

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

**BAKIR AMONYUM / PAMUK KARIŞIMLI ÖRME
KUMAŞLARIN NEM YÖNETİM PERFORMANSININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM GÜNDÜZ

DENİZLİ, ARALIK - 2016

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



**BAKIR AMONYUM / PAMUK KARIŞIMLI ÖRME
KUMAŞLARIN NEM YÖNETİM PERFORMANSININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM GÜNDÜZ

DENİZLİ, ARALIK - 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

GİZEM GÜNDÜZ tarafından hazırlanan “BAKIR AMONYUM PAMUK KARIŞIMLI ÖRME KUMAŞLARIN NEM YÖNETİM PERFORMANSININ İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 23.12.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

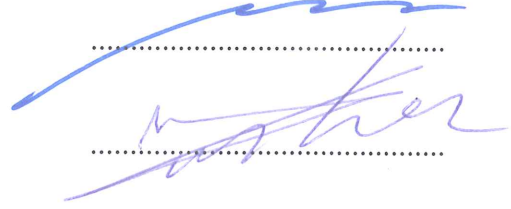
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
DOÇ. DR. GÜNGÖR DURUR

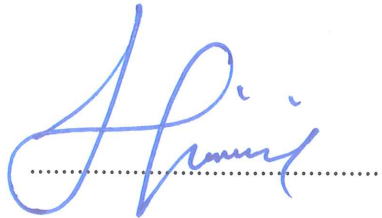


Üye
PROF. DR. AYŞE OKUR



Üye
DOÇ. DR. YILDIRAY TURHAN

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.25/01/2017.. tarih ve ...04126..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

GİZEM GÜNDÜZ



ÖZET

BAKIR AMONYUM / PAMUK KARIŞIMLI ÖRME KUMAŞLARIN NEM YÖNETİM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM GÜNDÜZ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. GÜNGÖR DURUR)

DENİZLİ, ARALIK - 2016

Rejenere selüloz liflerden bakır amonyum lifleri (cupro lifleri) bakır oksit ve amonyum içerikli sulu çözelti içerisindeki selülozun çözünmesi ile elde edilir; elde edilen liflerin pamuk lifleri ile karışımından oluşan ipliklerin kullanılması ve örgü yapısının nem ile ilişkisi araştırmanın temelini oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, % 50 bakır amonyum % 50 supima pamuk liflerinden eğrilmiş ipliklerin kullanılmasıyla üretilmiş yuvarlak örme kumaşların nem yönetimi, hava geçirgenliği, kalınlık ve gözeneklilik özellikleri incelenmiştir.

Karışım olarak elde edilen ipliklerin numaraları Ne 40/1 ve Ne 56/1'dir. Bu ipliklerden elde edilen yuvarlak örme kumaşlarının tipleri ise süprem, ribana ve interlok örgü olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar ile kumaşların kalınlık verileri de ilişkilendirilerek konfor bazında aralarındaki etkileşime göre değerlendirmelerde bulunulmuştur. Numune kumaşlarının nem yönetim değerleri SDL Atlas MMT'de ölçülmüştür.

Yapılan değerlendirmeler ile bakır amonyum içerikli bu kumaşların iplik numaraları inceldikçe gözenekliliğin artmasından dolayı sıvı iletiminin hızlandığı ve nem iletiminin yükseldiği; genel nem yönetim değerlerinin yaklaşık 0,5- 0,75 OMMC aralığında ölçülerek çalışmada incelenen kumaşların iyi bir nem yönetimine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç itibarıyla bakır amonyum liflerinin kumaş yapısında kullanılmasının sıvı nem transferinde avantajlar sağlayacağı görülmüştür.

Bu çalışmayla, uzun zaman önce bulunan fakat özellikleri üzerine güncel çalışmaların az olduğu bakır amonyum liflerinin sıvı nem yönetimi ve konfor özellikleri incelenmiştir. Bulunan sonuçlar bu liflerden üretilen kumaşlar üzerine çalışma yapan araştırmacılar ve üretici firmalar açısından yol gösterici olacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Bakır amonyum, konfor, nem yönetimi, hava geçirgenliği, MMT.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MOISTURE MANAGEMENT PERFORMANCE OF COPPER AMMONIUM / COTTON COMPOUND KNITTED FABRICS

MSC THESIS

GİZEM GÜNDÜZ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

TEXTILE ENGINEERING

(SUPERVISOR: DOÇ. DR. GÜNGÖR DURUR)

DENİZLİ, DECEMBER 2016

Copper ammonium fibers (cupro fibers) from the regenerated cellulose fibers are obtained by dissolving cellulose in an aqueous solution containing copper oxide and ammonium; the use of yarns of the obtained fibers in combination with cotton fibers and the investigation of the relationship between the mesh structure and moisture.

In this thesis, moisture management, air permeability, thickness and porosity properties of circular knitted fabrics produced by using yarns twisted from 50% copper ammonium 50% supima cotton yarns were investigated.

The numbers of the yarns obtained as mixture are Ne 40/1 and Ne 56/1. The types of circular knitted fabrics obtained from these yarns are determined as single jersey, rib and interlock knitted fabrics.

The obtained results and the thickness data of the fabrics were related to each other and the evaluations were made according to the interaction between the comforts. The moisture management values of the sample fabrics were measured in the SDL Atlas MMT.

The values of the constituents and the copper ammonium content of these fabrics are increased as the yarn count increases, the liquid transmission speeds up and the moisture transmission rises; the overall moisture management values are measured at an OMMC range of about 0,5- 0,75, which means that the fabrics studied in operation have a good moisture management feature. As a result, the use of copper ammonium fibers in fabric construction has been shown to provide advantages in liquid moisture transfer.

This study investigated the liquid humidification and comfort characteristics of copper ammonium fibers, which were found long ago, but whose properties are less up-to-date. The results will be helpful for researchers and producers working on fabrics produced from these fibers.

