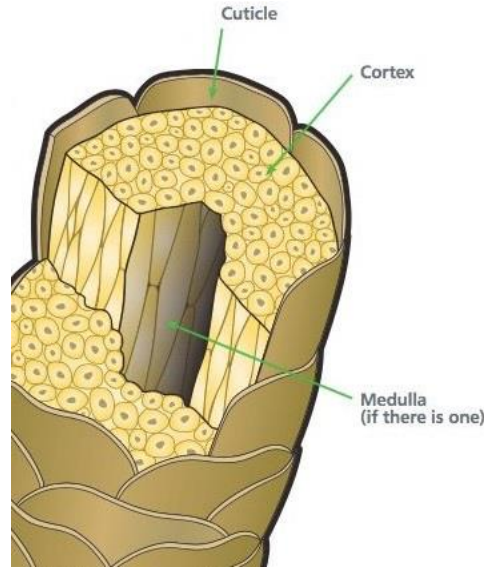
2.4.1.3. Yün lifi ve genel özellikleri

Tekstil endüstrisinde lif ile kaplı hayvanlar “yün” olarak tasvir edilse de yün ve kıl lifleri farklı anlamlara gelmektedir. Hayvan derisinin daha dışında duran kaba lifler kıl, hayvan derisine daha yakın duran kısa ve ince lifler yün olarak adlandırılmaktadır. Kimyasal yapıları aynı olan kıl ve yün liflerinin uzunluk, kalite, iç yapısı ve şekil gibi farklı fiziksel özellikleri bulunmaktadır (5).

Yün lifleri temel olarak koyunlardan elde edilmektedir. Keçi, lama ve alpaka gibi hayvanlardan da yün lifleri elde edilmektedir (27). Farklı yerlerde yetişen koyunlara göre yün liflerinin de özellikleri değişmektedir (5).

Yün lifi üç tabakadan oluşmaktadır. Bunlar en dıştan içe doğru Şekil 18’de gösterildiği gibi kütikül, korteks ve medulladır (24). İnsan kılı ile benzerlik gösteren yün liflerinin adli incelemeleri, saç ve kıl incelemeleri ile aynı prosedüre sahiptir (1).

- **Kütikül Tabakası:** Yün lifinin en dış yüzeyi olan epidermis tabakası, sert pullardan meydana gelir ve mikroskop altında incelendiğinde karakteristik özellikler oluşturur.
- **Korteks Tabakası:** İnce fibrillerden oluşan iğ şeklindeki hücre topluluğudur. Yün lifinin esas dokusunu korteks tabakası oluşturur.
- **Medulla Tabakası:** Uzanımı paralel olan ve lifin ortasında bulunan kanaldır. Yün lifinin içerisinde dahili hava boşlukları ekleyerek, lifin koruyucu özelliklerini artırır (24). İnce yünlerde medulla tabakası bulunmayabilir (31).



Şekil 18: Yün lifinin kesiti (31).

Yün lifinin özellikleri Tablo III'te verilmiştir.

Tablo III. Yün lifinin özellikleri (5)

| Özellik | Açıklama |
|----------------------|---|
| Uzunluk | 3 cm ile 30 cm arasındadır. |
| İncelik | İnce lifler kısa, uzun lifler daha kalındır. Koyun cinsine göre farklılık gösterir. |
| Yüzey Şekli | Pulludur. |
| Enine Kesit | Yuvarlak ve yuvarlağa yakındır. |
| Yoğunluk | 1,30 gr/cm ³ 'tür. |
| Renk | Beyaz, krem, kahverengi, siyah, kıvılcık ya da gridir. |
| Parlaklık | Lif kalınlaştıkça parlaklığı artar. |
| Statik Elektriklenme | Elektriği iyi iletmediği için sürtünme ile rahatlıkla yüklenerek statik elektrik oluşturabilir. |
| Mukavemet | 12-14 cN/tex'tir. |

| | |
|------------------|--|
| <i>Alev Alma</i> | Yavaş yavaş yanar, kendiliğinden söner. Güç tutuşur. |
|------------------|--|

Yün liflerinin asıl kimyasal yapısını keratin proteini oluşturmaktadır ve yün lifi makropeptik zinciridir. Yıkama işlemi ile yün lifi neredeyse %100'e yakın keratin olarak kalmaktadır (5).

2.4.1.4. İpek lifi ve genel özellikler

İpek lifi, ipek böceği kozasından elde edilen protein kökenli bir salgı ürünüdür (5). Hayvansal kökenli lif türü olan ipek lifi hayvan kılı değildir (27). Doğada bulunan tek kesiksiz liftir (24). İpek lifleri çok uzun olduğundan, kıl kökenli lifler kadar kolay dökülmezler (28).

İpek lifinin özellikleri Tablo IV'te verilmiştir.

Tablo IV. İpek lifinin özellikleri (5)

| Özellik | Açıklama |
|--------------------|--|
| <i>Uzunluk</i> | Bir kozadan toplam 2500 m lif elde edilir. 500-1400 m sürekli; geriye kalanı kesikli liftir. |
| <i>İncelik</i> | Ortalama olarak 1-4 dtex'tir. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Düzgün, şeffaf ve pürüzsüzdür. Düzgün bir cam çubuğa benzer. |
| <i>Enine Kesit</i> | Üçgen şeklindedir. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,34 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Krem rengi, sarı ya da gridir. |
| <i>Parlaklık</i> | Parlaktır. |

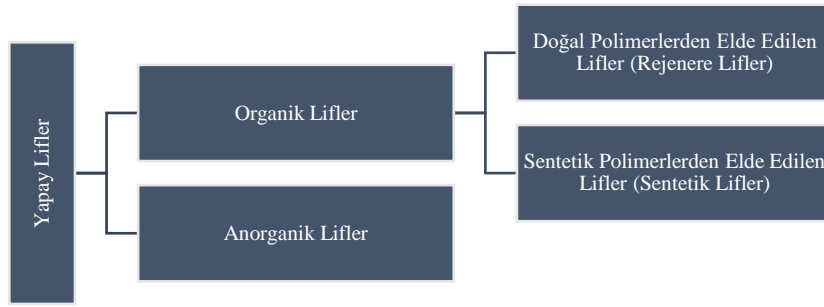
| | |
|-----------------------------|---|
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Statik elektriklenmesi kuru halinde daha fazladır. |
| <i>Mukavemet</i> | Yaklaşık 38 cN/tex'tir. |
| <i>Alev Alma</i> | Alevle erir, kıvrılarak alevden kaçır. Boynuz kokusu bırakır. |

Ham ipek içinde fibroin, serisin ve az miktarda anorganik madde, yağ ve su bulunur.

İpek lifinin ana bileşeni protein fibroindir (24).

2.4.2. Yapay Lifler

Bitki ve hayvan liflerinin yanı sıra 19. yüzyıldan sonra insan yapımı lifler de kullanılmaya başlanmıştır (28). İpek böceğinin kozasını oluştururken gözlemlenen süreç, yapay liflerin üretilmesi için gerekli olan yöntemlere dair önemli bir fikri sunmuştur. Yapay liflerin üretimi, ipek böceğinin filamentini oluşturduğu süreci taklit eder. İpek böceğinin bezlerinden salgıladığı sıvı, soğuk havaya maruz kalarak sürekli bir filament haline gelir. Bu süreçten ilham alınarak bir sıvı maddenin, ince deliklerden geçirilmesiyle aynı şekilde sürekli bir filament veya lif haline gelebileceği fikri geliştirilmiştir. Bu temel fikirden, insan yapımı liflerin geniş ve gelişen bir endüstrisi ortaya çıkmıştır (32). Sentetik polimer endüstrisi, naylon lifinin icat edilmesiyle erken 1930'larda var olmuştur (33). Yapay liflerin gelişimi, II. Dünya Savaşı sırasında paraşüt yapımında ipek için bir alternatif bulma ihtiyacıyla önem kazanmıştır (17). İnsan yapımı yapay lifler Şekil 19'da görüldüğü gibi organik ve anorganik olmak üzere kategorize edilmektedir (24).



Şekil 19: Yapay liflerin sınıflandırılması (5,24).

Yapay lifler birçok monomerin bir araya gelerek polimerleri oluşturmasıyla üretilmektedir. Bunun için düze ya da spinneret başlığı (Şekil 20) olarak isimlendirilen kalıplar kullanılmaktadır. Polimer sıvıların düzelerin deliklerinden geçirilmesiyle lifler elde edilir. Düzenin boyutu ve şekli değiştirilerek, tekstil ürününün özellikleri (örneğin parlaklık, yumuşaklık, his) değiştirilebilir (28).



Şekil 20: Farklı düze başlıkları (34).

Rejenere lifler aşağıda sıralanmıştır:

- **Selüloz Esaslı Rejenere Lifler (Rayonlar):** Nitrat rayonu (nitrat ipeği), bakır amonyum rayonu (bakır ipeği), viskoz rayonu, modal, liyosel.
- **Selüloz Ester Lifleri:** Selüloz asetat lifleri, selüloz triasetat lifleri.
- **Protein Esaslı Rejenere Lifler:** Mısır proteini lifleri (zein lifleri, vicara), yer fıstığı proteini (ardil), soya fasulyesi lifleri (silcool), kollagen protein lifleri, kazein lifleri.
- **Çeşitli Doğal Polimer Lifleri:** Alginat, doğal kauçuk (doğal elastomer), silika, alüminyum silikat (5).

Petrol ürünlerinden türetilen sentetik polimer lifler, selüloz temelli olmayan liflerdir ve tamamen insan yapımıdır. Bu lifler farklı uzunluklarda olabilir; kesilmiş ya da uzun olarak kullanılabilirler. Şekilleri, üretilen maddenin akıtılma işlemi sırasında kullanılan düzelerin şekline göre belirlenerek yuvarlak, düz, yonca yaprağı şeklinde veya daha karmaşık yapıda olabilirler. Mikroskop altında incelendiğinde sentetik liflerin düzenli çapları olduğu görülür (28).

Sentetik lifler bir dizi ticari isimler altında satılmaktadır. Tüketici karışıklığını önlemek için, Amerika Birleşik Devletleri Federal Ticaret Komisyonu (U.S. Federal Trade Commission), tüm sentetik olmayan liflerin gruplandırılması için “genel” veya aile isimlerinin kullanımını onaylamıştır. Bu genel sınıfların çoğu birkaç üretici firma tarafından sağlanır ve ticari isimlerin bir çeşitlilik altında satıldığı görülür. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde polyester lifleri, Dacron, Fortrel ve Kodel gibi isimler altında pazarlanmaktadır, İngiltere'de ise Terylene olarak bilinirler (1).

Sentetik lifler aşağıda sıralanmıştır.

- **Poliamid Lifleri**
- **Polyester Lifleri**
- **Polivinil Türevleri:** Akrilik, modakrilik, klorofiber, vinil, florofiber.
- **Poliolefin Lifleri:** Polietilen, polipropilen.

- **Poliüretan Lifleri:** Poliüretan, elastomer.
- **Aramid (35).**

Yapay liflerin tekstil endüstrisinde çok yaygın olarak kullanılması ile fiziksel özelliklerinden dolayı sıklıkla transfer olmaları, adli açıdan önemlidir. (27). Sentetik lifler kriminal laboratuvarlarda polarize mikroskop veya kızılötesi spektroskopi kullanılarak ayırt edilmektedir (28).

2.4.2.1. Viskoz lifi ve genel özellikleri

Viskoz lifi rejenere selülozik liftir. Viskoz ipeği, viskoz rayonu, floş ve odun ipeği olarak da bilinmektedir (4).

Tablo V. Viskoz lifinin özellikleri (5)

| <i>Özellik</i> | <i>Açıklama</i> |
|-----------------------------|---|
| <i>Uzunluk</i> | Kesikli ya da filament halde üretilirler. |
| <i>İncelik</i> | İstenilen incelikte üretilirler. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Uzunlamasına çizgilidir. |
| <i>Enine Kesit</i> | Düzensüzdür. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,52 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Rengi şeffaftır (matlaştırma yapılmadıysa). |
| <i>Parlaklık</i> | Parlaktır (matlaştırma yapılmadıysa). |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Nadirdir. |
| <i>Mukavemet</i> | 18 cN/tex'tir. |
| <i>Alev Alma</i> | Çabuk ve kolay yanar. |

Viskoz lifi; kızılçam, kayın, ladin, kavak gibi ağaçlar veya saman, pamuk linteri, ayçiçeği, keten ve kenevir saplarından elde edilen selüloz kullanılarak üretilmektedir.

Selülozik yapıdaki viskoz lifinin genel özellikleri pamuk lifine benzese de lif üretimi, terbiye ve boyama işlemlerinde farklı reaksiyonlar gösterebilir (5).

2.4.2.2. *Naylon lifi ve genel özellikleri*

Naylon lifleri poliamid (PA) lifleri sınıfına girmektedir. Poliamid makro molekülü, amid (-CO-NH-) monomerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Naylon liflerinin diamin molekülündeki karbon sayılarına göre farklı türde naylon lifleri bulunmaktadır. Naylon 6, naylon 6,6, naylon 6,10 ve naylon 5 lifleri bu duruma örnek olarak verilebilir. Naylon 6 lifleri 6 karbonlu amino asitten, naylon 6,6 lifleri ise 6 karbonlu amin ve 6 karbonlu asitten oluşmaktadır (5).

Tablo VI. Naylon lifinin özellikleri (5)

| Özellik | Açıklama |
|-----------------------------|--|
| <i>Uzunluk</i> | İstenilen uzunlukta üretilebilir. |
| <i>İncelik</i> | İstenilen incelikte üretilebilir. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Pürüzsüz, düz bir çubuktur. |
| <i>Enine Kesit</i> | Yuvarlaktır. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,14 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Beyaz üretilir. |
| <i>Parlaklık</i> | Parlak olarak üretilebilirler, istenilirse mat olarak da kullanılır. |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Hidrofob olduğu için statik elektriklenir. |
| <i>Mukavemet</i> | 37-66 cN/tex arasındadır. |
| <i>Alev Alma</i> | Yavaşça erir. Yanık oluşturabilir. |

Naylon lifi, doğrudan iki aromatik halkaya bağlı olan amit bağlarının %85'ten az olduğu uzun zincirli sentetik poliamittir (17).

2.4.2.3. Polyester lifi ve genel özellikleri

Polyester grubu liflerin monomeri esterdir (-CO-O-). Esterler bir asit ve bir alkolden meydana gelmektedir (5). Polyester lifi mikroskopla incelendiğinde, boyunda pürüzler görünür çünkü oligomerlerden oluşan seyrek çıkıntıları bulunmaktadır (24).

Tablo VII. Polyester lifinin özellikleri (5)

| <i>Özellik</i> | <i>Açıklama</i> |
|-----------------------------|--|
| <i>Uzunluk</i> | İstenilen uzunlukta üretilebilir. |
| <i>İncelik</i> | İstenilen incelikte üretilebilir. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Pürüzsüz düz çubuk şeklindedir. |
| <i>Enine Kesit</i> | Yuvarlaktır. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,39 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Beyaz üretilir. |
| <i>Parlaklık</i> | Parlaktır (matlaştırma yapılmadıysa). |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Yapısındaki elektriği iletecek polar grupların aktif olmaması sebebi ile statik elektriklenme gözlemlenir. |
| <i>Mukavemet</i> | 47-56 cN/tex'tir. |
| <i>Alev Alma</i> | Damlamalı olarak yavaş yanar. |

Polyester lifi, ağırlığının en az %85'ini bir ester veya değiştirilmiş aromatik karboksilik asitten oluşan uzun zincirli sentetik bir polimerdir (17).

2.4.2.4. Akrilik lifi ve genel özellikleri

Akrilik lifinin ticari ismi orlon'dur (4). Akrilik lifleri, poliakrilonitril bileşikleridir yani yapısında vinil siyanür olarak bilinen akrilonitril ($\text{CH}_2=\text{CH-CN}$) monomerleri bulunan makro moleküllerdir. Akrilonitril, doymamış bir karboksilli asit olan akrilik asidin nitrilidir (5).

Tablo VIII. Akrilik lifinin özellikleri (5)

| <i>Özellik</i> | <i>Açıklama</i> |
|-----------------------------|---|
| <i>Uzunluk</i> | Genellikle kesikli hali kullanılır. |
| <i>İncelik</i> | İstenilen incelikte üretilebilir. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Pürüzsüz, düzgün çubuk şeklindedir. |
| <i>Enine Kesit</i> | Yuvarlak ya da sekiz biçimindedir. |
| <i>Yoğunluk</i> | 1,19 gr/cm ³ 'tür. |
| <i>Renk</i> | Beyazdır. İstenilirse renkli de üretilebilir. |
| <i>Parlaklık</i> | Parlaktır. İstenilirse matlaştırılabilir. |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Yüksektir. |
| <i>Mukavemet</i> | 27 cN/tex'tir. |
| <i>Alev Alma</i> | Sarı alev ile yanar ve kül bırakır. |

2.4.2.5. Polipropilen lifi ve genel özellikleri

Polipropilen lifleri, poliolefin grubuna giren sentetik bir elyaf grubudur. Poliolefin lifleri, doymuş bir hidrokarbonun polimerleşmesi ile elde edilmektedirler (5).


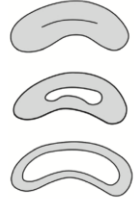
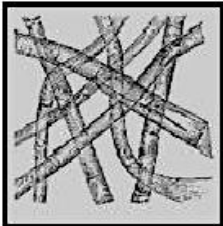
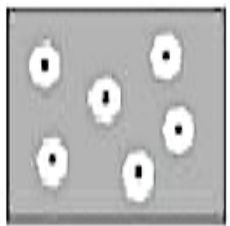
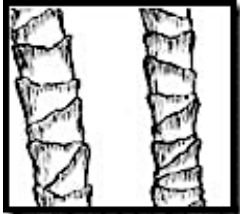
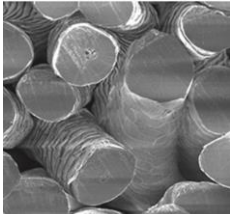
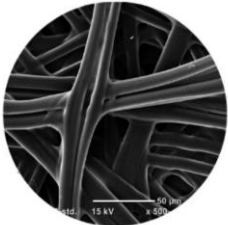

Tablo IX. Polipropilen lifinin özellikleri (5,24)

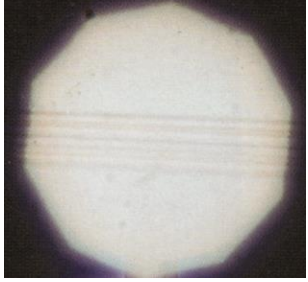
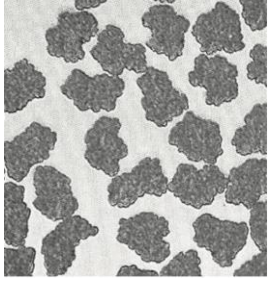
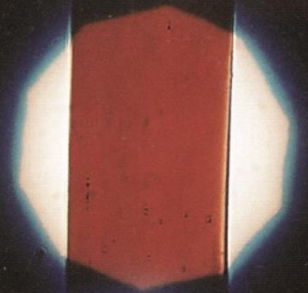
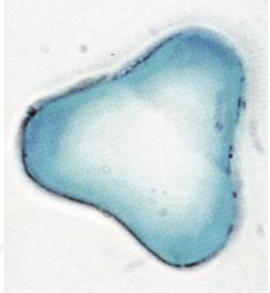

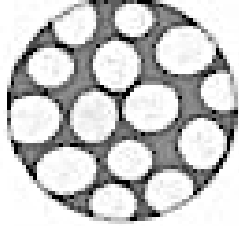
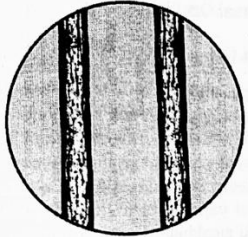
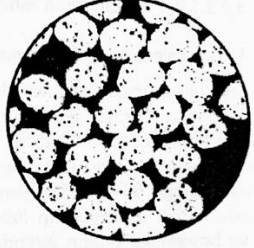
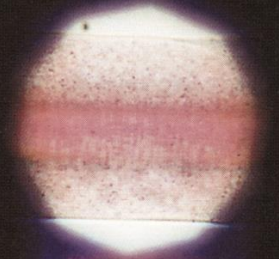
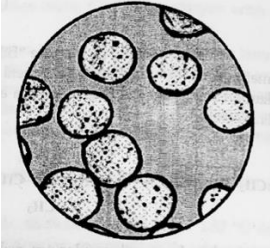
| <i>Özellik</i> | <i>Açıklama</i> |
|-----------------------------|---|
| <i>Uzunluk</i> | İstenilen uzunlukta üretilebilir. |
| <i>İncelik</i> | İstenilen incelikte üretilebilir. |
| <i>Yüzey Şekli</i> | Pürüzsüz, düz, mumsu şekildedir. |
| <i>Enine Kesit</i> | Yuvarlaktır. |
| <i>Yoğunluk</i> | 0,91 gr/cm ³ (en hafif lif türüdür). |
| <i>Renk</i> | Renksizdir. |
| <i>Parlaklık</i> | Mat veya düşük parlaklıktadır. |
| <i>Statik Elektriklenme</i> | Sürtünme direnci yüksektir. |
| <i>Mukavemet</i> | 65 cN/tex'tir |
| <i>Alev Alma</i> | Yanması yavaştır, isli duman oluşturur ve hemen erir. |

2.4.3. Tekstil Liflerine Genel Bakış

Tekstil endüstrisinde kullanılan bazı önemli tekstil liflerinin kısaltmaları ile yüzey şekilleri ve enine kesit görüntüleri Tablo X'da verilmiştir.

Tablo X. Bazı önemli tekstil liflerinin kısaltmaları, yüzey şekli ve enine kesit görüntüleri (4,5,36,37,38)

| Lif Çeşidi | Uluslararası Elyaf Kısaltması | Yüzey Şekli | Enine Kesit |
|------------|-------------------------------|---|---|
| Pamuk | CO, CD, BW |  |  |
| Keten | LI |  |  |
| Yün | WO |  |  |
| İpek | SE |  |  |

| | | | |
|---------------------|-----------------|---|---|
| Viskoz | VI, CV |  |  |
| Naylon | PA |  |  |
| Polyester | PET, PES |  |  |
| Akrilik | PAN |  |  |
| Polipropilen | PP |  |  |

2.5. Lif Transferi ve Kalıcılığı

Edmond Locard tarafından ortaya atılan Locard Değişim Prensibi, her temasın iz bıraktığından bahseder. Faillerin olay yerinde bıraktığı eser delillerinin incelenmesi ile suçla ilişkilendirilmesi mümkündür (39). Eser deliller; lif, saç, boya parçası, cam kırığı gibi az miktarda olay yerine transfer olan materyallerdir (40). Bu deliller bir kişiden diğerine transfer olmaktadır (28). Eser delillerin analizi ile temasın kanıtlanması, Locard Değişim Prensibinde bahsedildiği üzere iki nesnenin temas etmesi halinde meydana gelen çapraz transfer ile gerçekleşir (40). Transfer doğrudan (birincil) transfer ve dolaylı transfer olmak üzere ikiye ayrılır. Doğrudan transfer, bir aracı olmadan kaynaktan direkt aktarılması iken dolaylı transfer, bir veya birden fazla ara nesne içeren aktarımdır (17).

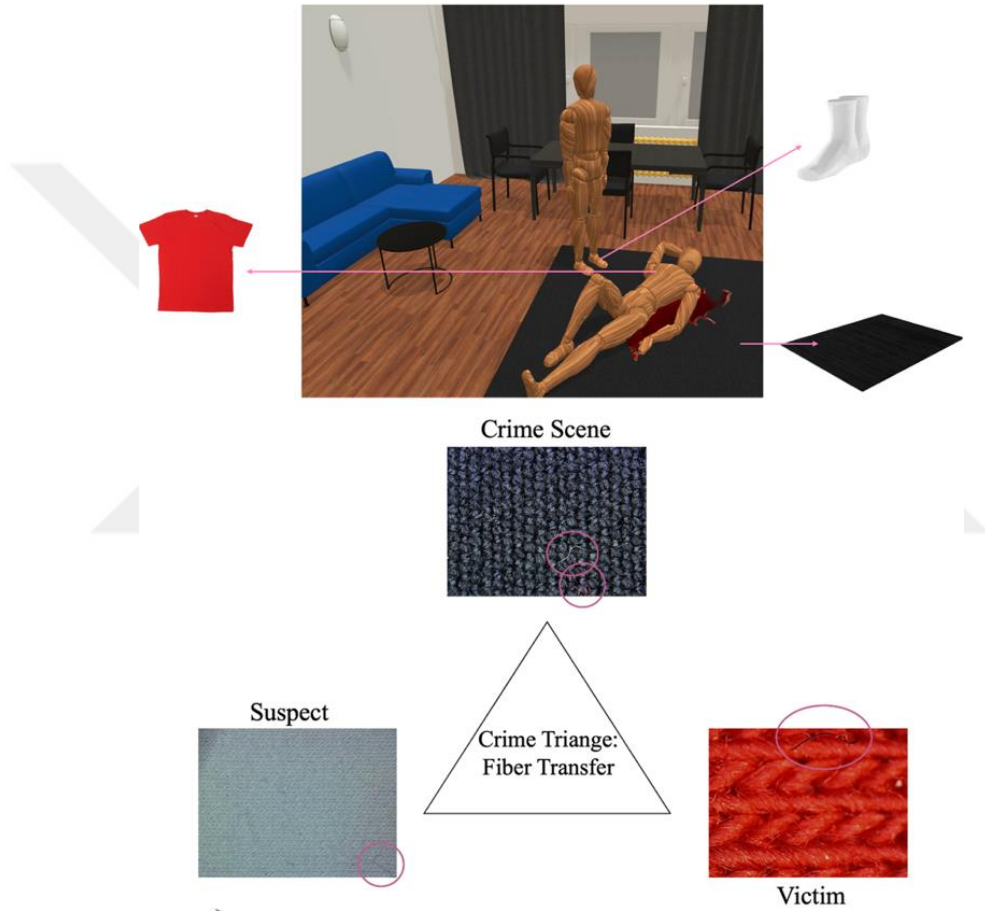
Transfer sürecinin ikinci kısmı kalıcılıktır. Transfer olan materyal, transfer olduğu yerde başka bir kaynağa transfer olana veya tanımlanamayacak kadar bozulana kadar kalacaktır. Kalıcılık süresi materyalin ne olduğu ve nerede bulunduğu, materyalin bulunduğu çevre ve materyalin etrafındaki aktivite, transferden itibaren geçen zaman gibi faktörlere bağlıdır (41).

Liflerin adli değere sahip olduğu 20. yüzyıla kadar bilinmiyordu. 1970'lerden bu yana Pounds ve Smalldon, Grieve, Robertson ve Roux gibi bilim insanları, adli bilimler çerçevesinde liflerin transferini ve kalıcılığının yorumlanması hakkında önemli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir (Aktaran: 35).

2.5.1. Lif Transferi

Günlük hayatta tekstil ürünlerinin birçok kullanım alanı olduğundan, gün içinde birçok farklı tekstil ortamında hareket etmekteyiz. Tekstil ürünlerini oluşturan lifler ise sürekli saçılarak insanlara, nesnelere ve bulunduğu ortamlara transfer olmaktadır (17). Liflerin dağılımı ve transferini göstermek için kullanılan transfer diyagramları, temasın anlaşılmasına ve haritalandırılmasına yardımcı olmaktadır (2). Lif transferi konusunda “donör” yani liflerin transfer olduğu kaynak ile “alıcı” yani liflerin transfer olduğu hedef

olmak üzere iki kavram bulunmaktadır (35). Şekil 21'deki transfer diyagramını incelendiğinde mağdurun kırmızı blüzüne ait lifler ile failin çorabına ait lifler, olay yerindeki halı üzerine doğrudan transfer olmuştur. Bu durum birincil transferi ifade etmektedir. Aynı zamanda failin çorabı ile halı arasında çapraz transfer meydana gelmiş olup failin çorabında halı lifleri bulunmaktadır. Failin bu halı lifini, kendi evindeki halıya aktarması da ikincil transferi ifade etmektedir (6).



Şekil 21: Lif transfer diyagramı (6).

Lif transferi dinamik bir süreci kapsamaktadır. Özellikle kumaşlar arası lif transferinde üç adet mekanizma bulunmaktadır. Bunlar:

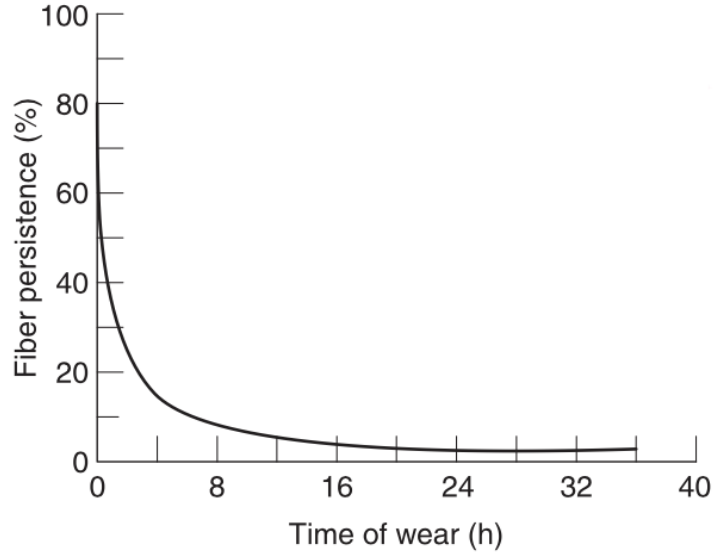
1. Kumaş yüzeyinde bulunan saçılmış liflerin transferi,
2. Saçılmış liflerin sürtünme yoluyla kumaştan ayrılması ve
3. Temas sonucunda oluşan lif parçacıklarının transferidir (35).

Tekstil ürünleri birçok farklı lif türü ve mekanizma kullanılarak üretilmektedir. Dolayısıyla lif transferi bu tür tekstil parametrelerine bağlıdır (35). Ürünlerin üretim amacı, kullanımını ve ne sıklıkta temizlendikleri gibi faktörlere bağlı olarak lif saçılmaları değişkenlik gösterebilir (17). Lif transferi; lif türü, lifin morfolojisi, kumaş konstrüksiyonu haricinde temas alanı ve temas kuvvetine bağlı olarak da değişkenlik gösterebilir (35).

Lif transferini etkileyen birçok değişken olduğu için simülasyon deneyleri genel bir rehberlik sağlayabilir. Küçük ve yarı kapalı mekanlarda liflerin temassız bir şekilde transfer olabildiği de güncel çalışmalarla desteklenmiştir (42). Bu sebeple lif transferinin meydana geldiği vakalarda adli bilimcilerin olayı anlama ve çözümleme yetenekleri, ilgili faktörlerin farkında olmaları ve sonuçlara varırken karşılaştıkları kısıtlamaları anlamaları çok önemlidir (38).

2.5.2. Lif Kalıcılığı

Olay yerine transfer olan liflerin olay yeri inceleme ekipleri tarafından bulunup bulunmayacağı, liflerin kalıcılığı ile ilişkilidir. Genel bir kanı olarak transfer olan yüzeyin doğasına bağlı olmaksızın transferden sonra hızlı bir kayıp meydana gelir ve zaman geçtikçe olay yerinden elde edilecek lif miktarı da azalmaktadır. Bu sebepten dolayı mümkün olan en kısa süre içinde olay yeri ve ilgili yüzeylerden lif örnekleri toplanılmalıdır (35). Şekil 22’de genel kanıya uygun olarak giysi üzerindeki lifin kalıcılığı verilmiştir.



Şekil 22: Giysilerdeki liflerin kalıcılığı (35).

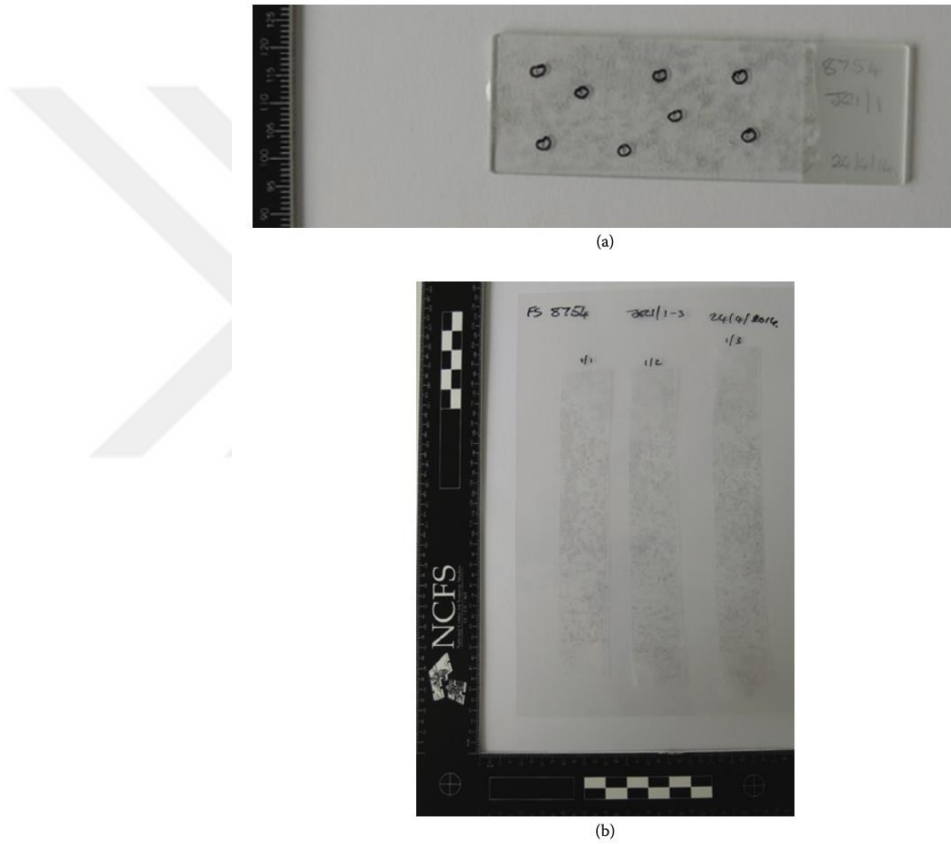
Klasik kayıp eğrisi her senaryoda aynı olmayabilir. Bazı durumlarda lifler transfer olduğu konumda saatler, günler ve süresiz olarak tutunabilmektedir. Kalıcılığa etki eden faktörler; temas kuvveti veya basıncı, temas alanı, transfer olan liflerin boyutu ve morfolojisi, alıcı giysinin yıkanması ve transfer alanına temas eden başka giysilerin olması gibi faktörlerdir (35).

2.6. Lif Bulgularının Olay Yerinden Toplanması

Olay yeri incelemesi; olay yerindeki bulguları tespit edip belgeleme, olay yerinden elde etme, paketleme ve analizler için ilgili birime yollama aşamalarını kapsayan bilimsel metotların kullanıldığı bir süreçtir (10).

Görsel tarama, ışık kaynakları ve büyüteç kullanılarak tespit edilen tekstil lifleri; bantlama, tarama, kazıma, forseps ile toplama veya vakumlama yöntemleri kullanılarak olay yerinden toplanılmaktadır. Giysi gibi çeşitli nesnelere üzerinde lifler toplanılmadan önce, nesne altına beyaz bir kâğıt yerleştirilerek nesne üzerindeki liflerin ve diğer bulguların mekanik sallama yöntemi ile kâğıda düşmesi sağlanır (43).

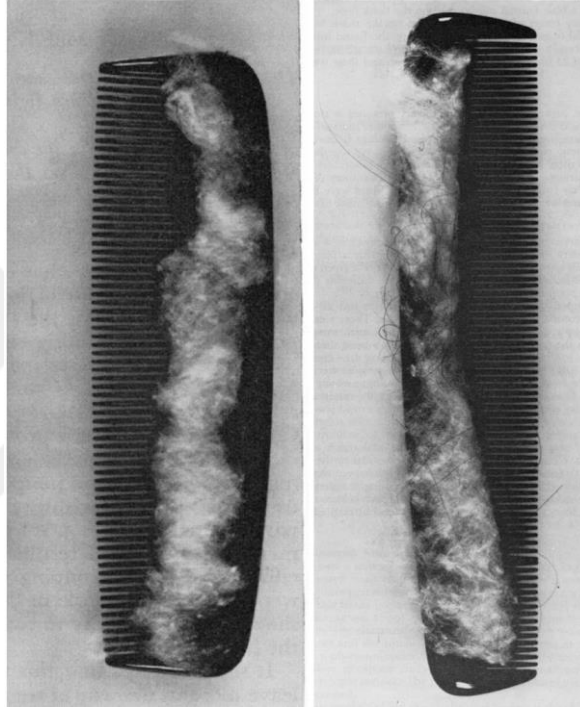
- **Bant ile kaldırma:** Yapışkanlı şeffaf bantlar kullanılarak lifler yüzeylerden toplanabilir. 1:1 bantlama veya bölgesel bantlama metotlarından biri seçilerek bulgular toplanır (43). Bantlar Şekil 23'teki gibi cam ya da asetat yüzeye yapıştırılabilir (38). Liflerin yerleri tespit edilir ve kutucuklar şeklinde işaretlenir. Kutucukların kesilmesinin ardından çözücü yardımı ile lifler bantlardan ayrıştırılır ve sonrasında analiz edilir (35). Gelişen teknolojiyle manuel analizler haricinde bantlardaki liflerin tespit edilebilmesi için otomatik sistemler de kullanılmaktadır (43).



Şekil 23: (a) Lamın üzerine yapıştırılan bant, (b) asetat üzerine yapıştırılan bant (38).

- **El ya da forseps ile toplama:** Temiz eldiven veya forseps kullanılarak lifler toplanabilir. Forsepsin ucuna yapıştırıcı sürmek de alternatif bir yöntemdir (38,43).
- **Kazıma:** Kirli nesnelere, gömülü veya çürümüş cesetlerden iz delilleri toplamak için kazıma yöntemi uygulanabilir. Bu yöntem ile kazınan bulgular petri kabının içerisine konarak analize gönderilir (43).

- **Vakumlama:** Hortum ve toplama filtresinden oluşan vakumlar modifiye bir elektrikli süpürge'dir. Bir saha tekniği olan vakumlama metodu, büyük ve geniş alanlardan lifleri toplamak için kullanılabilir (43).
- **Tarak ile tarama:** Yüz maskesi ve şapka gibi aksesuarların kullanıldığı vakalarda saçtan lif örneği toplamak için dişlerinde pamuk olan taraklar kullanılabilir. Basit ve hızlı olan bu yöntem Şekil 24'te gösterilmiştir (44).



Şekil 24: Tarama metodunda kullanılan tarak (44).

Olay yerinden toplanmış tekstil ürünleri laboratuvara gönderilmek üzere paketlenmektedir. Bulguların paketlenmesi için kâğıt gibi materyaller kullanılarak eczacı katlaması olarak isimlendirilen yöntem kullanılabilir. Lif bulguları, kontaminasyonu önlemek için ayrı ayrı paketlere konmalıdır. Paketlerin dışı, numune ile ilgili bilgileri içeren etiketlerle etiketlenmelidir. Tarih, saat, yer, bulgu numarası, olay yeri incelemesi yapan şahsın adı, imzası vb. gibi bilgiler yazılmalı ve ardından paket mühürlenmelidir. Her olay yerinde olduğu gibi, lif bulgularının toplanırken belgelenmesi ve fotoğraflanması son derece önemlidir (43,45).

2.7. Adli Lif İncelemeleri

Olay yerinden kriminal laboratuvarlara gönderilen bulguların analiz edilmesinde, tanımlama ve mukayese olmak üzere iki temel süreç bulunmaktadır. Tanımlama, bir nesnenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi ve nesneyi bir grubun üyesi olarak sınıflandırmak için kullanılır. Tanımlamanın amacı, mevcut analitik tekniklerin izin verdiği kadar yakın mutlak kesinlikle, fiziksel veya kimyasal kimliği belirlemektir. Mukayese yani karşılaştırma ile şüpheli numune ile standart/referans numunenin ortak bir kökene sahip olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Sorgulanan delil, kaynağı bilinen nesnelere karşılaştırılır (1,17). Bunlar olay yerinde bulunan ve kişilerden, araçlardan ve fiziksel yerlerden alınan örneklerdir. Mukayese örnekleri bilinmeyen/sorgulanan veya bilinen bir kaynaktan olabilir (40). Olay yerindeki bulgularla karşılaştırma yapmak için mukayese örneklerinin bulunmadığı zamanlarda ise lifin türü tespit edilmeye çalışılır (46).