KEYWORDS:Cupramonyum, comfort, moisture management, air permeability, MMT.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Selüloz Lifleri.....	6
1.1.1 Selüloz ve Özellikleri	6
1.1.2 Selülozun Elde Edilmesi	11
1.1.3 Selülozun Test ve Kontrolleri.....	14
1.1.4 Selülozun Kullanılması	15
1.2 Rejenere Selüloz Lifleri (Rayonlar)	17
1.3 Cupramonyum (Bakır Amonyum) Lifleri	18
1.4 Bakır Amonyum Liflerinin Üretimi	20
1.4.1 Yığma (Batchwise) Çekim Yöntemi	24
1.4.2 Sürekli (Kontinü) Çekim Yöntemi	25
1.5 Bakır Amonyum Liflerinin Yapısı ve Özellikleri	27
1.5.1 Bakır Amonyum Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	27
1.5.1.1 Bakır Amonyum Liflerinde Uzunluk ve İncelik	27
1.5.1.2 Bakır Amonyum Liflerinde Mukavemet	27
1.5.1.3 Bakır Amonyum Liflerinde Uzama ve Elastikiyet.....	28
1.5.1.4 Bakır Amonyum Liflerine Sıcaklığın Etkisi.....	29
1.5.1.5 Bakır Amonyum Liflerinde Yoğunluk ve Nemin Etkisi ...	29
1.5.2 Bakır Amonyum Liflerinin Kimyasal Özellikleri	30
1.5.2.1 Bakır Amonyum Liflerine Asitlerin, Alkalilerin, Mikroorganizmaların ve Böceklerin Etkisi	30
1.6 Bakır Amonyum Liflerinin Boyanması.....	31
1.7 Bakır Amonyum Liflerinin Geleceği.....	31
1.7.1 Cupresa	33
1.7.2 Cuprema	34
1.7.3 Nihai Kullanım	34
2. TEKSTİLDE KONFOR	36
2.1 Konforun Tanımı ve Önemi	36
2.2 Isı ve Nem Geçiş Özellikleri ile İlgili Kavramlar	37
2.2.1 Isı Geçiş Özellikleri.....	37
2.2.2 Su Buharı Geçirgenliği ve Özellikleri	40
2.3 İnsan-Çevre ve Giysi Arasında Oluşan Etkileşim	41
2.3.1 Çevre Parametreleri	42
2.3.2 İnsan Parametreleri	46

2.3.3	Giysi Parametreleri.....	50
2.3.3.1	Lif Tipi.....	54
2.3.3.2	İplik Yapısı	55
2.3.3.3	Örgü Yapısı	56
2.3.3.4	Kumaş Kalınlığı.....	57
2.3.3.5	Giysi Bileşenleri	58
2.4	Tekstil Materyallerinde Oluşan Isı Transfer Mekanizmaları	59
2.5	Tekstil Materyallerinde Oluşan Su (Sıvı ve Buhar) Transfer Mekanizmaları.....	62
2.6	Tekstil Materyallerinde Oluşan Nem Transfer Mekanizmaları.....	64
2.7	Tekstil Materyallerinde Oluşan Hava Geçirgenliği Mekanizmaları ..	65
2.8	Tekstil Materyallerinde Gözeneklilik.....	66
3.	KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....	68
3.1	Önceki Çalışmalar	68
4.	MATERYAL VE YÖNTEM	84
4.1	Kullanılan Materyal.....	84
4.2	Ölçüm Yöntemleri	86
5.	BULGULAR	91
5.1	Islanma Süresi	92
5.2	Emilim Oranı	94
5.3	Maksimum Islak Daire Yarıçapı	95
5.4	Islanma Hızı	97
5.5	Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (AOTI).....	98
5.6	Genel Nem Yönetim Performansı (OMMC).....	99
5.7	Hava Geçirgenliği.....	100
5.8	Kalınlık	101
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	103
7.	KAYNAKLAR.....	105
8.	EKLER.....	110
EK A.1	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, Süprem)	110
EK A.2	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, Ribana)	110
EK A.3	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, İnterlok)	111
EK A.4	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, Süprem)	111
EK A.5	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, Ribana)	112
EK A.6	Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, İnterlok)	112
9.	ÖZGEÇMİŞ.....	113

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Nitroselülozun kimyasal yapısı (Cook 2001).	4
Şekil 1.2: Selülozun kimyasal yapısı (Url 1).	8
Şekil 1.3: Rejenere selüloz liflerinin 2005-2014 yılları arasındaki toplam üretim miktarları (Url 2).	16
Şekil 1.4: Rejenere selüloz liflerinin 2005-2014 yılları arasındaki bölgelere göre tüketim miktarları (Url 2).	16
Şekil 1.5: Bazı rejenere liflerinin SEM fotoğrafları (Fourné 1999).	18
Şekil 1.6: Bakır amonyum lifinin üretiminin şeması (Wulfhorst ve diğ. 2006).	20
Şekil 1.7: Bakır amonyum liflerini eğirme prosesi (Wulfhorst ve diğ. 2006). .	23
Şekil 1.8: Bakır amonyum lifinin batchwise (yığma) çekim yöntemi ile elde edilmesinin şematik gösterimi (Moncrieff 1975).	24
Şekil 1.9: Bakır amonyum lifinin sürekli (kontinü) çekim yöntemiyle elde edilmesinin şematik gösterimi (Moncrieff 1975).	26
Şekil 1.10: Sırası ile a) Cupro Micro, b) Cupro Full Dull ve c) Cupro Staple Spun markalı kumaşların örnekleri (Prescott 2015).	32
Şekil 2.1: Mikroklimayı etkileyen faktörler (Marmaralı ve diğ. 2006).	44
Şekil 2.2: Hava hareketinin dış hava katmanına etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).	45
Şekil 2.3: Rüzgârın ve kullanıcı hareketinin katmanlar arasındaki hava tabakasına etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).	45
Şekil 2.4: İnsanın iş yapma kapasitesi (Seventekin 1988).	48
Şekil 2.5: İnsan vücudunun otomatik sıcaklık ayarının şematik diyagramı (Li ve Wong 2006).	48
Şekil 2.6: Termoregülasyon mekanizması (Wang 2002; Okur ve diğ.).....	49
Şekil 2.7: Giysi konforu değerlendirme mekanizması (Wong 2002; Okur ve diğ. 2008).	51
Şekil 2.8: Cilt ve iç giysiler arasındaki etkileşim (Seventekin 1988).	52
Şekil 2.9: Giysinin (a) su buharı direnci ile kumaş kalınlığı arasındaki ilişkiyi, (b) ısı direnci ile kumaş kalınlığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Marmaralı ve diğ. 2006).	58
Şekil 2.10: Clo biriminde giysilerin ısı izolasyonu (Szokolay 2007).	58
Şekil 2.11: Toplam ısı ve su buharı direncine kumaş ve hava katmalarının etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).	59
Şekil 2.12: Tekstil materyallerinde meydana gelen ısı transfer mekanizmalarının şematik gösterimi (Li ve Wong 2006).	60
Şekil 2.13: İnsan vücudunda meydana gelen ısı değişimleri (Szokolay 2007). 60	
Şekil 3.1: Hes ve diğ. geliştirdiği örgü yapısı (Hes 2002, Öner ve Okur 2010).	74
Şekil 3.2: Örgü yapısının mikroskop altındaki kesit görünüşü (Hes 2002).	74
Şekil 4.1: MMT'nin önden görüntüsü (MMT kullanım kılavuzu 2005).	86
Şekil 4.2: MMT'nin sensör yapısı (MMT kullanım kılavuzu 2005).	87
Şekil 4.3: Hava geçirgenliği test cihazı (Url 3).	90