Fiziksel inceleme, enstrümantal analiz ve kimyasal testler ile adli amaçlı lif analizleri gerçekleştirilmektedir. Tanımlama kapsamında ilk olarak lifin morfolojisi tespit edilerek lifin cinsi belirlenir. Bu tanımlama; mikroskobik analiz, renklendirmede kullanılan boyarmaddelerin tespiti ile kimyasal yapılarının belirlenmesiyle yapılır. Sonraki aşamada ise şüpheli bir kaynaktan gelen liflerle mukayese edilirler (43).

2.7.1. Mikroskopi

Fiziksel inceleme, tekstil liflerinin adli amaçlı incelenmesinde ilk adımdır. Olay yerinden elde edilen bulgular ile mukayese örneklerinin karşılaştırılması için fiziksel inceleme yeterli olabilir. Ayrıca enstrümantal analizler için fikir vererek kullanılacak yöntemi belirleyebileceği gibi sonuçların yorumlanmasını da kolaylaştıracaktır (46). Fiziksel incelemeler çoğunlukla mikroskopi ile gerçekleştirilir.

- **Basit Işık Mikroskobu:** Morfolojik olarak karakteristik olan lif türlerini ayırt etmek için kullanılır. Örnek olarak basit ışık mikroskobunda pamuk lifinin bükümlü yapısı

tespit edilebilirken, yüzey yapıları birbirine benzeyen sentetik lifler yalnızca bu mikroskop türü ile tespit edilemezler (43).

- **Polarize Işık Mikroskobu:** Basit ışık mikroskobundan farklı olarak çift kırılma malzemelerini içermektedir. Çift kırınım, liflerin karakteristik özelliklerinden biridir. Bu mikroskop sentetik liflerin tanımlanmasında kullanılır (43). Polarize ışık mikroskobu kullanılarak bir lifin; hayvansal, bitkisel, rejenere veya sentetik lif sınıfından olduğu da tespit edilebilir (47). Polarize ışık mikroskobunu daha verimli hale getirerek lif karşılaştırması yapmak da mümkündür (48).
- **Stereo Mikroskobu:** Üç boyutlu görüntü sağlayan stereo mikroskop, okülerden gelen iki görüntüyü birleştirir ve göze derinlik oluşturur (40). Olay yerinden bantla kaldırma metodu gibi çeşitli metotlarla elde edilen liflerin laboratuvar analizleri için seçilmesinde kullanılır (43).
- **Mukayese Mikroskobu:** Birden fazla örneği karşılaştırmayı sağlayan mikroskoptur (10). Lif analizleri için de kullanılır. Metamerizm, eşzamanlı kontrast ve chameleon etkisi gibi renk algısının etkilenmesine sebep olabilecek ışıklandırmadan kaçınılması gerekmektedir. Bunun için Kohler aydınlatılması kullanılmaya özen gösterilmelidir (43).
- **Taramalı Elektron Mikroskobu:** Liflerin morfolojik yapılarının (yüzeyleri ve enine kesitleri) yüksek büyütme oranı ile üç boyutlu olarak görüntülenmesini sağlar (43).
- **Floresan Mikroskobu:** Liflerde bulunan floresan bileşenlerinin mukayesesi için kullanılır (43). Floresan özelliklerin incelenmesi ile, lifin kendisi veya üzerindeki floresan boyalar veya parlaklaştırıcılar hakkında daha fazla bilgi sunabilir (49).

2.7.2. Enstrümantal Analiz

Adli lif analizleri için fiziksel analizden sonra mutlaka enstrümantal analiz yapılmalıdır. Böylelikle fiziksel inceleme sonucu teyit edilerek fiziksel incelemede eksik kalan bilgilerin edinilmesi sağlanılabilir (43).

2.7.2.1.Kromatografi

Adli lif incelemelerinde kromatografi, sıklıkla boyarmadde analizinde kullanılmaktadır. Boyarmadde, tekstil materyallerine renk katan kimyasal maddelerdir (4).

- **İnce Tabaka Kromatografisi (İTK):** Tekstil liflerindeki boyarmadde karşılaştırılmasında yaygın kullanılan bir araçtır. İTK ile diğer metotlara kıyasa çok daha fazla boyarmadde sınıfı ayırt edilebilse de lifleri renklendirmede kullanılan boyarmaddelerin karmaşık kimyasal yapılarını ayırt edebilmek için ön elemeler gerekmektedir. Bu da işlemi zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda başka tekniklerle birlikte kullanılarak verimliliği artırılır (50).
- **Sıvı Kromatografisi:** Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), ultra performans sıvı kromatografisi (UPLC), jel geçirgenlik kromatografisi (GPC) gibi sıvı kromatografik yöntemler adli lif analizlerinde kullanılmaktadır. HPLC, boyarmaddelerin analizinde ve miktar belirlenmesinde kullanılır. UPLC de HPLC gibi yüksek çözünürlüktedir ve boyarmaddelerin hassas karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. GPC ise PET gibi liflerin aynı kaynaktan gelip gelmediğinin tespit edilmesinde kullanılabilir (50).
- **Gaz Kromatografisi:** Özellikle piroliz tekniği ile kombine edilerek adli lif analizlerinde kullanılmaktadır (43).

2.7.2.2.Spektroskopi

Spektroskopi, tekstil liflerinin adli olarak analiz edilmesinde kullanılan diğer enstrümantal yöntemdir. Bunun için mikrospektrofotometri, kızılötesi spektroskopisi,

Raman spektroskopisi, floresans spektroskopisi, X-Ray spektroskopisi, kızılötesi kimyasal görüntüleme, kütle spektroskopisi gibi spektroskopik yöntemler bulunmaktadır.

- **Mikrospektrofotometri (MSP):** Standart bir spektrofotometrenin mikroskopla entegre edilmiş versiyonu olan mikrospektrofotometri, liflerin renklerini ölçmek için kullanılmaktadır. Boyalı liflerin karşılaştırılmasını sağlar. Morötesi-Görünür Bölge Spektroskopisiyle birlikte kullanılarak da lifler arasındaki potansiyel farkları ve renkleri analiz etmek mümkündür (43).
- **Fourier Dönüştürümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi:** Liflerin bulunduğu sınıf, alt sınıf ve kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Boyarmaddelerin belirlenmesinde modifiye edilmiş versiyonları tercih edilebilir (51). Olay yerinden elde edilmiş lif bulgusunu mukayese edecek karşılaştırma örneğinin bulunmadığı durumlarda, tahribatsız olan bu yöntem başvurulabilir (46).
- **Raman Spektroskopisi:** Titreşim spektroskopisi olan bu spektroskopi yöntemi de boyarmaddelerin ayrımı için kullanılan etkin bir analitik tekniktir. Bunun sebebi boyarmaddelerin polar olmayan bağlarla karakterize edilmesi ve Raman bantlarının çoğunluğunun boyarmaddelerden gelmesidir (51).
- **X-Ray Floresans Spektroskopisi:** Kalitatif ve kantitatif analiz yaparak tekstil liflerinin elementel karakterizasyonu ve kompozisyonun tespit edilmesinde kullanılmaktadır (51).

2.7.3. Otomatik Lif Sistemleri

Otomatik lif bulma sistemleri, yapışkan bant kullanılarak toplanmış lifler için kullanılan sistemdir. Bantlardaki liflerin taranarak belirli renkteki liflerin tespit edilmesi, laboratuvar aşamasında zaman kazanılmasını sağlamaktadır. Başta yavaş olan bu sistemler, 1980'lerden itibaren gün geçtikçe daha hızlı çalışır hale gelmektedir (52).

Otomatik lif bulma sistemleri, RGB renkli görüntülerden elde edilen verileri kullanarak otomatik tarama yapmayı sağlar. Raman mikroskobuyla birlikte kullanıldığında bu sistem, liflerin spektral sinyallerine istatistiksel analiz yapmak için gerekli ölçümleri minimum düzeye indirerek, liflerin otomatik olarak tespit edilmesini ve analiz edilmesini sağlar (53). Sınırlamalar olsa da adli lif analizlerinde bilgisayar destekli yöntemler de kullanılmaktadır (54).

Günümüzde SHUTTLE PCP ile geliştirilen TRACES Konsorsiyumu, SMMART adli araç setini geliştirmiştir. 31 Ekim 2022 tarihinde üçüncü faz çalışması tamamlanmış olan SMMART, adli lif incelemeleri için kullanılabilir yüksek verimli bir mikroskop ve bir araç setidir (55).

2.7.4. Kimyasal Testler

Kimyasal testler, bulguyu tahrip hatta yok edeceği için liflerin kriminal laboratuvarında incelenmesi için uygulanacak ilk adım olarak tercih edilmezler. Çoğu vakada lifler eser miktarda bulunduğu ve bulgulara birden fazla analizin uygulanması gerekebileceği için bulguyu bozmayacak yöntemlerin uygulanması önem teşkil eder. Fiziksel ve analitik yöntemlerin yeterli gelmediği durumlarda kimyasal testlere başvurulabilir. Adli lif incelemeleri kapsamında bunlar; erime noktası analizi, çözünürlük testleri, yakma testleridir (43).

2.8. Lif Delilinin Adli Olarak Yorumlanması

Tekstil liflerinin tanımlanması ve mukayese edilmesinden sonra çok önemli bir adım daha bulunmaktadır. Bu adım mukayese edilen lifler arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve formüle edilmesidir (41).

Günümüzdeki analitik teknikler, bir lifin kesin olarak ait olduğu tekstil ürününü tespit edememektedir. Bu sebeple lifler sınıfsal delil olarak sınıflandırılmaktadır. Sıklıkla değişen moda anlayışı ile tekstil ürünlerinin seri üretiminden dolayı tüm lif türlerinin kökenini

içeren istatistiksel bir veri tabanı da bulunmamaktadır. Ancak bu durum beraberinde bir avantaj da getirmektedir. Bu avantaj da binlerce farklı renkteki çeşitli liflerin bulunmasıdır. Adli kapsamda liflerin rengi, morfolojisi, boyutları, kimyasal bileşimi ve boyarmaddesi gibi özellikleri karşılaştırıldığı için lif ilişkisi göz ardı edilemez (1). Beyaz ve siyah renkli pamuk ve indigo boyalı pamuk (kot) haricindeki lif türleri “yaygın” olarak kabul edilmemektedir (17).

Liflerin değeri, bilinen ve bilinmeyen faktörlere bağlıdır. Bilinen faktörler vakanın koşulları, bulguların toplanılmasından önce geçen süre, eşleşen liflerin sayısı, liflerin konumu, çapraz transferin varlığı gibi değerlendirme yapılabilecek faktörlerdir. Bilinmeyen faktörler ise temasın kapsamı ve kuvveti, kesin temasın kanıtı, kaynağın lif saçma potansiyeli ve eşleşen lif türlerinin ortaya çıkma sıklığı gibi belirlenmesi zor faktörlerdir (35).

Tekstil liflerinin delil değeri; lif transferi ve kalıcılığı, liflerin görülme sıklığı ile istatistiksel yorumlama ile ilgilidir. Liflerin sıklığı yani frekansı, “temasın varlığında gözlemlenen lif özelliklerini bulma olasılığı nedir?” ve “temasın yokluğunda gözlemlenen lif özelliklerini bulma olasılığı nedir?” gibi soruların yanıtlanmasına yardımcı olur. Liflerin frekansının belirlenmesi için popülasyon çalışmaları, hedef çalışmaları, veri koleksiyonları ve ticaret soruşturmaları yapılmaktadır (35). Belirli yerlerdeki liflerin çapraz kontrolü yapılarak, çeşitli kıyafetlerdeki belirli lifler aranarak çalışmalar yürütülmektedir (17). Bir nesne üzerinde eşleşmenin sağlandığı liflerin sayısının artması tesadüf olasılığını azaltır (41). Sınıf delillerinde olduğu gibi olayın koşulları, liflerin nerede ve ne miktarda bulunduğu, liflerin ve tekstil ürünlerinin doğası ile analiz yapan kişinin değerlendirmesi lif karşılaştırmada çok önemlidir (1).

Kanıt yorumlaması, bilimsel sonuçları ilgili adli makamlara açıklamaktır. Bayes değerlendirmesi de kanıt değerlendirme yollarından bir tanesidir (56). Bayes teoremine

dayalı olasılıksal model, delillerin birleşimini ve karar sürecindeki evrimini açıklayan bir modeldir (35). Kanıt değerlendirmesi için son yıllarda bir ülke veya ENFSI (European Network of Forensic Science Institutes: Avrupa Adli Bilim Enstitüleri Ağı) ve OSAC (The Organization of Scientific Area Committees) gibi bir ağ içerisinde sonuçların yazımı standartlaştırılmaktadır (56).

2.9. Video Spectral Comparator 8000 (VSC8000)

Üreticisi Foster+Freeman® olan Video Spectral Comparator (VSC) 8000, adli belge incelemelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş video spektral bir cihazdır. Adli belge inceleme haricinde de adli bilimlerin çeşitli alanlarında kullanılabilen bu cihaz, aydınlatma kabini içerisindeki çeşitli dalga boyları ile dijital görüntüleme sağlar. Elektromanyetik spektrumdaki morötesi, görünür ve kızılötesi bölgelerde çoklu spektral görüntüleme, 3 boyutlu topografik görüntüleme ve tam spektrumlu renk analizi yapmaktadır (57).

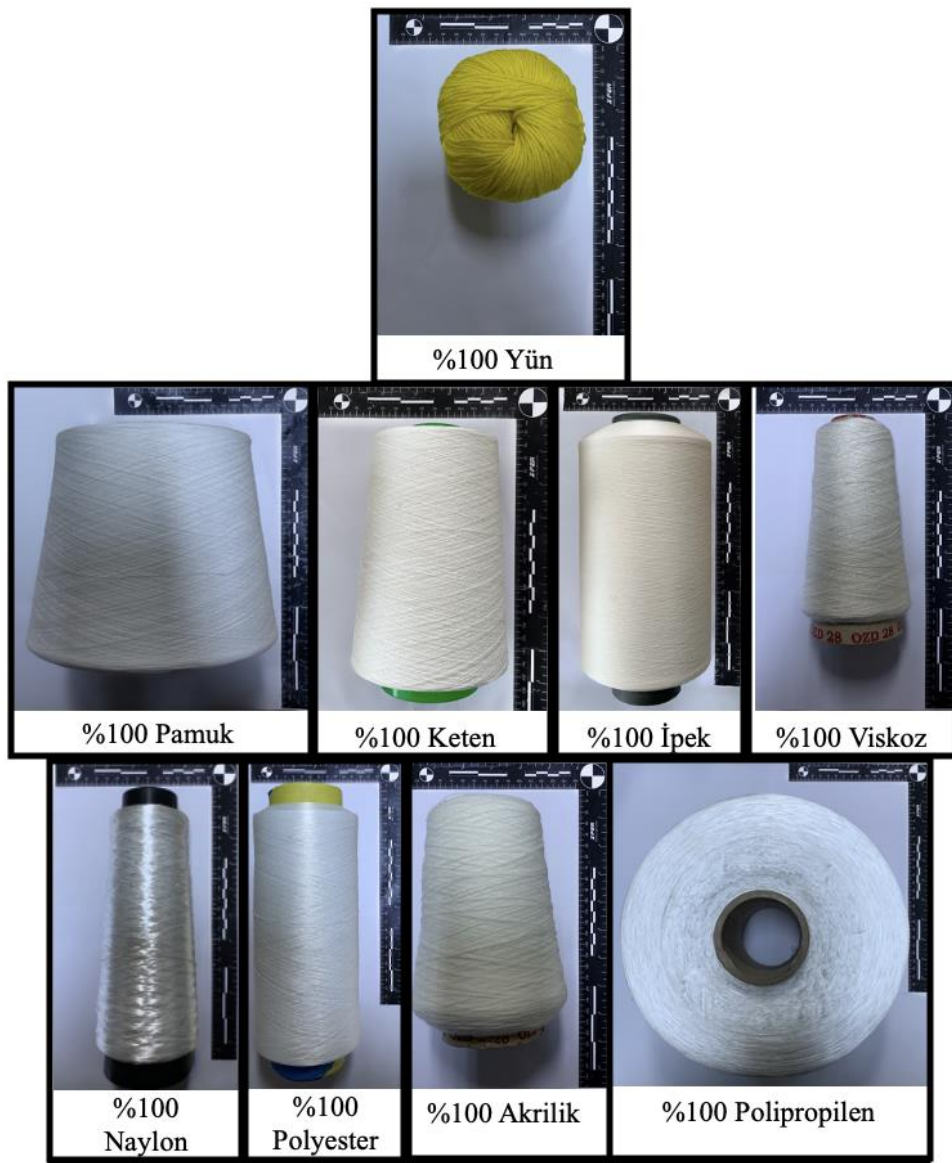
Literatürde, adli lif incelemesi amacıyla VSC'nin kullanılarak liflerin direkt incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. 2019'da Góra ve Wąs-Gubała tarafından yapılan bir çalışmada pamuk liflerindeki boyarmaddeler ekstrakte edilmiştir. İnce tabaka kromatografisindeki sonuçlar VSC kullanılarak görüntülenmiştir (58).

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Gereç

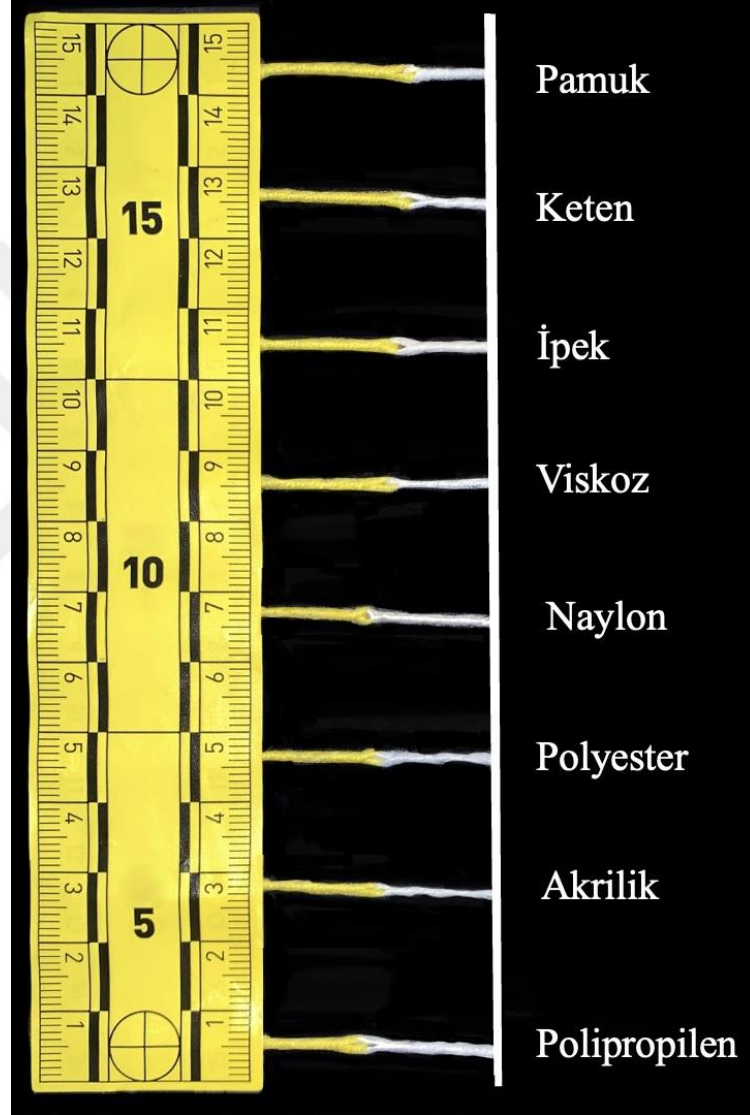
3.1.1. İpler

Tez çalışmasında kullanılmak üzere dokuz farklı lif türüne ait tekstil materyali temin edilmiştir. Bunlar referans olarak seçilen %100 yün örgü ipi ile sekiz adet farklı içerikte iplikler (Şekil 25). Referans ipin şapka içerisindeki kalınlığı, kumpas kullanılarak on defa ölçülmüş ve kalınlığın ortalama 1,44 mm olduğu belirlenmiştir.



Şekil 25: Çalışma için temin edilen ip ve iplikler.

Farklı içeriğe sahip sekiz adet ipliğin referans örgü ipin kalınlığında olması için kaç kat kullanılmaları gerektiği tekstilciler tarafından kullanılan metot ile Şekil 26'daki gibi tespit edilmiştir. Bu metot, liflerin ve ipliklerin yapısal değişikliklerinden kaynaklanan farklı yapı ve esneklikleri ortadan kaldırarak, ortak kalınlığın tespit edilmesi için kullanılmaktadır.



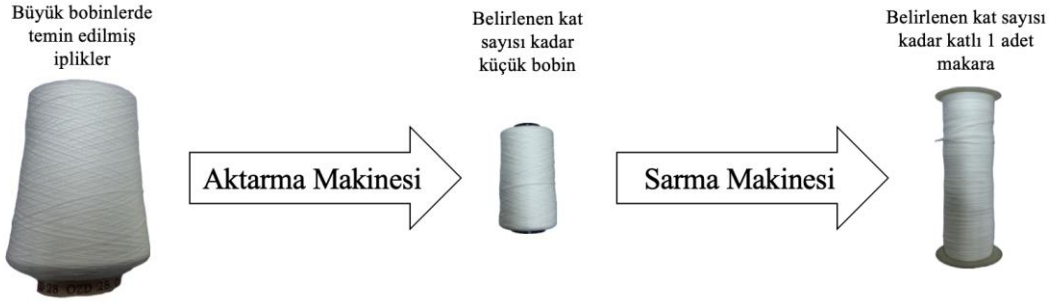
Şekil 26: Referans yün örgü ipi ile çalışmada kullanılan diğer iplerin kalınlıklarının karşılaştırılması.

Kumpas kullanılarak ölçülen iplik ve örgü ipi kalınlıkları Tablo XI'de verilmiştir.

Tablo XI. Çalışmada kullanılan ipliklerin ve onlardan elde edilen örgü iplerinin ortalama kalınlığı

| | Ortalama İplik Kalınlığı (mm) | Ortalama İp Kalınlığı (mm) |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Pamuk</i> | 0,25 | 1,49 |
| <i>Keten</i> | 0,28 | 1,46 |
| <i>Yün</i> | İp halinde temin edilmiştir. | 1,44 |
| <i>İpek</i> | 0,06 | 1,42 |
| <i>Viskoz</i> | 0,53 | 1,44 |
| <i>Naylon</i> | 0,15 | 1,43 |
| <i>Polyester</i> | 0,39 | 1,41 |
| <i>Akrilik</i> | 0,90 | 1,45 |
| <i>Polipropilen</i> | 0,82 | 1,45 |

Tek bir bobinde temin edilen ipliklerden ortalama 1,44 mm kalınlığında ip oluşturmak için ipler, bobinvar kullanılarak belirlenen kat sayısı kadar bobine aktarılmıştır. Bu bobinlerdeki iplikler istenilen kalınlıkta ip oluşturmak üzere makaraya sarılmıştır. İplerin oluşturulma aşamaları Şekil 27’de açıklanmıştır.



Şekil 27: Katlı ipliklerin oluşturulma aşamaları.

3.1.2. Şapkalar

Dokuz farklı lif türüne ait dokuz adet şapkanın örülmesi Sentro markasının 40 İlmek Örgü Makinesi (Şekil 28) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örgü makinesi kullanılarak, el örgüsündeki olası hataların ve değişikliklerin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen ipler, örgü makinesinin T dişlisi (T modu “tube knitting”, şapka modu) kullanılarak 40 ilmek olmak üzere örülmüştür. Böylelikle bu tez çalışmasında kullanılmak üzere aynı kalınlıkta iplerden oluşan ve aynı ilmek sayısına sahip şapkalar üretilmiş olup, tekstil hiyerarşisindeki parametreler olabildiğince azaltılmaya çalışılmıştır.

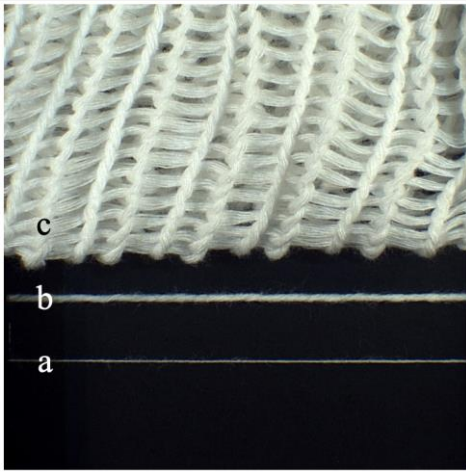



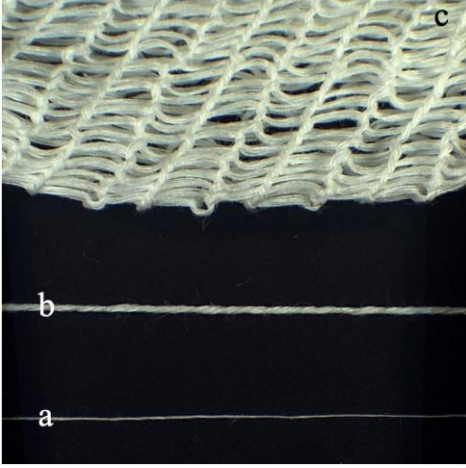

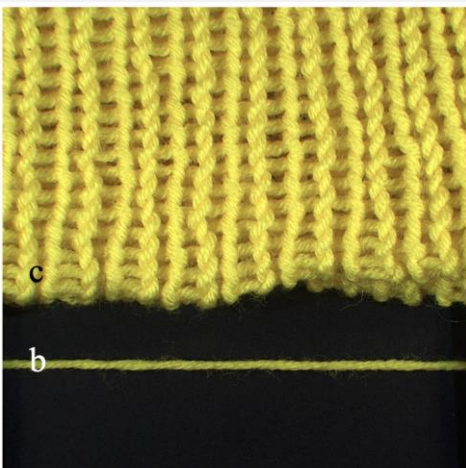

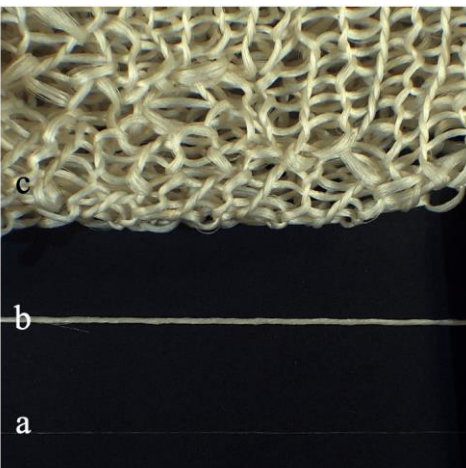

Şekil 28: Sentro 40 İlmek Örgü Makinesi.

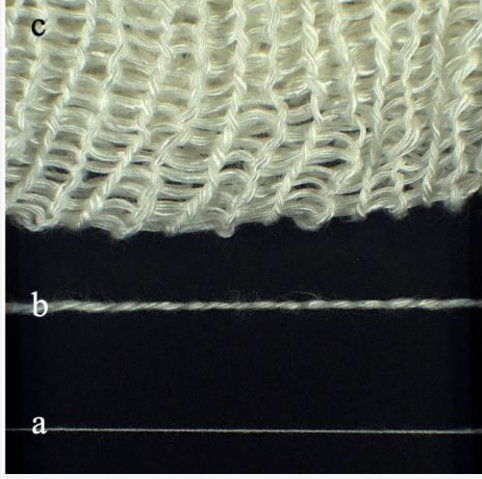

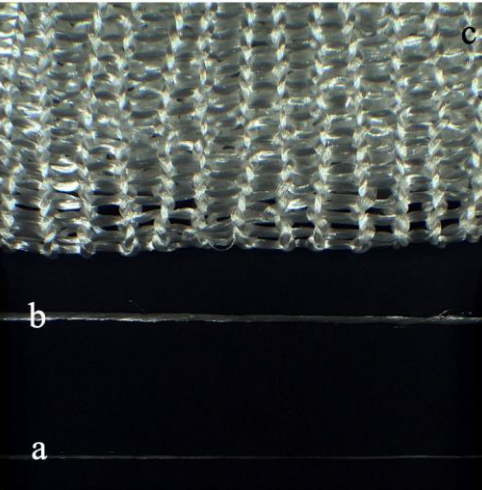

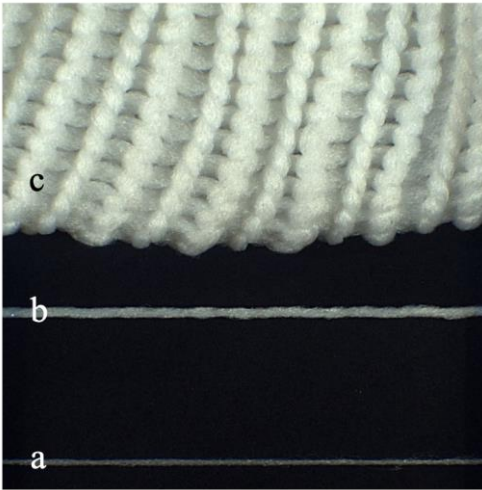

Çalışmada kullanılmak üzere örülen şapkaların (Tablo XII) içerikleri aşağıda verilmiştir.

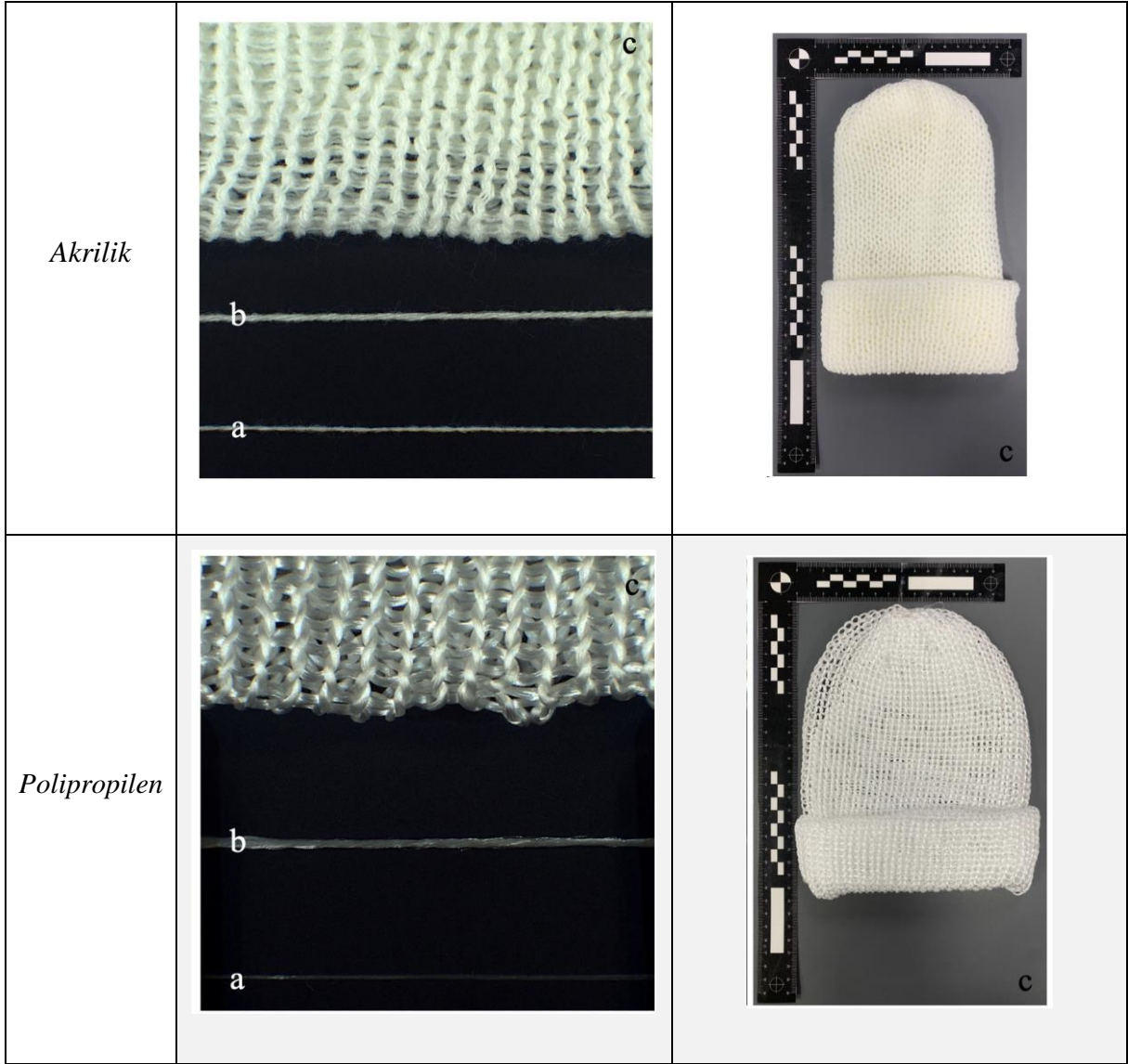
- % 100 pamuk,
- % 100 keten,
- %100 yün,
- % 100 ipek,
- % 100 viskoz,
- % 100 naylon,
- % 100 polyester,
- % 100 akrilik,
- % 100 polipropilen.

Tablo XII. Çalışmada kullanılan şapkalar ile şapkaların ip ve iplikleri

| | <i>Şapkayı oluşturan bileşenler:</i> <i>a) iplik; b) ip; c) şapka</i> | <i>Şapka</i> |
|--------------|---|--|
| <i>Pamuk</i> |  |  |

| | | |
|---------------------|--|--|
| <p><i>Keten</i></p> |  <p>Close-up photograph of white flax fabric. The top part (c) shows a complex, interlocking mesh structure. Below it (b) is a single horizontal strand of the fiber. The bottom part (a) shows a smooth, flat surface.</p> |  <p>Photograph of a white knitted hat with a folded brim. A ruler and scale are visible on the left side for reference. The label 'c' is in the bottom right corner.</p> |
| <p><i>Yün</i></p> |  <p>Close-up photograph of yellow wool fabric. The top part (c) shows a dense, textured knit pattern. Below it (b) is a single horizontal strand of the fiber.</p> |  <p>Photograph of a yellow knitted hat with a folded brim. A ruler and scale are visible on the left side for reference. The label 'c' is in the bottom right corner.</p> |
| <p><i>İpek</i></p> |  <p>Close-up photograph of white silk fabric. The top part (c) shows a complex, interlocking mesh structure. Below it (b) is a single horizontal strand of the fiber. The bottom part (a) shows a smooth, flat surface.</p> |  <p>Photograph of a white knitted hat with a folded brim. A ruler and scale are visible on the left side for reference. The label 'c' is in the bottom right corner.</p> |

| | | |
|-------------------------|---|---|
| <p><i>Viskoz</i></p> |  |  |
| <p><i>Naylon</i></p> |  |  |
| <p><i>Polyester</i></p> |  |  |

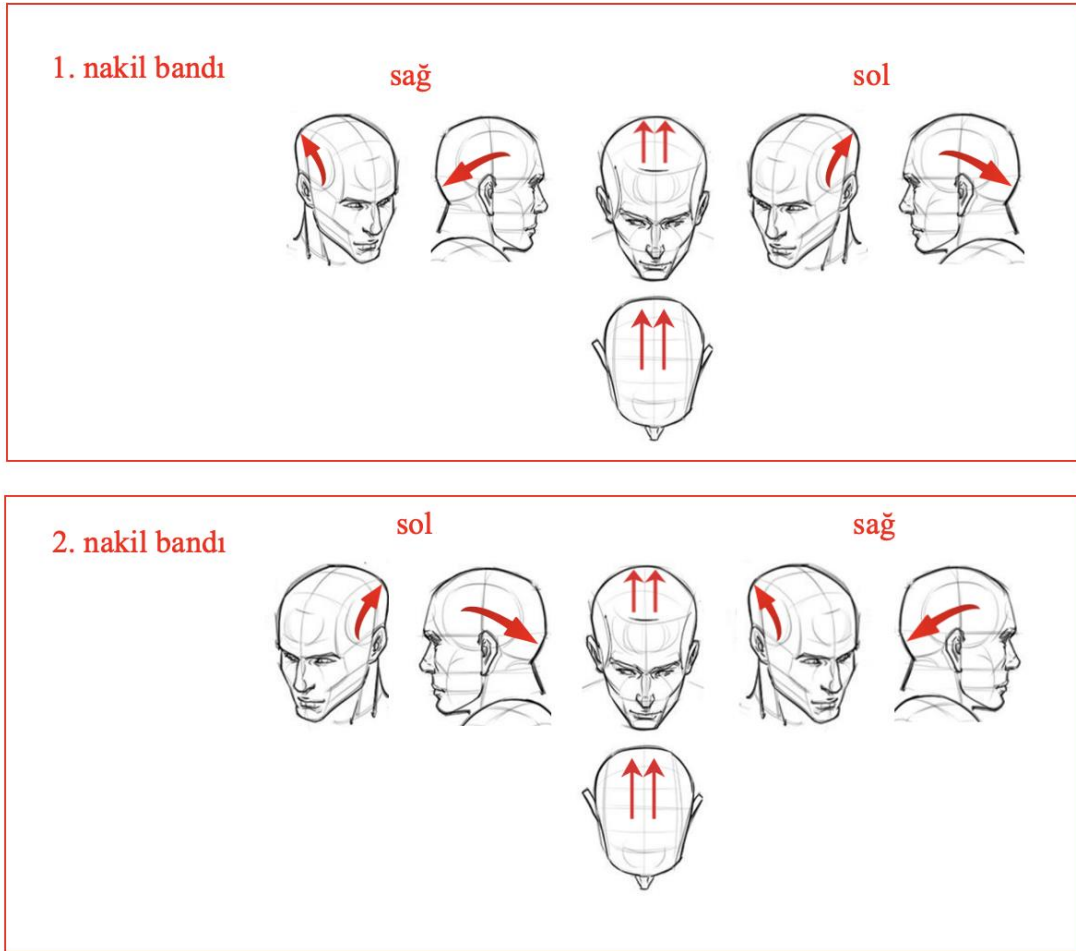


3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında elde edilen farklı lif türlerindeki dokuz adet örgü şapka, çeşitli saç tiplerine sahip kişiler tarafından takılmıştır. Çalışma, kontrol ve deney grubu olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir.

Şapkaları takan kullanıcılar, deney süresi boyunca günlük aktivitelerine devam etmiş fakat kontaminasyonu önlemek amacıyla beyaz ve sarı renk tonlarındaki kıyafet, saç havlusu, yastık kılıfı ve nevresim gibi tekstil ürünlerini kullanmaktan kaçınmışlardır. Ayrıca şapkaların takıldığı günlerde, kullanıcılar saç jölesi ve saç kremi gibi hiçbir saç ürünü de kullanmamışlardır.

Kullanıcıların saçlarına şapka takılmadan önce yapışkan bant kullanılarak saçlardaki lifler saçtan arındırılmıştır. Kullanıcılar, dokuz adet şapkayı farklı günlerde 1 saat boyunca takmıştır. Şapkaların çıkarılmasının hemen ardından iki adet 12 x 9,5 cm boyutlarındaki ölçekli nakil bandı ile saçta transfer olan lifler Şekil 29’da gösterilen sırada toplanılmıştır. İkinci nakil bandı, ilk nakil bandının en son değdiği noktadan başlamıştır. Sonrasında nakil bantları siyah kâğıt yüzeye yapıştırılmıştır.



Şekil 29: Nakil bantları ile saçtan liflerin toplanılması.