Şekil 4.4: Numune kumaşlarının kalınlık ölçümü (Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarı- Kumaş kalınlık test cihazı 5 g/cm ² 'de 0,01 mm duyarlılığa sahiptir.).	90
Şekil 5.1: Numune kumaşlarının üst ve alt ıslanma süreleri (saniye cinsinden).	92
Şekil 5.2: Numune kumaşlarının üst ve alt emilim oranları (%/s).	95
Şekil 5.3: Numune kumaşlarının üst ve alt maksimum ıslak daire yarıçapları (mm).	96
Şekil 5.4: Numune kumaşlarının üst ve alt ıslanma hızları (mm/s).	97
Şekil 5.5: Numune kumaşlarının kümülatif tek yönlü taşıma indeksleri (AOTI değerleri-%).	98
Şekil 5.6: Numune kumaşlarının genel nem yönetim değerleri (OMMC).	99
Şekil 5.7: Numune kumaşlarının hava geçirgenlik değerleri (l/m ² /s).	100
Şekil 5.8: Numune kumaşlarının kalınlık değerleri (mm).	102
Şekil A.1: Ne 40/1 süprem kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.	110
Şekil A.2: Ne 40/1 ribana kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.	110
Şekil A.3: Ne 40/1 interlok kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı....	111
Şekil A.4: Ne 56/1 süprem kumaş için zamana göre nem değişim diyagramı. ..	111
Şekil A.5: Ne 56/1 ribana kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.	112
Şekil A.6: Ne 56/1 interlok kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı....	112

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Rejenere liflerin sınıflandırılması (Clark 2011).	3
Tablo 1.2: Rejenere liflerin uluslararası lif standartlarında kısaltmaları (Fourné 1999).	5
Tablo 1.3: Bazı rejenere liflerin fiziksel özellikleri (Wulfhorst ve diğ. 2006) .	10
Tablo 1.4: Odun ve pamuk selüloz hamurlarının bileşimleri (% olarak) (Harmancıoğlu 1981).	15
Tablo 1.5: Çeşitli bükümlere sahip rejenere liflerin kristalite ve kısmi fraksiyon oranları (Taralı alandaki kısım, liflerin viskoz yöntemi ile eğrildiğini göstermektedir.) (Eichhorn ve diğ. 2009).	27
Tablo 1.6: Pamuk ve rejenere liflerin mukavemet ve uzama değerleri (Mather ve Wardman 2015).	28
Tablo 1.7: Bazı rejenere liflerin mekanik özellikleri ve X-Ray kristalitesi (WAXS-X _c). (Taralı alandaki kısım, liflerin viskoz yöntemi ile eğrildiğini göstermektedir.) (Eichhorn ve diğ. 2009).	29
Tablo 1.8: Bazı liflerin nem çekme ve su tutma değerleri (Fourné 1999).	30
Tablo 1.9: Bazı rejenere liflerin boyarmaddeler ile boyanması sonucu oluşan renkler (Fourné 1999).	31
Tablo 2.1: Kuru liflerin özgül ısı değerleri (Marmaralı ve diğ. 2006).	37
Tablo 2.2: Bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri (Marmaralı ve diğ. 2006).	38
Tablo 2.3: Kişinin fiziksel aktivitesine bağlı olarak ortaya çıkan ısı durumları (çevre sıcaklığı = 25 °C) (Seventekin 1988).	43
Tablo 2.4: Kritik vücut sıcaklıklarının gösterimi (Szokolay 2007).	46
Tablo 2.5: Çeşitli aktiviteler ile üretilen ısı enerjileri ile bunun sonucunda oluşan terleme oranları (Horrocks ve Anand 2000; Haghi 2011). .	50
Tablo 2.6: Tekstil lifleri üzerine 30 °C'de su buharı adsorpsiyonu sonucunda oluşan kuru-bazlı nem içerik değerleri (Keey 1993; Haghi 2011). .	65
Tablo 4.1: Örme kumaş tipleri ve yapısal parametreleri.	84
Tablo 4.2: Örme kumaş yapılarının teknik ön ve arka yüzlerinin gösterilmesi.	85
Tablo 4.3: MMT test sonuçları değerlendirme skalası (MMT kullanım kılavuzu 2005).	89
Tablo 5.1: Numune kumaşlarının MMT'den elde edilen ortalama değerleri. ..	91
Tablo 5.1 (Devam): Numune kumaşlarının MMT'den elde edilen ortalama değerleri.	91

SEMBOL LİSTESİ

q	:	Isı akış miktarı (W/m ² -W: Watt)
ΔT	:	Sıcaklık farkı (K-Kelvin)
h	:	Kalınlık (mm)
λ	:	Isıl iletkenlik (W/m.K)
ρ	:	Yoğunluk (kg.m ⁻³)
c	:	Özgül ısı (J/kg.K)
P_m	:	T _a çevre sıcaklığı için pascal cinsinden doymuş kısmi su buharı basıncı
P_a	:	T _a çevre sıcaklığı için pascal cinsinden laboratuvardaki gerçek kısmi su buharı basıncı
q_v	:	Numune ile ısı akış değeri (W/m ²)
q₀	:	Numunesiz ısı akış değeri (W/m ²)
p	:	Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%)
S	:	60 Pa.W ⁻¹ (Pa: Pascal, W: Watt)
R_{ct}	:	Isıl dayanım
R_{et}	:	Su buharı dayanımı
M	:	Metabolik oran
R	:	Net Radyasyon
C_v	:	Konveksiyon (Taşınım)
C_d	:	Kondüksiyon (İletim)
E	:	Buharlaşma ile oluşan ısı kaybı
m	:	Giysinin geçirgenlik katsayısı
A	:	Yüzey alanı (m ²)
P_s	:	Vücut sıcaklığındaki kısmi buhar basıncı
P_A	:	Çevre sıcaklığındaki kısmi buhar basıncı
A°	:	Angström (10 ⁻¹⁰ m)

KISALTMALAR LİSTESİ

ASHRAE:	The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu
PA	: Poliamid
PES	: Poliester
PP	: Polipropilen
PAN	: Poliakrilonitril
Co	: Pamuk
TS	: Türk Standartları
Ne	: İngiliz iplik numaralandırma sistemi
BISFA	: Bureau International pour Standardisation des Fibres Artificielles, Uluslararası Lif Standartları
DIN	: Deutsche Industrie Norm, Alman Standartlar Enstitüsü
Ppm	: Parts Per Million, milyonda bir birim
Pa	: Pascal (Basınç birimi)
s	: Saniye
g	: Gram

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bana her konuda destek olan, beni sabırla dinleyen, özverili çalışmaya teşvik eden, her daim aklın ve bilimin muzaffer ışığında yol gösteren ve o yolda ilerlememi sağlayan, en önemlisi de eğitici ve öğretici kimliğiyle yaptığım çalışmamı bana sevdiren ve güzel bir şekilde bitirmemi sağlayan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Güngör Durur'a teşekkürü bir borç bilip minnet ve şükran duygularımı sunarım.

Çalışmada kullanılan kumaşları bize temin eden Sayın Özgür Akçay'a, hem yazım aşamasında hem de test verilerimin değerlendirilmesinde bana her zaman destek olan değerli hocam Sayın Dr. Eren Öner'e, çalışmamın bir kısmını Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında yapabilmemi sağlayan ve yardımcı olan hocam Sayın Doç. Dr. Vildan Sular'a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde arkamda duran, sevgisini bir an olsun esirgemeyen, eğitimime verdiği destek ile beni bugünlere getiren, çağdaş ve uygar bir birey olmam için gecesini gündüzüne katarak çabalayan, emek harcayan değerli, kıymetli, eşsiz ve biricik annem Sıdika Gündüz'e, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli babam Uğur Gündüz'e ve eşsiz motivasyon yeteneğiyle bu çalışmamda bana çok büyük desteği olan canım kardeşim Cem Gündüz'e çok ama çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

1664 yılında, ünlü İngiliz bilim adamı Robert Hooke Micrographia adında bir kitap yayımlamıştır. Bu kitapta Hooke, ipek böceğini örnek alarak yapay lif elde edilebileceği üzerine yaptığı çalışmaları anlatmıştır. Önceden ipek böceğinin liflerini basitçe başının üzerindeki bir delikten sıvı salgılayarak oluşturduğu bilinmekteydi. İşte bu noktada bilim adamları da aynı mekanizmayı kullanarak yapay lif elde etme çalışmalarına yoğunlaşmıştır.

1842 yılında, İngiliz dokumacı Louis Schwabe yapay lifler elde etmek için kuvvet uygulanarak ince deliklerden sıvı geçirilebilen bir makine icat etmiştir. Makinenin malzemesini plastik yerine cam olarak tercih etmiştir çünkü plastik kullanıldığı zaman deliklere uygulanan kuvvet ile malzemedede erime başlamaktadır.

İlk olarak 1846 yılında F. Schönbein selülozu nitrik asitle işleme sokmuş ve nitroselülozu elde etmiştir. Bu, kolay alevlenen ve çabuk yanan aynı zamanda da patlayıcı bir maddedir. Böylece nitroselülozun bulunması ile patlayıcı madde endüstrisinin temeli de atılmış oldu.

Daha sonra nitroselüloz Camphor maddesiyle karıştırılarak plastik içerikli selüloit elde edilmiştir. Bu suretle ilk yapay plastik madde oluşturuldu. Daha sonra 1855 yılında George Audemars nitroselülozu yapışkan ve kıvamlı halde iken çekerek uzatmak ve havada sertleştirmek suretiyle filament elde etmeyi başarmıştır. Bu buluş ise rayon endüstrisinin başlangıcı olmuştur.

Bu özellikleri kazanan nitroselüloz maddesinden çekilebilen lifler yumuşak, sağlam ve eğilme yeteneğine sahip olduklarından normal lifler gibi bir görünüş ve nitelik kazanmış olurlar. Fakat bunların çabuk alevlenmesi tekstil alanında geniş çapta kullanılmasını engellemiştir.

1883 yılında Joseph Swan selüloz nitrat çözeltisini glasyal asit asetik ile muamele etmek ve düse biçimli ince deliklerden geçirmek suretiyle lif elde etmiştir. Elde edilen bu life yapay ipek adı verilmiştir. Swan kolay yanmayan selüloz nitrat

liflerini Londra fuarında sergilediği zaman büyük ilgi toplamıştır. Sonraki süreçte bu filamentler, elektrik lambalarında kullanılmıştır.