3.2.1. Kontrol Grubu




Doğal saç yapısı dalgalı olan kadın bir birey kontrol grubu için seçilmiştir. Doğal dalgalı saç yapısına ek olarak saçlar düzleştirici yardımı ile düz saç tipi ve saç maşası yardımı ile de kıvrık saç tipine dönüştürülerek üç farklı saç tipi elde edilmiştir. Böylelikle kontrol

grubundaki tek değişkenin saç tipi olması amaçlanmıştır. Her bir şapka, kontrol grubunun üç farklı saç şekline üçer kez takılmıştır. Kontrol grubunun farklı saç tipleri aşağıda verilen şekilde kodlanmıştır:

- KGA: Kontrol grubundaki kullanıcının düzleştirilen düz saçı,
- KGB: Kontrol grubundaki kullanıcının doğal dalgalı saçı,
- KGC: Kontrol grubundaki kullanıcının kıvrıkcılaştırılan kıvrıkcık saçı.

KGA, KGB ve KGC saç tipleri sırası Tablo XIII'te verilmiştir.

Tablo XIII. Kontrol grubu saç tipleri







| KGA (Düz) | KGB (Dalgalı) | KGC (Kıvrıkcık) |
|--|--|---|
|  |  |  |

3.2.2. Deney Grubu

Doğal saçları kıvrıkcık, düz ve dalgalı olan kısa ve uzun saçlı kişiler rastgele olarak seçilerek deney grubu oluşturulmuştur. Deney grubunun saç tipleri Tablo XIV'te verilip Tablo XV'te açıklanmıştır. Şapka takılı iken saçın ve saç uçlarının gözükmemesi, saçın kısa olduğunu ifade etmektedir.

Farklı içerikteki dokuz adet şapka, deney grubundaki kullanıcılar tarafından bir kez takılmıştır.

Tablo XIV. Deney grubu saçları

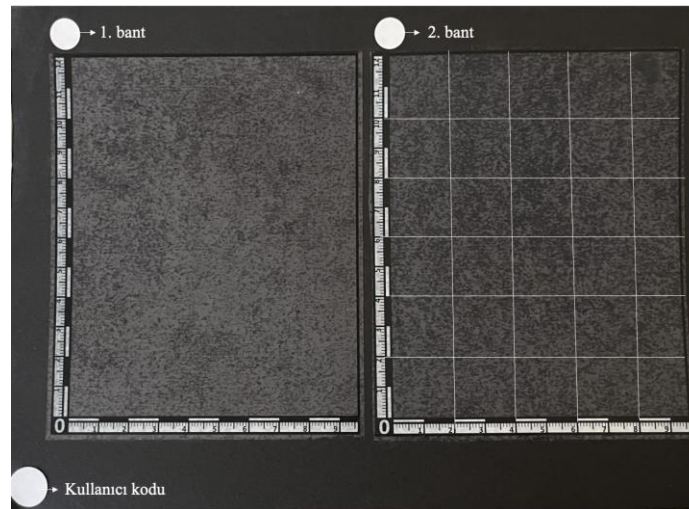
| | Kısa | Uzun |
|---------|---|--|
| Kıvrık |  |  |
| Düz |  |  |
| Dalgalı |  |  |

Tablo XV. Deney grubunun saç tipleri

| Kullanıcı Kodu | Saç Tipi | Saç Uzunluğu | Cinsiyet |
|----------------|-----------|--------------|----------|
| A | Kıvrıkcık | Kısa | Erkek |
| B | Kıvrıkcık | Uzun | Kadın |
| C | Düz | Kısa | Erkek |
| D | Düz | Uzun | Erkek |
| E | Dalgalı | Kısa | Kadın |
| F | Dalgalı | Uzun | Kadın |

3.2.3. Lif Sayımı

Tez çalışması için Üsküdar Üniversitesi Adli Fizik Laboratuvarında bulunan Foster + Freeman® markasının VSC8000 hiperspektral görüntüleme cihazı kullanılmıştır. Siyah kâğıt üzerine yapıştırılan nakil bantları 2 x 2 cm'lik otuz adet bölgeye bölünmüş (Şekil 30'da ikinci bantta, bir bandın ayrıldığı otuz bölge gösterilmiştir) ve her bir bölge 365 nm dalga boyunda 16x büyütme altında incelenmiştir. 365 nm dalga boyunda görünür hale gelen lifler sayılmıştır.

**Şekil 30:** Her bir şapkanın kullanıcılara göre ayrılmış sayfası.



Şekil 31: VSC8000.

3.2.4. İstatistik Testlerinin Uygulanması

Nakil bantlarındaki lifler sayıldıktan sonra, kontrol grubu ile deney grubunun karşılaştırılması için iki yönlü ANOVA (rastgele blok tasarımı) testi uygulanmış; ilişkilerinin belirlenmesi için de Pearson korelasyon testi kullanılarak ilişkilerinin gücü analiz edilmiştir. Bu testler SPSS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Liflerin Yüzey Şekillerinin Görüntülenmesi

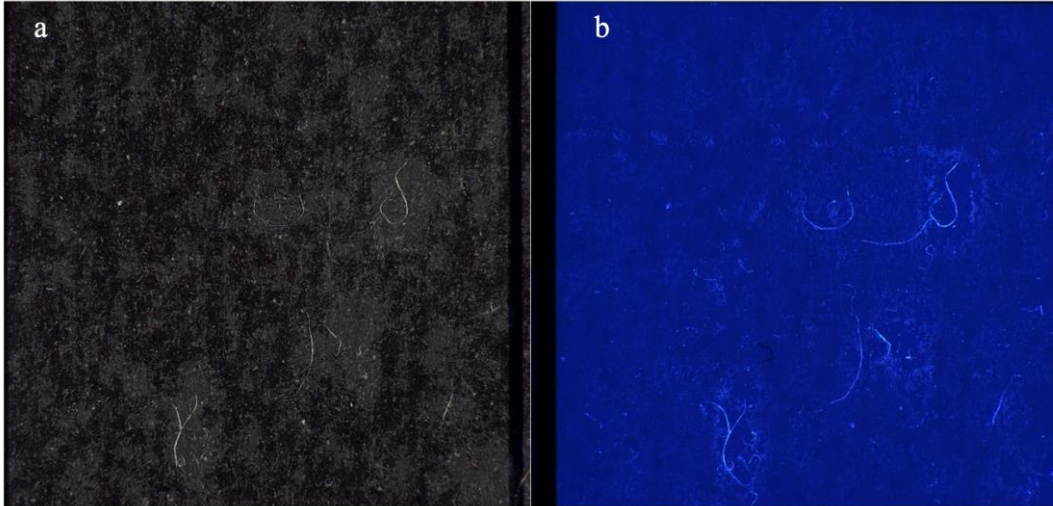
Bu tez çalışmasında kullanılan liflerin morfolojik yüzey yapıları, Leica FSC Mukayese Mikrosobu ve Zeiss Primo Star ışık mikroskobu kullanılarak görüntülenmiştir. Şapkalardan lifler forseps ile alınarak lam üzerine yapıştırılmıştır. Mukayese mikroskobunun 8x büyütme ayarı ve ışık mikroskobunun 10x büyütme ayarı kullanılmıştır.

4. Bulgular

4.1. VSC8000'de Lif Sayımı

Tez çalışması kapsamında dokuz farklı lif türünün, üçü kontrol grubu ve altısı deney grubu olmak üzere toplam dokuz saç tipindeki transfer miktarı araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan dokuz lif türü de VSC8000 cihazında 16x büyütme ve 365 nm morötesi ışık altında görünür hale getirilerek sayılabılmıştır. Şekil 32'de görüldüğü gibi morötesi ışık altında liflerin görüntülenmesi, görünür ışığa göre çok daha ayırt edilebilirdir. Buna ek olarak görünür ışıkta seçilemeyen lifler morötesi ışık altında görünür hale gelmiştir.

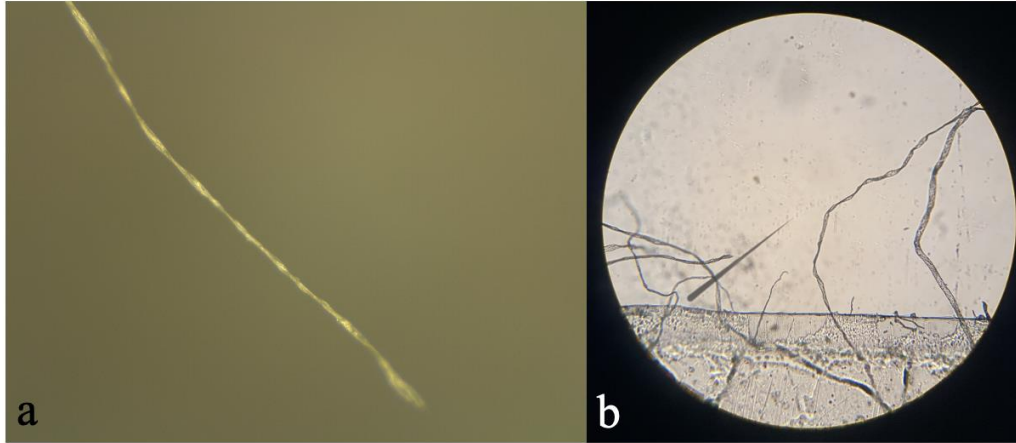


Şekil 32: 16x büyütmede görünür ışık (a) ile 365 nm morötesi ışık (b) altında görüntülenen lifler.

4.2. Lif Türüne Göre Bulgular

4.2.1. Pamuk Lifi

Çalışmada kullanılan pamuk lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33: Pamuk lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 pamuk şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği pamuk liflerinin miktarı Tablo XVI'da ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği pamuk liflerinin miktarı Tablo XVII'de verilmiştir.

Tablo XVI. Pamuk lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 665 | 432 | 1097 |
| | KGA 2 | 480 | 357 | 837 |
| | KGA 3 | 554 | 281 | 835 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 1024 | 474 | 1498 |
| | KGB 2 | 512 | 294 | 806 |
| | KGB 3 | 580 | 147 | 727 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 619 | 451 | 1070 |
| | KGC 2 | 555 | 269 | 824 |
| | KGC 3 | 458 | 240 | 698 |

Tablo XVII. Pamuk lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 463 | 432 | 895 |
| | B | 508 | 260 | 768 |
| Düz | C | 578 | 256 | 834 |
| | D | 572 | 559 | 1131 |
| Dalgalı | E | 493 | 214 | 707 |
| | F | 743 | 552 | 1295 |

KGA (düz) saç transfer olan ortalama pamuk miktarı 923'tür.

KGB (dalgalı) saç transfer olan ortalama pamuk miktarı 1010,3'tür.

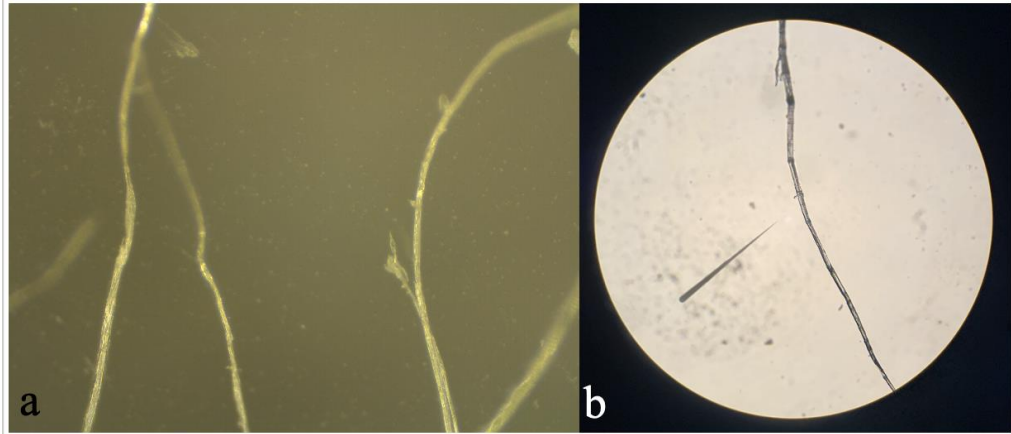
KGC (kıvrıkcık) saç transfer olan ortalama pamuk miktarı 864'tür.

Pamuk liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGB > KGA > KGC
- F > D > A > C > B > E

4.2.2. Keten Lifi

Çalışmada kullanılan keten lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 34'te verilmiştir.

**Şekil 34:** Keten lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 keten şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği keten liflerinin miktarı Tablo XVIII'de ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği keten liflerinin miktarı Tablo XIX'da verilmiştir.

Tablo XVIII. Keten lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 621 | 317 | 938 |
| | KGA 2 | 841 | 272 | 1113 |
| | KGA 3 | 776 | 354 | 1130 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 1128 | 383 | 1511 |
| | KGB 2 | 858 | 469 | 1327 |
| | KGB 3 | 982 | 538 | 1520 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 765 | 299 | 1064 |
| | KGC 2 | 758 | 395 | 1153 |
| | KGC 3 | 708 | 362 | 1070 |

Tablo XIX. Keten lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 1254 | 485 | 1738 |
| | B | 1731 | 716 | 2447 |
| Düz | C | 785 | 414 | 1199 |
| | D | 1068 | 781 | 1849 |
| Dalgalı | E | 1044 | 496 | 1540 |
| | F | 1144 | 760 | 1904 |

KGA (düz) saç transfer olan ortalama keten miktarı 1060,3'tür.

KGB (dalgalı) saç transfer olan ortalama keten miktarı 1452,6'dır.

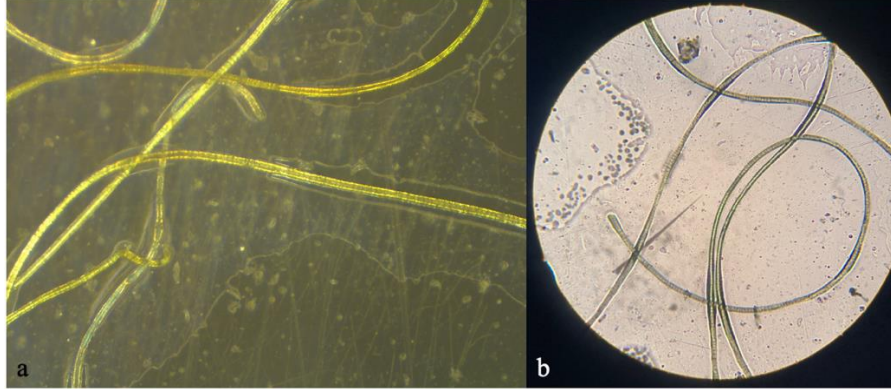
KGC (kıvrıkcık) saç transfer olan ortalama keten miktarı 1095,6'dır.

Keten liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGB > KGC > KGA
- B > F > D > A > E > C

4.2.3. Yün Lifi

Çalışmada kullanılan yün lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 35’te verilmiştir.



Şekil 35: Yün lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 yün şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği yün liflerinin miktarı Tablo XX’de ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği yün liflerinin miktarı Tablo XXI’de verilmiştir.

Tablo XX. Yün lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 221 | 121 | 342 |
| | KGA 2 | 265 | 205 | 470 |
| | KGA 3 | 288 | 286 | 574 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 601 | 491 | 1092 |
| | KGB 2 | 442 | 333 | 775 |
| | KGB 3 | 363 | 272 | 635 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 337 | 307 | 644 |
| | KGC 2 | 252 | 177 | 429 |
| | KGC 3 | 391 | 244 | 635 |

Tablo XXI. Yün lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 456 | 255 | 711 |
| | B | 229 | 201 | 430 |
| Düz | C | 330 | 249 | 579 |
| | D | 724 | 270 | 994 |
| Dalgalı | E | 441 | 161 | 602 |
| | F | 725 | 408 | 1133 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama yün miktarı 462'tür.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama yün miktarı 834'tür.

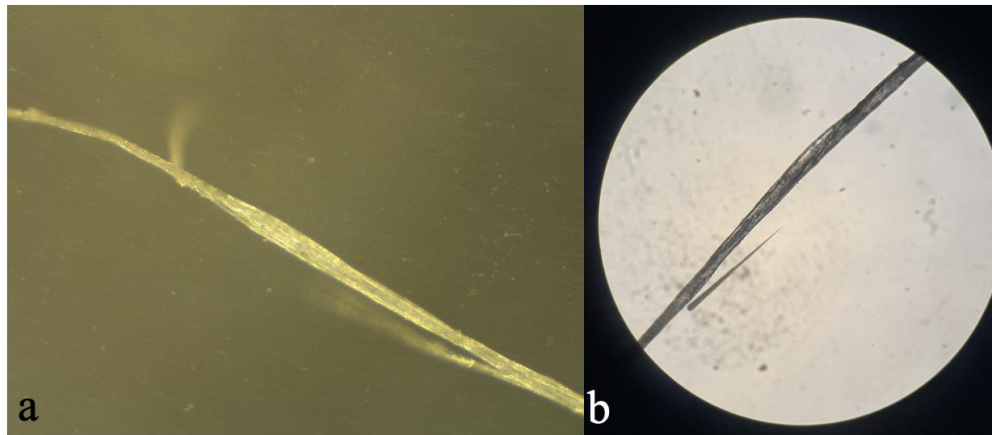
KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama yün miktarı 569,3'tür.

Yün liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGB > KGC > KGA
- F > D > A > E > C > B

4.2.4. İpek Lifi

Çalışmada kullanılan ipek lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 36'da verilmiştir.



Şekil 36: İpek lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 ipek şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği ipek liflerinin miktarı Tablo XXII'de ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği ipek liflerinin miktarı Tablo XXIII'te verilmiştir.

Tablo XXII. İpek lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|------------------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 310 | 222 | 532 |
| | KGA 2 | 327 | 319 | 646 |
| | KGA 3 | 325 | 323 | 648 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 459 | 270 | 729 |
| | KGB 2 | 372 | 201 | 573 |
| | KGB 3 | 268 | 225 | 493 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 394 | 304 | 698 |
| | KGC 2 | 474 | 339 | 813 |
| | KGC 3 | 410 | 297 | 707 |

Tablo XXIII İpek lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|------------------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 527 | 423 | 950 |
| | B | 331 | 199 | 530 |
| Düz | C | 226 | 310 | 536 |
| | D | 396 | 391 | 787 |
| Dalgalı | E | 339 | 214 | 553 |
| | F | 538 | 349 | 887 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama ipek miktarı 608,6'dır.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama ipek miktarı 598,3'tür.

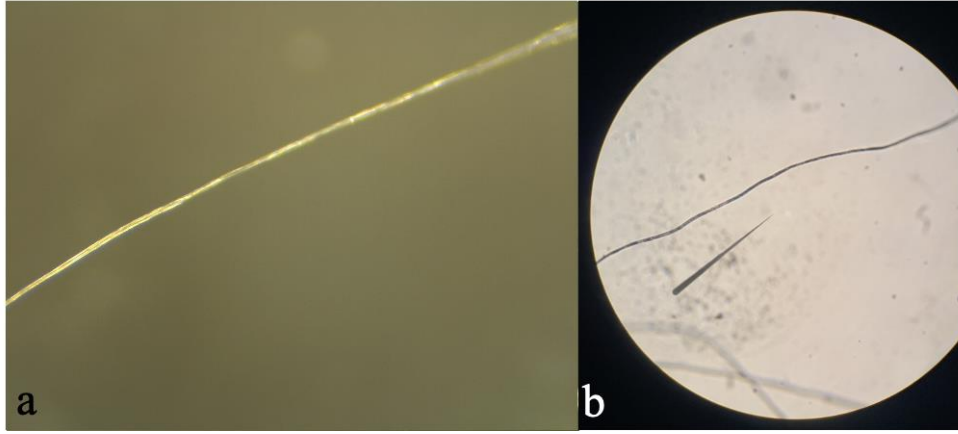
KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama ipek miktarı 739,3'tür.

İpek liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGC > KGA > KGB
- A > F > D > E > C > B

4.2.5. Viskoz Lifi

Çalışmada kullanılan viskoz lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 37'de verilmiştir.



Şekil 37: Viskoz lifinin mikroskop görüntüleri.

% 100 viskoz şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği viskoz liflerinin miktarı Tablo XXIV’te ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği viskoz liflerinin miktarı Tablo XXV’te verilmiştir.