1862 yılında Ozanam, ipek böceğinin salgı halinde çıkardığı gerçek ipek liflerini düseye benzeyen ince deliklerden geçirdiğini tanımlamış ve böylece bir maddenin akışkan ve kıvamlı sıvıları ince deliklerden geçirilerek lif elde edilebileceğini kanıtlamıştır. Bu buluş rayon üretiminin gerçekleştirilmesinde büyük bir yarar sağlamıştır. Zira rayon lif çekiminin en önemli araçlarından olan düseler geliştirilmiştir.

Doğal polimerlerden elde edilen yapay liflere rejenere lifler denilir. Bilindiği gibi bunların esas maddeleri doğada mevcut olup lif haline dönüştürülür iken kimyasal yapılarında bir değişim meydana gelmemektedir. Sadece fiziksel yapıları değişikliğe uğrayarak yeni bazı özellikler kazanmaktadırlar.

Bitkisel lifler içerisinde selüloz, ipliksi bir moleküler yapıya sahiptir. Bu molekül, küçük glikoz moleküllerinden doğadan elde edilir, dizilişleri düzenlidir fakat yapısı oldukça serttir. Selüloz lifleri için sonuç olarak güçlü ve toktur denilebilir.

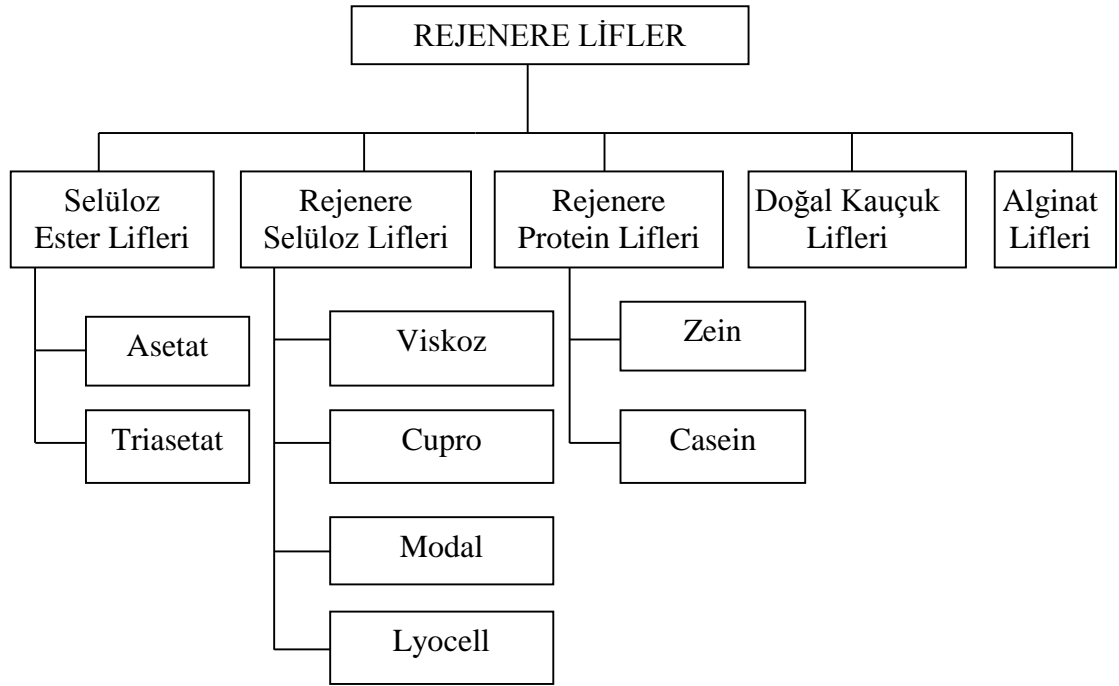
Düzenli aralıklarla, selüloz moleküllerinin atom grupları su emme eğilimindedirler. Örneğin, pamuk suda bırakıldığında, su bu grupların uzun ince selüloz molekülleri arasında nispeten nüfuz edebilmektedir. Sonuç olarak, lif yapısı açılmakta ve yumuşamaktadır.

En fazla selüloz lif üretimini bitkiler sağlamaktadır. Pamuk, ağacın gövdesi, keten veya meyve ile yaprakları selüloz oldukları için aynı kimyasal yapıya sahiptirler. Fakat genel olarak hayvanlarda mevcut olan proteinler, diğerinden farklılık göstermektedir.

Bunlar, bitkisel ve hayvansal kökenli olduklarına ve bileşimlerine göre, esas selüloz olanlar ile protein olmalarına göre ayrı ayrı incelenmektedir. Bununla birlikte selüloz esaslı olanlar günbegün daha da önem kazanmaktadır.

Rejenere liflerin genel sınıflandırılması Tablo 1.1’de gösterilmiştir.

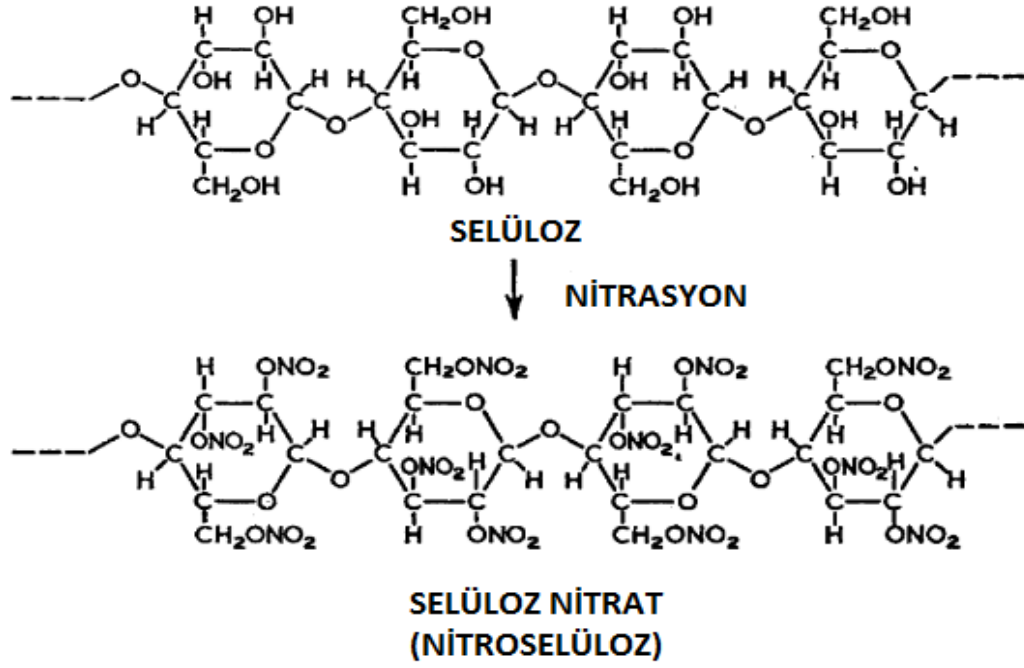
Tablo 1.1: Rejenere liflerin sınıflandırılması (Clark 2011).



Yapay Nitrat Lifleri: Count Chardonnet, yapay ipekle ilgili çalışma ve denemelerine 1878 yılında başlamıştır. Count Chardonnet Politeknik okulunda Pasteur'un öğrencisi olduğu sıralarda ipek endüstrisine büyük zarar veren Pebrin karataban hastalığına karşı çareler aranmakta idi. Bunun üzerine Count Chardonnet, böcek tarafından ipeğin nasıl üretildiğini incelemeye başladı. Sonucunda Chardonnet yapay ipeği elde etmeye çalıştı. Nihayet 1884 yılında nitroselüloz çözeltisini ince cam süzgeç deliklerinden geçirerek ve sıcak havada kurummasını sağlayarak ipeğe benzeyen lifleri elde etti. Count Chardonnet bunun patentini ise 1885 yılında almıştır.

Count Chardonnet sürdürdüğü bu çalışmalarla elde ettiği ipekli mamulleri 1889 yılında Paris fuarında sergilemiştir. Büyük ilgi gören bu ürünler yapay ipek endüstrisinin başlamasına ve gelişmesine yol açmıştır. Bunun üzerine 1890 yılında Besançon'da bir fabrika kurularak yapay ipek üretimine geçilmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, esası nitroselüloz olan bu liflerin kolay alevlenmesi ve çabuk yanması yapay ipek endüstrisinin gelişmesinde büyük zorluk ve tehlike yaratmıştır. Bu nedenle nitroselüloz yapay ipek üretimi yaygın bir endüstri haline gelememiştir. Bu yolla üretim yapan bütün kuruluşlar çıkan yangınlar ile teker teker yanmıştır. Son olarak 1949 yılında Brezilya'daki fabrikanın da aynı sonuçla karşılaşması ile bu şekilde yapay ipek üretimine devam edilemeyeceğine karar verilmiştir.



Şekil 1.1: Nitroselülozun kimyasal yapısı (Cook 2001).

Cupramonyum (Bakır Amonyum) Lifleri: Nitroselüloz yapay ipeğinin kolay alevlenmesi ve çabuk yanması uygulamada büyük bir engel teşkil ettiğinden rejenere liflerin başka yöntemler ile elde edilmesi gereği ortaya çıkmıştır. 1891 yılında Almanya’da Fremery ve Urban selülozu amonyaklı bakır oksit çözeltisinde eritmek suretiyle yapay ipek liflerinin çekilebileceğini keşfetmişlerdir. Bu çözelti ince delikli düselerden bir koagülasyon banyosuna püskürtülerek selüloz liflerinin sertleştirilmesi esasına dayanır. Ancak bu tarzda elde edilen filamentler 1901 yılından sonra ticarete yer bulabilmiştir. Stretching prosesinin geliştirilmesinden sonra da bu filamentlerin gerdirilerek çekilmesi daha çok önem kazanmıştır.

Viskoz Lifleri: Yukarıda da belirtildiği gibi selülozun rejenere edilmesiyle lif çekiminin gelişimini önleyen pek çok neden karşısında yeni yöntemlerin denenmesi gereksinimi artmıştır. Bu çalışmalar arasında 1892 yılında yeni bir yöntem olan viskoz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem ile F. Cross ve E. J. Bevan, selülozu önce soda ile daha sonra karbondi sülfid ile reaksiyona tabi tutarak sodyum selüloz elde etmişlerdir. Bu suretle viskoz adı verilen çözeltiden rejenere lif elde ederek bu alanda büyük bir gelişme sağlamışlardır. Bugün viskoz yöntemi ile elde edilen rejenere selüloz lifleri dünyanın her tarafında üretilmekte ve kullanılmaktadır.

Asetat Lifleri: Viskoz yönteminden sonra selülozun aseton ve diğer çözeltilerde çözünmesi sağlanarak selüloz asetatın aynı amaçla lif elde edilmiştir.

Ancak bu yolla yapılan lif üretimi I. Dünya Savaşı bittikten yani 1920 yılından sonra önem kazanmıştır.

I. Dünya Savaşı sırasında uçak endüstrisi tarafından kullanılan selüloz asetatın savaşın sona ermesiyle başka bir alanda kullanılma zorunluluğu doğmuştur. Bu amaçla yoğun çalışmalar yapan Dr. Henry Dreyfus selüloz asetatı ipek yapılmasını sağlamış ve 1921 yılında bu lif ile ticarete adım atmıştır. Bunun sonucunda, birçok ülkede selüloz asetat yoluyla yapay ipek üretimine geçilmiştir. Ancak bu yöntemden önce, selüloz esterinin elde edilebilmesi için primer ve sekonder asetat çözeltileri oluşturulmaktadır. Bunlar da ticari olarak asetat lifi ve triasetat lifi olarak tanımlanmaktadır. Tablo 1.2’de rejenere liflerin uluslararası lif standartlarında yer alan kısaltmalarına yer verilmiştir.