Tablo XXIV. Viskoz lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 479 | 195 | 674 |
| | KGA 2 | 462 | 252 | 714 |
| | KGA 3 | 461 | 272 | 733 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 492 | 307 | 799 |
| | KGB 2 | 572 | 375 | 947 |
| | KGB 3 | 349 | 116 | 465 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 724 | 310 | 1034 |
| | KGC 2 | 416 | 368 | 784 |
| | KGC 3 | 375 | 182 | 557 |

Tablo XXV. Viskoz lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 864 | 644 | 1508 |
| | B | 395 | 272 | 667 |
| Düz | C | 402 | 291 | 693 |
| | D | 802 | 469 | 1271 |
| Dalgalı | E | 879 | 654 | 1533 |
| | F | 457 | 201 | 658 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama viskoz miktarı 707'dir.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama viskoz miktarı 737'dir.

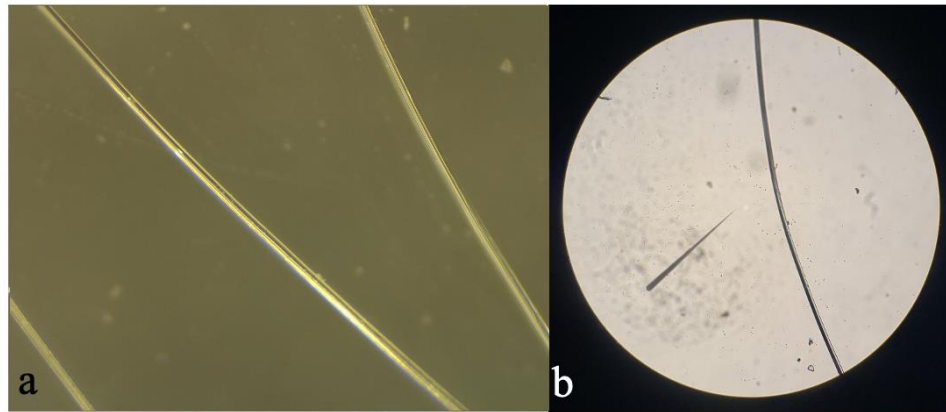
KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama viskoz miktarı 791,6'dır.

Viskoz liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGC > KGB > KGA
- E > A > D > C > B > F

4.2.6. Naylon Lifi

Çalışmada kullanılan naylon lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 38'de verilmiştir.



Şekil 38: Naylon lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 naylon şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği naylon liflerinin miktarı Tablo XXVI'da ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği naylon liflerinin miktarı Tablo XXVII'de verilmiştir.

Tablo XXVI. Naylon lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 148 | 145 | 293 |
| | KGA 2 | 98 | 93 | 191 |
| | KGA 3 | 137 | 90 | 227 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 222 | 47 | 269 |
| | KGB 2 | 133 | 99 | 232 |
| | KGB 3 | 104 | 37 | 141 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 120 | 66 | 186 |
| | KGC 2 | 333 | 237 | 570 |
| | KGC 3 | 261 | 207 | 468 |

Tablo XXVII. Naylon lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 305 | 140 | 445 |
| | B | 182 | 148 | 330 |
| Düz | C | 192 | 171 | 363 |
| | D | 244 | 145 | 389 |
| Dalgalı | E | 203 | 115 | 318 |
| | F | 250 | 129 | 379 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama naylon miktarı 237'dir.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama naylon miktarı 214'tür.

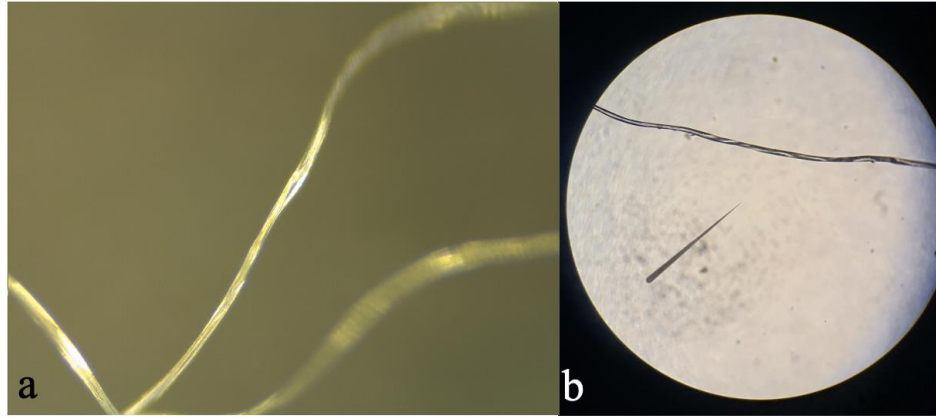
KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama naylon miktarı 408'dir.

Naylon liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGC > KGA > KGB
- A > D > F > C > B > E

4.2.7. Polyester Lifi

Çalışmada kullanılan polyester lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39: Polyester lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 polyester şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği polyester liflerinin miktarı Tablo XXVIII’de ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği polyester liflerinin miktarı Tablo XXIX’da verilmiştir.

Tablo XXVIII. Polyester lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 414 | 63 | 477 |
| | KGA 2 | 259 | 188 | 447 |
| | KGA 3 | 151 | 81 | 232 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 418 | 357 | 775 |
| | KGB 2 | 282 | 108 | 390 |
| | KGB 3 | 197 | 180 | 377 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 274 | 271 | 545 |
| | KGC 2 | 272 | 164 | 436 |
| | KGC 3 | 197 | 180 | 377 |

Tablo XXIX. Polyester lifinin deney grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 331 | 255 | 586 |
| | B | 220 | 148 | 368 |
| Düz | C | 268 | 145 | 413 |
| | D | 300 | 246 | 546 |
| Dalgalı | E | 232 | 152 | 384 |
| | F | 296 | 282 | 578 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama polyester miktarı 385,3'tür.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama polyester miktarı 514'tür.

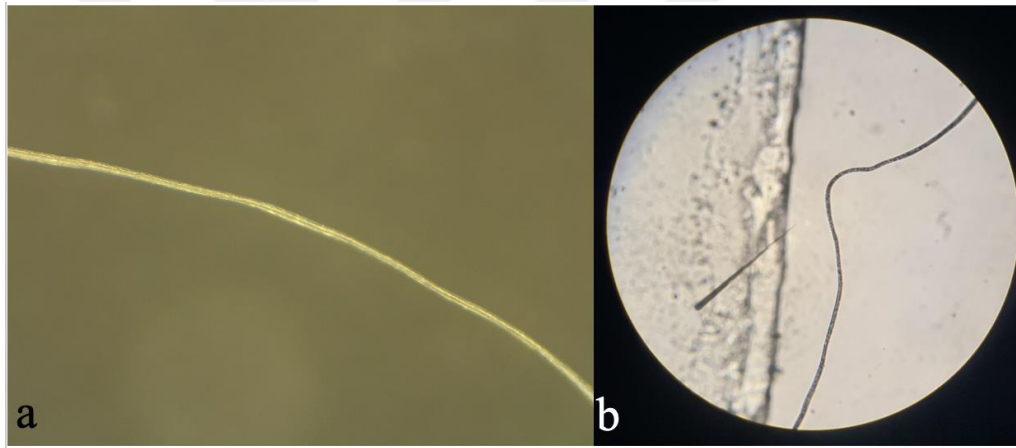
KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama polyester miktarı 452,6'dır.

Polyester liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGB > KGC > KGA
- A > F > D > C > E > B

4.2.8. Akrilik Lifi

Çalışmada kullanılan akrilik lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 40'ta verilmiştir.



Şekil 40: Akrilik lifinin mikroskop görüntüleri.

% 100 akrilik şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği akrilik liflerinin miktarı Tablo XXX'da ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği akrilik liflerinin miktarı Tablo XXXI'de verilmiştir.

Tablo XXX. Akrilik lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 462 | 254 | 716 |
| | KGA 2 | 340 | 285 | 625 |
| | KGA 3 | 350 | 248 | 598 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 562 | 495 | 1057 |
| | KGB 2 | 461 | 312 | 773 |
| | KGB 3 | 487 | 218 | 705 |
| KGC (kıvrıkcık) | KGC 1 | 462 | 421 | 883 |
| | KGC 2 | 605 | 414 | 1019 |
| | KGC 3 | 602 | 384 | 986 |

Tablo XXXI. Akrilik lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıkcık | A | 571 | 249 | 820 |
| | B | 450 | 237 | 687 |
| Düz | C | 555 | 182 | 737 |
| | D | 629 | 437 | 1066 |
| Dalgalı | E | 414 | 330 | 744 |
| | F | 892 | 455 | 1347 |

KGA (düz) saça transfer olan ortalama akrilik miktarı 646,3'tür.

KGB (dalgalı) saça transfer olan ortalama akrilik miktarı 845'tir.

KGC (kıvrıkcık) saça transfer olan ortalama akrilik miktarı 962,6'dır.

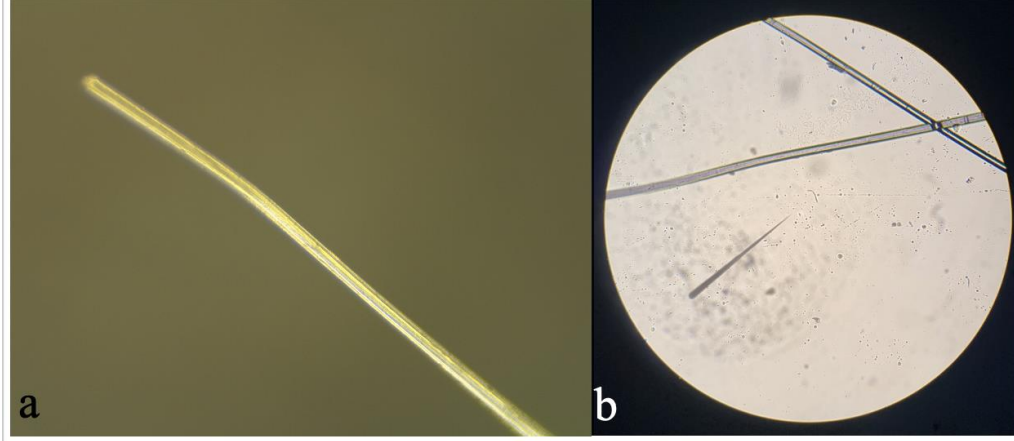
Akrilik liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- KGC > KGB > KGA
- F > D > A > E > C > B

4.2.9. Polipropilen Lifi

Çalışmada kullanılan polipropilen lifinin sırasıyla a) mukayese mikroskobu (8x) ile

b) ışık mikroskobundaki (10x) görüntüsü Şekil 41'de verilmiştir.



Şekil 41: Polipropilen lifinin mikroskop görüntüleri.

%100 polipropilen şapkanın kontrol grubundaki saç şekillerine transfer ettiği polipropilen liflerinin miktarı Tablo XXXII’de ve deney grubundaki saç şekillerine transfer ettiği polipropilen liflerinin miktarı Tablo XXXIII’te verilmiştir.

Tablo XXXII. Polipropilen lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| KGA (düz) | KGA 1 | 229 | 190 | 419 |
| | KGA 2 | 205 | 99 | 304 |
| | KGA 3 | 150 | 102 | 252 |
| KGB (dalgalı) | KGB 1 | 271 | 188 | 459 |
| | KGB 2 | 146 | 115 | 261 |
| | KGB 3 | 125 | 90 | 215 |
| KGC (kıvrıklık) | KGC 1 | 419 | 191 | 610 |
| | KGC 2 | 362 | 96 | 458 |
| | KGC 3 | 93 | 92 | 185 |

Tablo XXXIII. Polipropilen lifinin kontrol grubu saç şekillerine transfer miktarı

| Saç Şekli | Kod | 1.bant | 2.bant | Toplam |
|-----------|-----|--------|--------|--------|
| Kıvrıklık | A | 346 | 134 | 480 |
| | B | 224 | 121 | 345 |
| Düz | C | 313 | 185 | 498 |
| | D | 300 | 105 | 405 |
| Dalgalı | E | 263 | 186 | 449 |
| | F | 215 | 190 | 405 |

KGA (düz) saç transfer olan ortalama polipropilen miktarı 325'tir.

KGB (dalgalı) saç transfer olan ortalama polipropilen miktarı 311,6'dır.

KGC (kıvrıkcık) saç transfer olan ortalama polipropilen miktarı 417,6'dır.

Polipropilen liflerinin miktarının kontrol grubu ve deney grubundaki saç tiplerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıda verilmiştir.

- $KGC > KGA > KGB$
- $C > A > E > D = F > B$

4.3. Saç Şekline Göre Bulgular

Keten lifi hariç kıvrıkcık kısa (A) saç transfer olan tüm liflerin sayısının, kıvrıkcık uzun (B) saçtaki lif sayısından fazla olduğu tespit edilmiştir. Keten liflerinin, tüm uzun saçlara (B, D, F), kısa saçlara (A, C, E) kıyasla daha fazla transfer olduğu belirlenmiştir.

Polipropilen lifi hariç düz uzun (D) saçlara transfer olan tüm liflerin sayısının, düz kısa (C) saçtaki lif sayısından fazla olduğu tespit edilmiştir. Polipropilen liflerinin, tüm kısa saçlara (A, C, E), uzun saçlara (B, D, F) kıyasla daha fazla transfer olduğu belirlenmiştir.

Viskoz ve polipropilen lifler hariç dalgalı uzun (F) saç transfer olan tüm liflerin sayısının, dalgalı kısa (E) saçtaki lif sayısından fazla olduğu saptanmıştır.

Deney grubundaki kullanıcılar baz alındığında (Tablo XXXIV);

- Tüm kullanıcıların saçında en çok keten, en az naylon lifi bulunduğu,
- Naylon lifinden sonra en az bulunan lif türünün polyester veya polipropilen olduğu saptanmıştır.

Tablo XXXIV. Deney grubu kullanıcıların saçlarında bulunan liflerin sıralaması (1 en yüksek, 9 en az)

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
|---|-------|---------|---------|---------|---------|--------|--------------|--------------|--------|
| A | Keten | Viskoz | İpek | Pamuk | Akrilik | Yün | Polyester | Polipropilen | Naylon |
| B | Keten | Pamuk | Akrilik | Viskoz | İpek | Yün | Polyester | Polipropilen | Naylon |
| C | Keten | Pamuk | Akrilik | Viskoz | Yün | İpek | Polipropilen | Polyester | Naylon |
| D | Keten | Viskoz | Pamuk | Akrilik | Yün | İpek | Polyester | Polipropilen | Naylon |
| E | Keten | Viskoz | Akrilik | Pamuk | Yün | İpek | Polipropilen | Polyester | Naylon |
| F | Keten | Akrilik | Pamuk | Yün | İpek | Viskoz | Polyester | Polipropilen | Naylon |

4.4. İstatistik Testleri

Kontrol grubu ile deney gruplarını karşılaştırmak için verilere iki yönlü ANOVA (rastgele blok tasarımı) testi uygulanmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Kıvrıkcık saç tipi için kontrol grubu (KGC) ve deney grubu (A ve B) arasında ($p = 0,296$). Pearson korelasyon testine göre KGC ile A arasındaki ilişki ($r = 0,802$) ve KGC ile B arasındaki ilişki ($r = 0,760$).
- Düz saç tipi için kontrol grubu (KGA) ve deney grubu (C ve D) arasında ($p = 0,00$). Pearson korelasyon testine göre KGA ile C arasındaki ilişki ($r = 0,937$) ve KGA ile D arasındaki ilişki ($r = 0,917$).
- Dalgalı saç tipi için kontrol grubu (KGB) ve deney grubu (E ve F) arasında ($p = 0,127$). Pearson korelasyon testine göre KGB ile E arasındaki ilişki ($r = 0,721$) ve KGB ile F arasındaki ilişki ($r = 0,955$).
- Kontrol grubu ve deney grubu karşılaştırıldığında ($p = 0,072$).

5. Tartışma

5.1. Adli Tekstil Kapsamında Liflerin İnsan Saçına Transferi

Literatürde saçlara transfer olan lifler hakkında yapılan çalışmalar Tablo XXXV’te verilmiştir.

Tablo XXXV. Literatürde liflerin saçtaki transferi hakkında yapılan çalışmalar

| Çalışma Konusu | Lif Türü | Kullanıcı Sayısı | Şapka Takma Süresi | Lif Örneği Toplama Metodu | Analiz | Kaynak |
|--|--------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|---|--------|
| Metot geliştirme | Şapka takılmamıştır | Şapka takılmamıştır | Şapka takılmamıştır | Tarak ile tarama | Şapka takılmamıştır | (44) |
| Metot geliştirme | Şapka takılmamıştır | Şapka takılmamıştır | Şapka takılmamıştır | Tarak ile tarama | Şapka takılmamıştır | (59) |
| Kalıcılık | Yün ve akrilik | 2 | 5-10 dakika arası | Tarak ile tarama | Stereo mikroskop | (60) |
| Transfer, kalıcılık ve metot karşılaştırma | Yün ve akrilik | 5 | 1 dakika | Tarak ile tarama, bant ile kaldırma | UV lambası | (61) |
| Anlamlılık | Yün ve akrilik | 100 | Belirtilmemiştir | Tarak ile tarama, bant ile kaldırma | Mukayese mikroskobu, MSP, FTIR, İTK | (62) |
| Popülasyon çalışması | Şapka takılmamıştır | 26 | Şapka takılmamıştır | Bant ile kaldırma | Stereo mikroskop, polarizasyon mikroskobu | (63) |
| İkincil transfer | Pamuk, yün, akrilik, polyester | 20 | 5 dakika | Bant ile kaldırma | Stereo mikroskop | (64) |

Literatürde bulunan liflerin saçtaki transferi hakkında yapılan çalışmalar; yün, akrilik, pamuk lifi ile üretilmiş şapka veya kar maskesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, bu lif türlerine ek olarak tekstil endüstrisinde kullanılan keten, ipek, viskoz, naylon, polyester ve polipropilen lifleri de kullanılarak literatürdeki çalışmaların çoğaltılması ve genişletilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç kapsamında iplik kalınlığı, ilmek sayısı ve örgü türü aynı olacak şekilde şapkalar üretilerek bu parametrelerin, sonuçları etkilemesinin mümkün olduğunca önüne geçilmiştir. Böylelikle çeşitli lif türlerine odaklanılarak, liflerin insan saçı ile olan ilişkisinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. En son çalışma 2005 yılında yayınlandığı için konuya adli tekstil bağlamında güncel bir yaklaşım getirilmesi de amaçlar arasındadır.

1988 yılında Ashcroft, Evans ve Tebbett tarafından yapılan “The persistence of fibres in head hair” isimli çalışma, insan saçındaki lif transferini konu alan ilk çalışmadır. Yün ve akrilik yüz maskeleri, iki farklı kullanıcının saçına beş-on dakika arasında değişken sürelerde takılmıştır. Tarakla tarama metodu ile saçlardan örnekler toplanmış ve stereo mikroskobu kullanılarak lif sayımı gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda saç transfer olan lif sayısının, saç uzunluğu arttıkça ve/veya yüz maskesinin takılma süresi arttıkça arttığı tespit edilmiştir (60).

1996 yılında Salter ve Cook tarafından yayınlanan “Transfer of fibres to head hair, their persistence and retrieval” isimli çalışmada, yün şapka ve akrilik maske bir dakika boyunca beş kişi tarafından takılmıştır. Saçtan lif örnekleri, iki farklı şekilde toplanılarak iki metot karşılaştırılmıştır. İlk metot, dişlerinde viskoz gazlı bez olan tarak kullanılarak tarama metodu iken ikinci metot bant ile kaldırmadır. Sonuç olarak bant ile kaldırmanın, tarak ile taramaktan daha etkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmada aktivite, saç şekli, lif türü, lif boyutu ve yıkamanın kalıcılığa etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar arasında saç uzunluğundan ziyade, saç türünün (sert dokulu/kıvrıkcık) lif transferini etkileyen en önemli faktör olduğu belirtilmiştir. Seyrek saç yoğunluğuna sahip kullanıcıda; yün lifinin sayısının, akrilik lifine göre çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Saçlarında seyreklik bulunmayan diğer kullanıcılarda ise transfer olan yün ve akrilik liflerinin ortalama sayısının çok değişkenlik göstermediği belirlenmiştir (61).

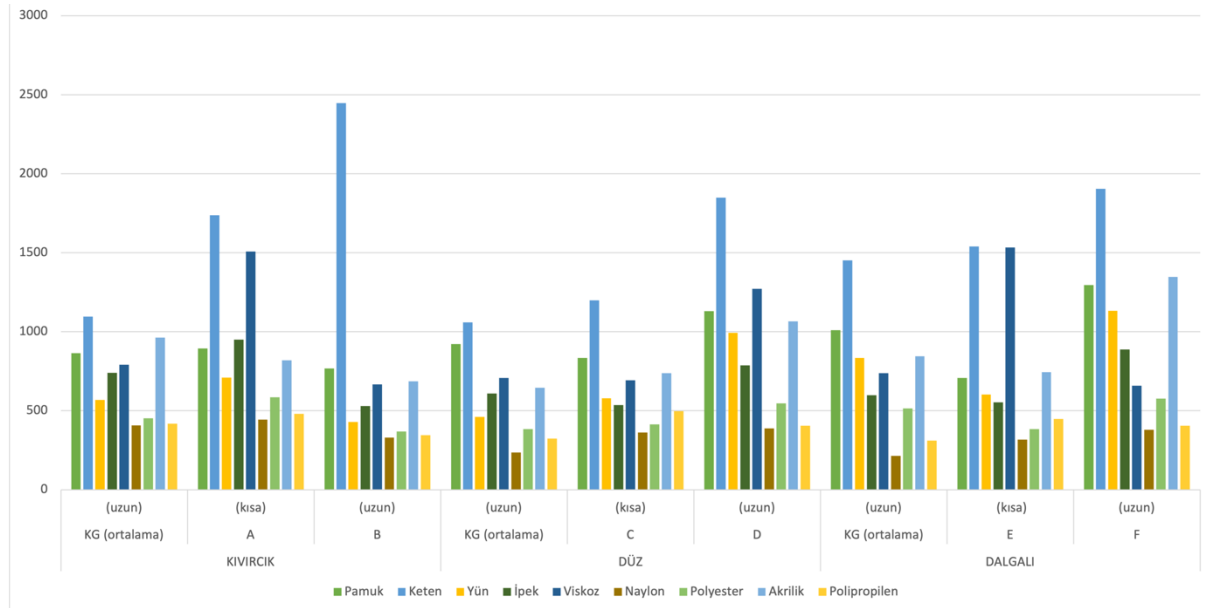
Literatürde yapılan çalışmalara (60,61) kıyasla bu tez çalışmasında daha fazla miktarlarda lif transferi gözlemlenmiştir. Bunun, kullanıcıların daha uzun süre şapka takmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca kaldırma metodunda iki adet nakil bandı kullanılması ile etkin toplama metodunun oluşturulması da toplanılan lif miktarını arttırmış olabilir.

Çalışmadaki liflerin transfer miktarları tek bir tabloda (Tablo XXXVI) sunulmuştur.

Tablo XXXVI. Kontrol grubu ile deney grubundaki lif miktarları

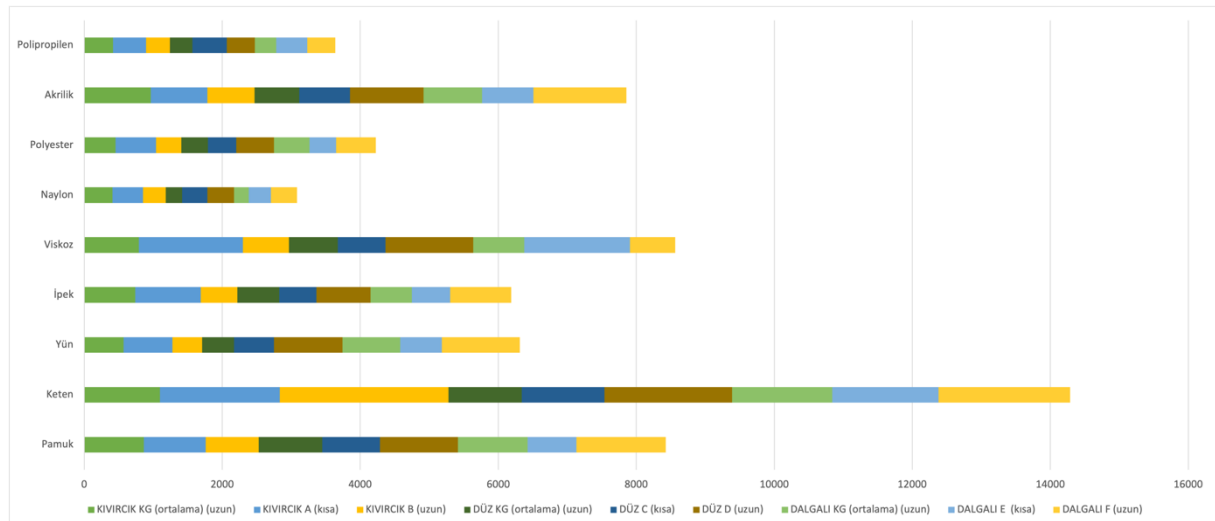
| | KIVIRCIK | | | DÜZ | | | DALGALI | | |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
| | KG (ortalama) (uzun) | A (kısa) | B (uzun) | KG (ortalama) (uzun) | C (kısa) | D (uzun) | KG (ortalama) (uzun) | E (kısa) | F (uzun) |
| Pamuk | 864 | 895 | 768 | 923 | 834 | 1131 | 1010 | 707 | 1295 |
| Keten | 1096 | 1738 | 2447 | 1060 | 1199 | 1849 | 1453 | 1540 | 1904 |
| Yün | 569 | 711 | 430 | 462 | 579 | 994 | 834 | 602 | 1133 |
| İpek | 739 | 950 | 530 | 609 | 536 | 787 | 598 | 553 | 887 |
| Viskoz | 792 | 1508 | 667 | 707 | 693 | 1271 | 737 | 1533 | 658 |
| Naylon | 408 | 445 | 330 | 237 | 363 | 389 | 214 | 318 | 379 |
| Polyester | 453 | 586 | 368 | 385 | 413 | 546 | 514 | 384 | 578 |
| Akrilik | 963 | 820 | 687 | 646 | 737 | 1066 | 845 | 744 | 1347 |
| Polipropilen | 418 | 480 | 345 | 325 | 498 | 405 | 312 | 449 | 405 |

Şekil 42'deki sütun grafiğinde, kullanıcıların saçlarına transfer olan lif miktarlarının lif türüne göre dağılımı verilmiştir. Kullanıcıların saçına en çok transfer olan lif türünün keten, en az transfer olan lif türünün naylon olduğu gözükmemektedir.



Şekil 42: Kontrol grubu ile deney grubundaki saç tiplerine transfer olan lif miktarlarının dağılımı.

Şekil 43'teki çubuk grafiğinde ise lif türlerine göre kullanıcıların saçına transfer olan lif miktarlarının dağılımı verilmiştir. Liflerin transfer miktarlarının büyükten küçüğe doğru sıralaması "Keten > Viskoz > Pamuk > Akrilik > Yün > İpek > Polyester > Polipropilen > Naylon"dur.

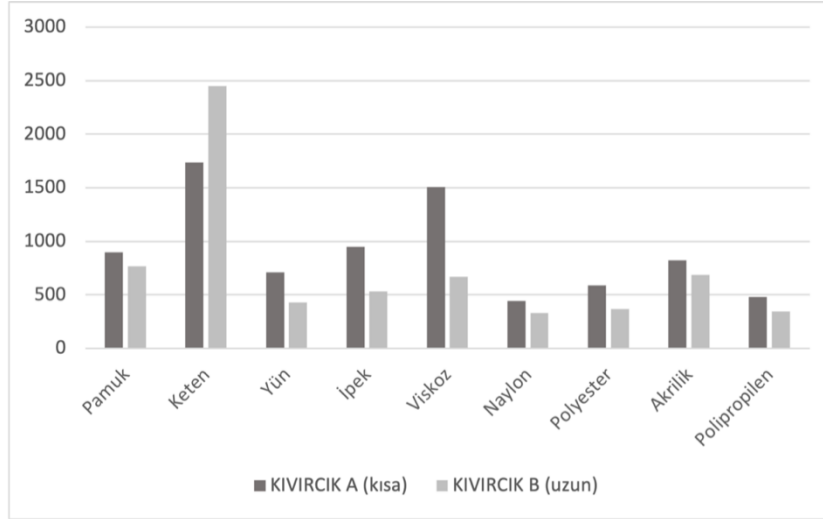


Şekil 43: Liflerin kontrol grubu ile deney grubundaki saç tiplerine göre transferi.

Kontrol grubu ile deney grupları arasındaki farkların istatistiksel olarak belirlenmesi için verilere iki yönlü ANOVA (rastgele blok tasarımı) testi yapılmıştır. Kıvrıkcık saç tipi için kontrol grubu (KGC) ve deney grubu (A ve B) arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p = 0,296$). Düz saç tipi için kontrol grubu (KGA) ve deney grubu (C ve D) arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p = 0,00$). Dalgalı saç tipi için kontrol grubu (KGB) ve deney grubu (E ve F) arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p = 0,127$). Kontrol grubu ve deney grubu arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p = 0,072$). Test sonuçları, kontrol grupları ile deney grubunun benzer sonuçlar verdiğini fakat düz saç tipinde anlamlı farklılıkların ortaya çıktığını göstermiştir.

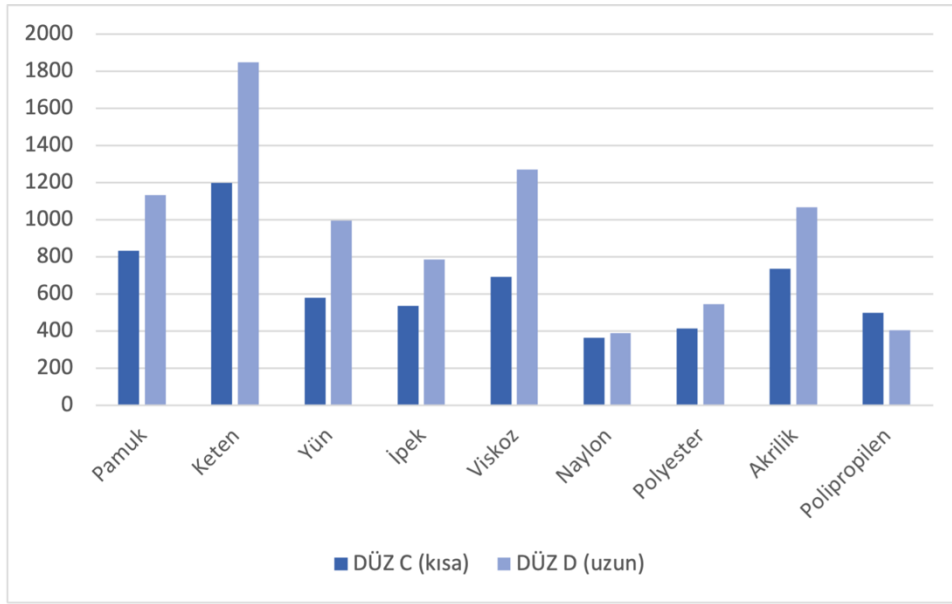
Pearson korelasyon testlerinin sonuçları ise bu iki grup arasındaki ilişkinin gücünü ortaya koymuştur. Kıvrıkcık saç tipi için KGC ile A arasındaki ilişki ($r = 0,802$) güçlü ve KGC ile B arasındaki ilişki ($r = 0,760$) önemlidir. Düz saç tipi için KGA ile C arasındaki ilişki ($r = 0,937$) ve KGA ile D arasındaki ilişki ($r = 0,917$) güçlüdür. Dalgalı saç tipi için KGB ile E arasındaki ilişki ($r = 0,721$) önemli ve KGB ile F arasındaki ilişki ($r = 0,955$) güçlüdür.

Deney grubundaki kıvrıkcık saç şekline sahip kullanıcıların saç uzunluğuna göre transfer olmuş lif türlerinin dağılımı Şekil 44'teki sütun grafiğinde verilmiştir. Lif türlerinin ($n=9$) %88,89'unda; kıvrıkcık kısa (A) saçta, kıvrıkcık uzun (B) saçta kıyasla daha fazla miktarda lif transfer olmuştur. Bunun sebebi, kıvrıkcık saçların uçlarının kanca gibi davranması olabilir. Kısa kıvrıkcık saçın uçları, uzun kıvrıkcık saçın aksine, şapka ile temas halinde olduğu için kısa kıvrık saçlar lifleri daha fazla tutmuştur.

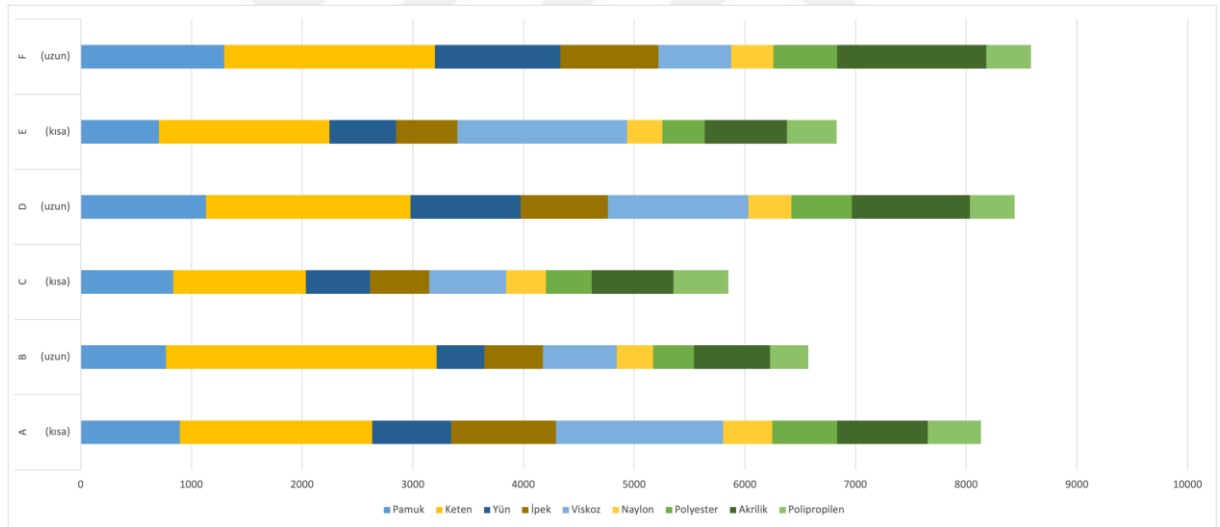


Şekil 44: Deney grubundaki kıvırcık saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı.

Deney grubundaki düz saç şekline sahip kullanıcıların saç uzunluğuna göre transfer olmuş lif türlerinin dağılımı Şekil 45'teki sütun grafiğinde verilmiştir. Lif türlerinin (n=9) %88,89'unda; düz uzun (D) saçta, düz kısa (C) saçta kıyasla daha fazla miktarda lif transferi meydana gelmiştir. Kısa ve düz saçta sahip C kullanıcısı, tüm kullanıcılar arasında en kısa saçlı olan ve saçında seyreklik görülen tek kişidir. Şekil 46'daki grafikte görüldüğü üzere, saçlarında en az lif bulunan kişi C kullanıcısıdır.

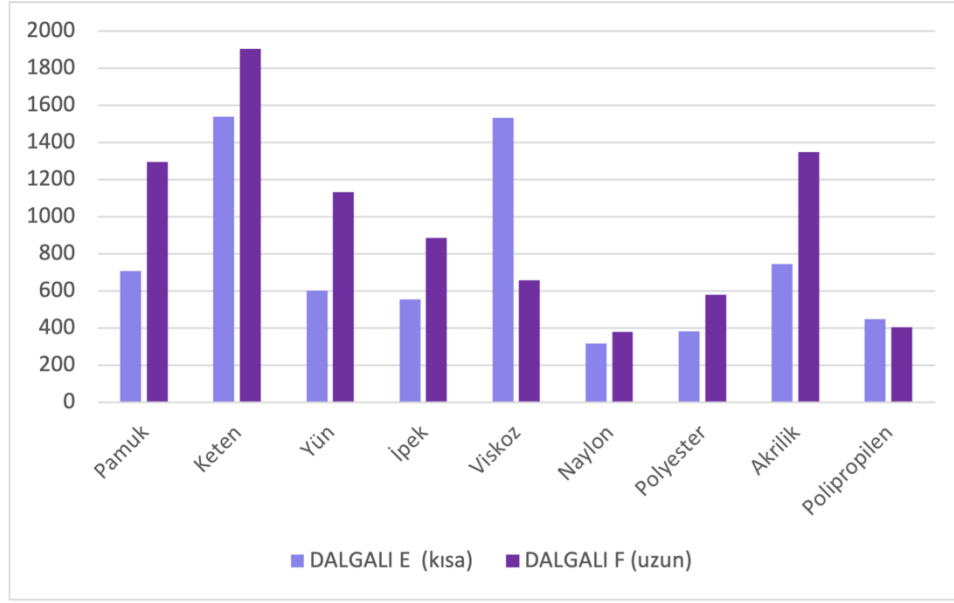


Şekil 45: Deney grubundaki düz saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı.



Şekil 46: Deney grubuna transfer olan lifler.

Deney grubundaki dalgalı saç şekline sahip kullanıcıların saç uzunluğuna göre transfer olmuş lif türlerinin dağılımı Şekil 47'deki sütun grafiğinde verilmiştir. Lif türlerinin (n=9) %77,78'inin dalgalı uzun (F) saçta, dalgalı kısa (E) saçta kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 47: Deney grubundaki dalgalı saçlı kullanıcıların lif türlerine göre transfer miktarlarının dağılımı.

Her kullanıcının saçına transfer olmuş lifler arasında en çok keten lifinin bulunmasının sebebinin, keten lifinin karakteristik yüzey yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Keten liflerinin yüzeyinde enine yönde çizgiler, yarıklar ve çatlaklar bulunmaktadır. Bu yüzey yapısı, saçın yüzeyine iyi tutunuyor olabilir. Yün lifleri de keten lifleri gibi enine çizgiler içermektedir, yün liflerinin yüzeyi pulludur. Keten lifi kadar saçta tutunamamasının nedeni, keten şapkanın dolayısıyla da keten lifinin daha sert olması olabileceği gibi yün liflerinin boyuna genişliğinin, keten lifleri kadar değişken olmaması olabilir (Şekil 34-35). Ayrıca keten liflerinin uzun saçlara daha fazla transfer olduğu saptanmıştır.

En az miktarda transfer olan naylon, polyester ve polipropilen liflerinin yüzey yapıları birbirlerine benzemektedir (Şekil 38, 39, 41). Bu üç sentetik lif türlerinden naylon ve polipropilen, düz boru şeklinde oldukları için saç yüzeyine daha az tutunmuş olabilirler. Daha karakteristik yüzey yapısına sahip olan pamuk, keten, yün ve ipek liflerinin, bu üç life kıyasla daha fazla transfer olmasının sebebinin morfolojik yapıları olduğu düşünülmektedir. Yüzey yapıları haricinde transfere etki eden diğer bir lif karakteristiği de liflerin statik elektriklenme

özelliği olabilir. Saça en az transfer olmuş olan naylon, polyester ve polipropilen liflerinin statik elektriklenme sorunu vardır. Kullanıcılar bu şapkaları saçından çıkartırken saçlarında elektriklenme meydana gelmiş ve saçlarının kabardığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda saç ile lif, birbirini iterek liflerin saça tutunması statik elektrik ile azalmış olabilir. Naylon, polyester ve polipropilen şapkalar dışındaki diğer şapkaların, kullanıcıların saçlarında elektriklenme yapmadığı gözlemlenmiştir. Her ne kadar sentetik lif sınıfındaki akrilik lifinin karakteristik özellikleri arasında yüksek statik elektriklenme olsa da çalışmada kullanılan akrilik şapkalar kullanıcıların saçından çıkartılırken, saçta elektriklenme meydana gelmediği tespit edilmiştir. Morfolojik yüzey yapıları doğal lif grubundaki lifler kadar ayırt edici olmayan viskoz ve akrilik liflerinin; naylon, polyester ve polipropilen lifleri kadar az transfer olmamasının nedeni bu etkileşim olabilir. Ayrıca deneyin gerçekleştirildiği koşullar (mevsim, nem miktarı gibi), statik elektriklenme özelliklerinin değişmesine sebep olabilir.