Tablo 1.2: Rejenere liflerin uluslararası lif standartlarında kısaltmaları (Fourné 1999).

LİFLER VE POLİMERLER	KISALTMALAR	
	BISFA*	DIN 7728**
Rejenere Lifler		
Asetat	CA	AC
Alginat	ALG	
Cupro	CUP	
Kauçuk	ED	
Lyocell	CLY	
Modal	CMD	
Nitroselüloz		CN
Protein	PROT	
Triasetat	CTA	CTA
Viskoz	CV	

BISFA* : Bureau International pour Standardisation des Fibres Artificielles, Uluslararası Lif Standartları

DIN** : Deutsche Industrie Norm, Alman Standartlar Enstitüsü

Protein Lifleri: Esası selüloz olan liflerden başka protein esasına dayanan bazı lifler de elde edilebilmiştir. Bunların başında caseinden elde edilen lanital, fibrolana vd. ile zeinden elde edilen ardil, vicara, silkool vd. gibi lifler gelmektedir.

- **Casein Lifleri:** 1904 yılında Todtenhaupt caseinden filament halinde lif çekebilmiştir. Fakat bu lifler hem gevrek hem de yeteri kadar sağlam olamamıştır. Bu yolla tekstil alanında rahatlıkla kullanılabilen olan casein lifi önce İtalya’da Fretti tarafından 1935 yılında geliştirilmiştir. Bunun sonucunda protein karakterli ve yün lifine benzer bileşimde bulunan rejenere lif yapımına geçilebilmiştir. Bunu sırasıyla Fibrolana, met inova lifleri izlemiştir.
- **Zein Lifleri:** Ardil, İngiltere’de 1938 yılında İ.C.İ. tarafından geliştirilmiş fakat ticarete ancak II. Dünya Savaşı’ndan sonra 1957 yılında girebilmiştir. Bu lif yer fıstığı proteininden elde edilmektedir.

Vicara, mısırdan elde edilen proteinden yararlanılarak Virginia Caroline Chemical Corporation tarafından, 1948 yılında bulunmuş fakat ticarete 1948 yılında girebilmiştir.

Aynı şekilde, soya fasulyeleri proteininden de lif yapılmış ve silkool adıyla piyasaya sürülmüştür. Ancak şunu belirtmek gerekir ki, bu liflerin kullanım alanları çok geniş olamamış ve üretimleri yüksek düzeye çıkamamıştır.

Bu çalışmada daha önce üzerine herhangi bir çalışmanın yapılmadığı % 50 Bakır Amonyum - % 50 Supima Pamuk karışımından oluşan Ne 40/1 ve Ne 56/1 iplik numaralarında süprem, ribana ve interlok örme kumaşlarının nem yönetim performansının ölçülmesi ve incelenmesi amaçlanmıştır. Bununla ilişkili olarak hava geçirgenliği, kalınlık ve gözeneklilik verileri de incelenmiştir.

1.1 Selüloz Lifleri

1.1.1 Selüloz ve Özellikleri

Selüloz doğada bitkiler tarafından sentez yolu ile oluşturulan organik bir maddedir. Endüstride kâğıt, karton, plastik, yapay lif, lak, boya ve patlayıcı maddeler gibi maddelerin yapımında kullanılmaktadır. Ekonomik değeri yüksektir. Bütün bitkilerin esas selülozdan oluşmakla birlikte her bitki selüloz üretimine elverişli değildir. Üretim bakımından en elverişli olanlar arasında özellikle, pamuk lif ve

linterleri, sazlar, kamışlar, lifli bitkiler, ekingiller ve bazı orman ağaçları sayılabilir. Ekonomik selüloz üretiminde de orman ağaçları başta gelmektedir. Özellikle sarıçam ve köknar gibi iğne yapraklılar ile kayın, kavak, okalüptüs gibi geniş yapraklılar büyük önem taşımaktadır.

Selüloz endüstrisinin asıl gelişimi kâğıt üretiminde yaşanan artış ile sağlanmıştır. Ancak her selülozlu ham madde kâğıt üretiminde kullanılamamaktadır. Zira üretim maliyeti ile teknolojik özellikleri göz önünde tutmak gerekmektedir. Kâğıt üretimi için selüloz fibrilllerinin çok uzun olmasına gerek duyulmamaktadır. Buna karşın, kimyasal lif üretiminde uzun fibrillerden oluşan selülozun tercih edilmesi gerekmektedir.

Çeşitli bitki türlerinden oluşan selüloz miktar bakımından olsun, oran ve özellikler yönünden olsun oldukça geniş sınırlar içinde ayrıntılar göstermektedir. En saf selüloz pamuk bitkisinin lifinde bulunmaktadır ki bunun bile tamamen saf olduğu iddia edilemez. Odun çeşitlerinde bulunan selüloz oranı ise genellikle % 40-50 arasındadır. Keten, kenevir, jüt gibi lifli bitkilerin sapları % 30 oranında selüloz içermektedir. Bununla birlikte bitkilerden elde edilen liflerin selüloz oranı yabancı maddelerinden temizlendikten sonra yükselmektedir.