Literatürde yün ve akrilik lifi ile yapılan çalışmaların birinde (60) lif transferinin saç uzunluğuna bağlı olduğu tespit edilirken, diğer çalışmada (61) ise uzunluk yerine saç şekline bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında da bu iki lif türü kendi içerisinde değerlendirildiğinde, her ikisinin de saç tiplerine göre sıralamasının aynı olduğu ($F > D > A > E > C > B$) belirlenmiştir. Bu iki lif türüne ek olarak, toplam dokuz adet lif türü birlikte incelendiğinde saçtaki lif transferinin yalnızca saç tipi veya uzunluğuna bağlı olmadığı görülmektedir.

Çalışmada kullanılan dokuz adet lif türünün, kısa ve seyrek saça dahi transfer olduğu tespit edilmiştir (Şekil 46). Bu da adli vakalarda, saçlardan lif örneklerinin toplanmaya değer olduğunu göstermektedir.

5.2. Nakil Bandı ile Lif Kaldırma

Çalışmada kullanılan nakil bantlarının, liflerin saçtan toplanılması için etkili bir araç olduğu saptanmış ve bunun literatürdeki çalışmalarla uyduğu belirlenmiştir. Şapkaların sekiz tanesi beyaz, bir tanesi sarı renk olduğu için bantların yapıştırıldığı yüzey, siyah kâğıt olarak seçilmiştir. İki adet bant kullanılarak saçtaki tüm liflerin eşit yapışkanlı yüzey ile temas etmesi hedeflenmiştir. İki bandın kullanıldığı kaldırma metodu, literatürdeki çalışmalara kıyasla daha fazla lif tespit edilmesinin diğer bir sebebi olabilir. Ayrıca çalışmada kullanılan 270 adet bandın (135 adet birinci bant, 135 adet ikinci bant) tamamında; ikinci bantlarda, ilk bantlara göre daha az lif bulunduğu tespit edilmiştir.

5.3. VSC8000'in Lif Çalışmalarında Kullanılması

VSC8000 cihazı ile, 16x büyütmede liflerin hem görünür bölge hem de UV ışıktaki incelenebildiği tespit edilmiştir. Nakil bantlarının yapıştırıldığı yüzeyden kaynaklı olarak, görünür bölgede liflerin tespit edilmesinin daha zor olduğu saptanmıştır. 365 nm dalga boyundaki UV ışık kullanılarak yüzeyden kaynaklı detaylar kaybolmuştur. Bu sebeple adli amaçlı lif incelemelerinde UV ışık ile liflerin tespit edilmesi sağlanılabilir. Bu çalışmadaki dokuz adet lifin tamamı UV ışıktaki görünür hale gelmiştir. Liflerin UV ışıktaki görünür hale gelmesinin sebebi, doğası gereği liflerin floresans özelliklerinin olması haricinde çeşitli kimyasal işlemler sonucunda da floresans özellik kazanması olabilir.

2019 yılında Góra ve Wąs-Gubała tarafından yapılan “Enzymatic extraction of dyes for differentiation of red cotton fibres by TLC coupled with VSC” isimli çalışma haricinde literatürde, liflerin adli amaçlı analizinin VSC kullanılarak yapıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Góra ve Wąs-Gubała'nın çalışmasında lifler doğrudan VSC ile incelenmemiş olup pamuk liflerinden ekstrakte edilmiş boyarmaddelerin ince tabaka kromatogramları VSC kullanılarak görüntülenmiştir (58). Bu tez çalışması ile VSC8000 cihazının, UV ışığı ve 16x büyütme ayarı ile adli lif incelemelerinde kullanılabilecek etkili bir araç olduğu belirlenmiştir.

6. Sonuç

Failler, yüzünü saklama gerekçesiyle tekstil ürünleri ile yüzlerini kapatma davranışı sergilerler. Bu amaçla kar maskesi, balaklava, şapka, kapüşon, atkı gibi baş ve yüz için üretilen ürünler kullanıldığı gibi çorap gibi ürünler de kullanılmaktadır. Pandemi döneminde yüz maskelerinin kullanımının artmasıyla birlikte, yüz maskelerinin de suçlular tarafından yüzlerini kapama aracı olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu davranış sonucunda birçok farklı türdeki liflerin çeşitli tekstil ürünlerinden saç transferi gerçekleşmektedir.

Bu tez çalışmasında çeşitli lif türlerinin farklı saç tiplerine birincil transferi çalışılmıştır. Çalışma kapsamında piyasada sıklıkla kullanılan lif türleri seçilerek aynı örgü tipinde, eşit ip kalınlığında ve ilmek sayısında şapkalar örülmüştür. Farklı saç şeklindeki kullanıcıların saçlarından lif örnekleri, iki adet yapışkanlı bant kullanılarak toplanmıştır. Böylelikle lif sayımı etkin bir biçimde gerçekleştirilmiştir. VSC8000 cihazı kullanılarak lif sayımı yapılmıştır.

Bulgular değerlendirildiğinde VSC8000 cihazının lif çalışmalarında kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Dokuz farklı lif türünün de saç transfer olduğu tespit edilmiştir. Düz ve dalgalı saç tipinde uzunluk ile doğru orantılı olarak, kıvrıkcık saç tipinde uzunluk ile ters orantılı olarak daha fazla lif transferi gerçekleşmiştir. Kıvrıkcık saçlardaki ters orantının sebebinin, kıvrıkcık saç uçlarının kanca gibi davranarak lifleri toplaması ve kısa kıvrıkcık saç uçlarının şapkaya temas etmesi olduğu düşünülmektedir. Saç tipi ve saç uzunluğunun lif transferine etkisinin yanı sıra, transfere etki eden tek belirleyici olmadığı gözlemlenmiştir. Kullanıcıların saçına en çok transfer olan lifin keten, en az transfer olan lifin de naylon olduğu saptanmıştır. Naylondan sonra her bir kullanıcının saçına en az miktarda transfer olan lif türü polyester veya polipropilendir. Liflerin saçta tutunması ve dolayısıyla saçta transfer olmasının liflerin yüzey yapıları ve statik elektriklenme özellikleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu durum, tekstil liflerinin karakteristik özelliklerinin bilinmesinin önemini vurgulamakta ve adli tekstil uygulama alanının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışmadaki lif türlerinin seyrek ve kısa saçlara dahi transfer olması, adli vakalar için kritik bir öneme sahiptir. Şahıs karşılaştırması yapılamayan adli vakalarda; saçtaki lifler ile gizlenme unsuru olarak kullanılan şapka liflerinin mukayese edilmesiyle adli vakaların aydınlatılmasına katkı sağlanabilir. Sadece şüphelilerden değil, mağdur ve cesetlerin saçlarından da örnekler alınarak olay yeri incelemesi detaylandırılabilir.

İleriki çalışmalarda kalıcılık, anlamlılık ve popülasyon çalışmalarının yapılması ile saçtaki lif örneklerinin adli vakaların çözümünde kullanılacak bir standarda dönüştürülmesi sağlanabilir.



Kaynaklar

1. Saferstein R. Criminalistics: An introduction to forensic science. Pearson, 2018.
2. Carr D. Forensic textile science. Woodhead Publishing, 2017.
3. İşbilen A, Dinler V. Adli olayların çözümünde tekstil yüzey ve aksesuarları. 3. Anadolu Adli Bilimler Kongresi; 2004 Ekim 7-10; Eskişehir. 2004.
4. Türkyılmaz TA, Uzunöz K. Tekstil Terimleri Sözlüğü. Bursa: Ezgi Kitapevi, 2008.
5. Karahan N, Mangut M. Tekstil Lifleri. Bursa: Ekin, 2011.
6. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. The Importance of Forensic Textile Evidence in Forensic Science. 14th Annual Meeting of The Balkan Academy of Forensic Sciences; 2023 Oct 5-8; İstanbul. Balkan Academy of Forensic Sciences, 2023.
7. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Adli Amaçlı Lif İncelemeleri. 16. Uluslararası Anadolu Adli Bilimler Kongresi; 2022 Haziran 3-5; Ankara. Adli Bilimciler Derneği, 2022.
8. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Adli Tekstil Delillerinin Sağlık Personelleri Açısından Önemi. 7. Uluslararası Adli Hemşirelik Kongresi; 2023 Mayıs 8-10; Trabzon. Adli Bilimciler Derneği 2023.
9. Williams GA. Forensic textile damage analysis: recent advances. Research and Reports in Forensic Medical Science 2018; 8: 1-8.
10. Jandarma Genel Komutanlığı Kriminal Dairesi Başkanlığı. Kriminal Terimleri Sözlüğü. Ankara : Türk Dil Kurumu, 2016.
11. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Farklı İçerikli Kumaşlardaki Bıçak Hasarlarının Adli Amaçlı İncelenmesi. 4. Uluslararası 20. Ulusal Adli Bilimler Kongresi; 2023 Kasım 2-5; İzmir. Adli Tıp Uzmanları Derneği, 2023.
12. Jason A, Haag L. Bullet entry holes in fabric: fibres, facts and fallacies. AFTE Journal 2014; 46(2), 133-137.

13. Walker JT. Bullet holes and chemical residues in shooting cases. *Journal of criminal law and criminology* 1940; 31(4), 497-521.
14. Soysal Z, Kolusayın Ö, Çetin G, Azmak D. Adli Otopsi Olgularında Elbiselerin İncelenmesinin Önemi. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası* 2013; 54(1-4).
15. DiMaio VJ. *Gunshot wounds: practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. CRC press, 2015.
16. Taupin JM, Cwiklik C. *Scientific Protocols for Forensic Examination of Clothing*. CRC Press. 2011.
17. Houck MM, Siegel JA. *Fundamentals of forensic science*. Academic Press. 2009.
18. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Kumaşlara emdirilmiş yasaklı madde taşımada güncel durum. III. Uluslararası Güvenlik Kongresi; 2023 Eylül 28-29; Ankara. Jandarma Sahil Güvenlik Akademisi, 2023.
19. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Tekstil ürünlerinde adli bilimler perspektifinden üçüncü el duman. VI. Uluslararası Şiddeti Anlamak Kongresi; 2024 Mayıs 24-24; İstanbul. İMDAT, 2024.
20. Fisher BAJ, Fisher DR. *Techniques of Crime Scene Investigation*. CRC Press. 2012.
21. Blau S, Roberts J, Cunha E, Delabarde T, Mundorff AZ, de Boer HH. Re-examining so-called 'secondary identifiers' in Disaster Victim Identification (DVI): Why and how are they used?. *Forensic Science International* 2023; 345, 111615.
22. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2011) [PDF belgesi]. Alıntı: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Tekstil%20Lifleri.pdf.
23. De Wael K. *Microscopy in forensic fibre examinations: A practical photo atlas and training tool*. Cobalt Blue Coaching. 2021.
24. Dayıoğlu H, Karakaş H. *Elyaf Bilgisi*. Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri Ltd. Şti. 2007.

25. <https://tekstilbilgi.net/amorfv-kristalin-bolge.html> (Son Erişim Tarihi: 13 Nisan 2024).
26. http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/CHEM2402/Textiles/Animal_Fibres.html (Son Erişim Tarihi: 13 Nisan 2024).
27. Harris HA, Lee HC. Introduction to forensic science and criminalistics. CRC Press, 2019.
28. Bertino AJ, Bertino PN. Forensic science: fundamentals & investigations. South-Western Cengage Learning. 2012.
29. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Seluloz> (Son Erişim Tarihi: 22 Nisan 2024).
30. <https://www.tech-worm.com/aminoasit-nedir/> (Son Erişim Tarihi: 22 Nisan 2024).
31. <https://www.mouerysflooring.com/mouerys-blog/2019/4/12/why-wool-carpet-is-the-right-choice-for-you> (Son Erişim Tarihi: 23 Nisan 2024).
32. The Editors of American Fabrics Magazine. Encyclopedia of Textiles. Second Edition. Doric Publishing. 1973.
33. Houck MM. Identification of textile fibers. CRC Press, 2009.
34. <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2020/11/duze-nedir-tekstilde-nozzle-ne-demek.html> (Son Erişim Tarihi: 26 Nisan 2024).
35. Saukko PJ, Siegel JA, Knupfer GC. Encyclopedia of forensic science. 2000.
36. <https://www.textileschool.com/330/microscopic-appearance-of-fibres/> (Son Erişim Tarihi: 29 Nisan 2024).
37. Arango MC, Montoya Y, Peresin MS, Bustamante J, Álvarez-López C. Silk sericin as a biomaterial for tissue engineering: A review. International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials 2021; 70(16), 1115-1129.
38. Robertson J, Roux C, Wiggins KG. Forensic Examination of Fibres Third Edition. CRC Press, 2018.
39. Houck MM. Trace Evidence Analysis: More Cases in Mute Witnesses. Elsevier. 2004.
40. Brenner JC. Forensic science: An illustrated dictionary. CRC Press. 2003.

41. Houck MM. Forensic science: modern methods of solving crime. Bloomsbury Publishing USA. 2007.
42. Sheridan KJ, Saltupyte E, Palmer R, Gallidabino MD. A study on contactless airborne transfer of textile fibres between different garments in small compact semi-enclosed spaces. Forensic Science International 2020; 315, 110432.
43. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Adli Amaçlı Lif İncelemeleri. Hancı İH, Taylan Özkan A, Akar N, ed. 16. Uluslararası Anadolu Adli Bilimler Kongresi. Seçkin; 2022. 377-388.
44. McKenna FJ, Sherwin JC. A simple and effective method for collecting contact evidence. Journal of the Forensic Science Society 1975; 15(4), 277-280.
45. Barbaro A, Mishra A. Manual of Crime Scene Investigation. CRC Press. 2022.
46. Yalçın Sarıbey A, Tuncay AÖ. Farklı İçerikteki Kumaşların Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Kullanılarak Adli Amaçlı İncelenmesi. Adli Bilimler Dergisi 2022; 21 (2), 7-16.
47. Yeşilbağ O. Tekstil Liflerinin Polarize Işık Mikroskobu ile Analizi. [Yüksek Lisans Tezi]. YÖK Tez Merkezi 308060, 2011.
48. Reffner JA, Kammrath BW, Kaplan S. A more efficient method for synthetic textile fiber analysis using polarized light microscopy. Journal of Forensic Sciences 2020; 65(3), 744-750.
49. Froelich NM, Campiglia AD, Barbosa Jr F. Fluorescence developments for the nondestructive analysis of forensic fiber evidence. Data Handling in Science and Technology 2024; (Vol. 33, pp. 83-110). Elsevier.
50. Farah S, Kunduru KR, Tsach T, Bentolila A, Domb AJ. Forensic comparison of synthetic fibers. Polymers for advanced technologies 2015; 26(7), 785-796.
51. Mujumdar N, Campiglia AD. A Review on Analytical Techniques Used for Forensic Fiber Analysis. Giorgia M, Jacqueline LS, Mire Z, ed. Light in Forensic Science: Issues and Applications. Royal Society of Chemistry; 2018. 175-206.

52. Biermann TW. Fibre Finder Systems. Roberson J, Grieve M, ed. Forensic Examination of Fibres. Taylor & Francis; 1999. 135-152.
53. Wetzler E, Lohninger H. Image processing using color space models for forensic fiber detection. IFAC-PapersOnLine 2018; 51(2), 445-450.
54. Arndt C, Kraetzer C, Vielhauer C. First approach for a computer-aided textile fiber type determination based on template matching using a 3d laser scanning microscope. In Proceedings of the on Multimedia and security 2012; pp. 57-66.
55. <https://www.shuttle-pcp.eu/> (Son Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2024).
56. Lepot L, Vanhouche M, Driessche TV, Lunstroot K. Interpol review of fibres and textiles 2019-2022. Forensic Science International: Synergy 2023; 6, 100307.
57. <https://fosterfreeman.com/vsc8000-hs/> (Son Erişim Tarihi: 29 Mayıs 2024).
58. Góra P, Waś-Gubała J. Enzymatic extraction of dyes for differentiation of red cotton fibres by TLC coupled with VSC. Science & Justice 2019; 59(4), 425-432.
59. Griffin RM, Crawford C. An improved method for the preparation of combs for use in hair combing kits. Science & Justice: Journal of the Forensic Science Society 1997; 37(2), 109-111.
60. Ashcroft CM, Evans S, Tebbett IR. The persistence of fibres in head hair. Journal of the Forensic Science Society 1988; 28(5-6), 289-293.
61. Salter MT, Cook R. Transfer of fibres to head hair, their persistence and retrieval. Forensic Science International 1996; 81(2-3), 211-221.
62. Cook R, Webb-Salter MT, Marshall L. The significance of fibres found in head hair. Forensic science international 1997; 87(2), 155-160.
63. Palmer R, Oliver S. The population of coloured fibres in human head hair. Science & justice: journal of the Forensic Science Society 2004; 44(2), 83-88.
64. Palmer R, Banks M. The secondary transfer of fibres from head hair. Science & Justice: Journal of the Forensic Science Society 2005; 45(3), 123-128.

Özgeçmiş

KİŞİSEL BİLGİLER

İSİM: Ayşe Öykü

SOYİSİM: Tuncay

EĞİTİM

- **Mimar Sinan Eğitim Kurumları (Fen Lisesi)** 2014-2018
- **Üsküdar Üniversitesi, Adli Bilimler (Lisans)** 2018-2022
- **Anadolu Üniversitesi, Adalet (Ön Lisans)** 2020-2023
- **Üsküdar Üniversitesi, Adli Bilimler (Yüksek Lisans)** 2022-2024

İŞ DENEYİMİ

- **Petek Kordon Uçlama** 2022
- **ALSTEKS Tekstil** 2022-2023

YAYINLAR

- 16. Uluslararası Anadolu Adli Bilimler Kongresi, Sözel Bildiri: **Adli Amaçlı Lif İncelemeleri**. 3-5 Haziran 2022.
- 16. Uluslararası Anadolu Adli Bilimler Kongresi, Kitap Bölümü: **Adli Amaçlı Lif İncelemeleri**. Seçkin Yayınları, 2022.
- 3. Uluslararası 19. Ulusal Adli Bilimler Kongresi, Sözel Bildiri: **Farklı İçerikteki Kumaşların Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Kullanılarak Adli Amaçlı İncelenmesi**. 3-6 Kasım 2022.

- Adli Bilimler Dergisi Cilt:21 Sayı:2, Makale: **Farklı İçerikteki Kumaşların Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Kullanılarak Adli Amaçlı İncelenmesi.** 2023.
- 7. Uluslararası Adli Hemşirelik Kongresi, Sözel Bildiri: **Adli Tekstil Delillerinin Sağlık Personelleri Açısından Önemi.** 8-10 Mayıs 2023.
- III. Uluslararası Güvenlik Kongresi (Kriminalistik ve Kriminoloji), Sözel Bildiri: **Kumaşlara Emdirilmiş Yasaklı Madde Taşımada Güncel Durum.** 28-29 Eylül 2023.
- 14th Annual Scientific Meeting of the Balkan Academy of Forensic Sciences, Poster Bildirisi: **The Importance of Forensic Textile Evidence in Forensic Science.** 5-8 Ekim 2023.
- 4. Uluslararası 20. Ulusal Adli Bilimler Kongresi, Sözel Bildiri: **Bıçak Hasarlarının Adli Amaçlı İncelenmesi.** 2-5 Kasım 2023.
- VI. Uluslararası Şiddeti Anlamak Kongresi, Sözel Bildiri: **Tekstil Ürünlerinde Adli Bilimler Perspektifinden Üçüncü El Duman.** 24-25 Mayıs 2024.

YETKİNLİKLER

Laboratuvar

- Temel Laboratuvar Teknikleri
- Mikroskopi:
 - Lup
 - Işık Mikroskobu
 - Stereo Mikroskobu
 - Mukayese Mikroskobu

- Spektroskopi:
 - Alternate Light Source (ALS)
 - Video Spectral Comparator (VSC)
 - Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

Bilgisayar

- Microsoft Office Programları
- Online Meeting Araçları
- SPSS
- Orange Datamining
- SpectraGryphy Software

YABANCI DİL

- İngilizce
- Felemenkçe