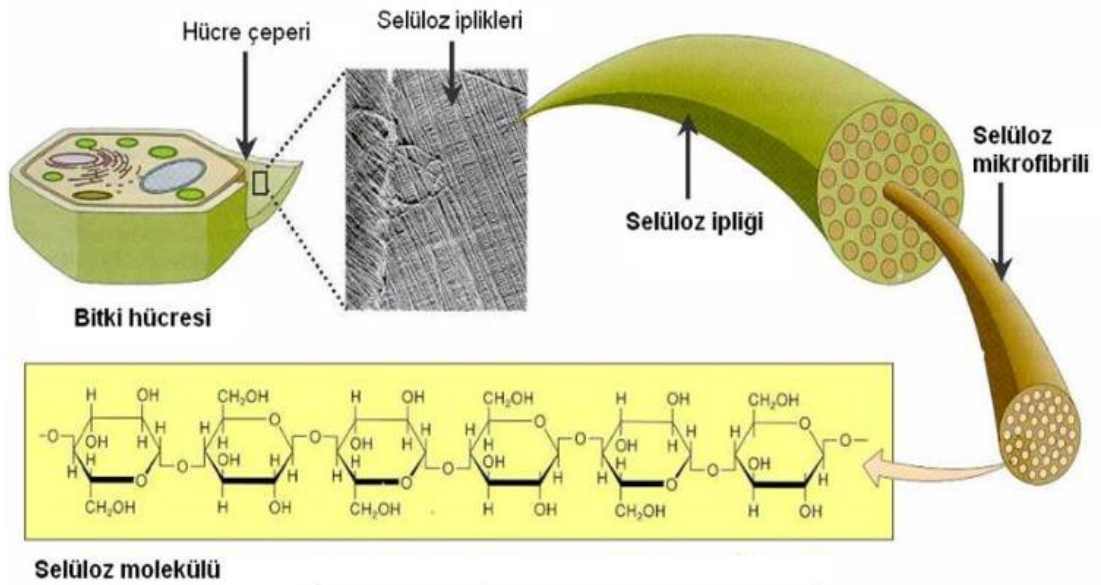
Bitkisel maddelerin bileşiminde selülozla birlikte reçine, tanen ve bazı alkoloit maddelerden başka lignin, hemiselüloz gibi maddelerde yer almaktadır. Bunlardan özellikle lignin ve hemiselüloz, fibriller hücre çeperi arasında yer alarak bitkisel maddenin % 30-60 kadarını oluşturmaktadır. Ancak selüloz üretiminde bunların çoğu dikkate alınmamaktadır.

Selülozun saflık derecesi; içerdiği α -selüloz miktarı ve oranı ile ölçülür. En saf olduğu bilinen pamuk lifleri bile % 99-98 oranında saf selüloz içerirler. Odunlardan elde edilen selüloz hamurunda ise α -selüloz oranı ancak % 89-97 arasındadır. Buna göre kimyasal lif yapımında α -selüloz oranı yüksek olan pamuk lif ve linterleri daha çok tercih edilmektedir. Ancak fiyatların yüksek olmasından dolayı çoğu zaman pamuğun yerine odun hamuru kullanılmaktadır.

Doğal moleküllerden biri olan selüloz doğrusal, lineer bir polisakkarit olarak nitelendirilmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi saf selülozun yanında, değişik oranlarda lignin, hemiselüloz, reçine gibi ürünlerde bulunmaktadır.

Selüloz karbonhidratlardan bir polisakkarittir. Kapalı formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olarak gösterilir. Glikoz moleküllerinin birleşmesi sırasında bünyelerinden birer molekül su kaybederek lineer karakterli bir makromolekül oluşturmakla meydana gelmektedir.

Selülozun molekül ağırlığı oldukça yüksektir. Fakat bütün selüloz molekülleri aynı büyüklükte ve uzunlukta değildir. Bu nedenle polimerizasyon derecesi ortalama bir değer göstermektedir. Molekül ağırlığı da aynı şekilde ortalama bir değer ile ifade edilmektedir. Şekil 1.2’de selülozun kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.2: Selülozun kimyasal yapısı (Url 1).

Teknik yollarla elde edilen selüloz ürünlerinde polimerizasyon derecesi doğal selülozdan daha düşük olmaktadır. Örneğin; kimyasal işlemlere tabi tutulan pamuk liflerinde bu değer 1000-2300, pamuk linterlerinde ise 600-1400 arasında bulunur ki bunlardan polimerizasyon derecesi 600 dolayına kadar düşmüş bulunanlar pratikte daha çok viskoz üretiminde, 1400 dolaylarında olanlar ise asetat üretiminde kullanılmaktadır. Odun selülozlarının polimerizasyon dereceleri 250'ye kadar düşebilmekle birlikte bu selülozlar daha çok rayon endüstrisinde rejenere selülozik

lif üretiminde kullanılmaktadır. Sonuç olarak, genellikle selülozun ortalama polimerizasyon derecesi 9000-10000 dolaylarında kabul edilmektedir.

Bazı liflerin ortalama polimerizasyon dereceleri ise şöyledir:

- *Pamuğun polimerizasyon derecesi yaklaşık 3000,
- * Normal selüloz 600-800,
- * Yüksek kaliteli selüloz ve pamuk linterleri 800-1300,
- * Viskoz lifleri 250-700,
- * Bakır amonyum lifleri 500-600,
- * Asetat lifleri 220-300,
- * Poliamid 100-180,
- * Poliester 130-220,
- * Akrilik lifleri 1000-2000,
- * PVC lifleri 1300-1800 ve
- * Jel eğirme ile elde edilen yüksek moleküllü PE 160000 civarındadır.

Tablo 1.3: Bazı rejenere liflerin fiziksel özellikleri (Wulfhorst ve diğ. 2006).

LİF PARAMETRELERİ	REJENERE LİFLER		
	Viskoz	Cupro	Asetat
Numara [dtex]	N/H/T: 1,3-22 P : 1,3-3,6		2-10
Lif Uzunluğu [mm]	38-200		40-120
Kuru Çekme Mukavemeti [cN/dtex]	N : 18-35 H, P: 35-45 T : 40-75	1,5-3,0	10-15
Yaş Çekme Mukavemeti [% Kuru Değeri]	N : 40-70 P, T: 70-80	60-70	50-80
Kuru Uzama Değeri [%]	N: 15-30 P: 8-18 T: 7-15	16-25	20-40
Yaş Uzama Değeri [% Kuru Değeri]	N: 100-130 P: 120-150 T: 150-200	110-130	120-150
Yoğunluk [g/cm ³]	1,52	1,52	1,29-1,33
Hooke Modülü (Elastisite Modülü) [cN/tex E=% 5]	N : 8-12 H, P: 18-25 T : 25-50	40-60	8
Erime/ Bozuşma Noktası [°C]	175-205	175-205	250

N: Normal, P: Polinozik, H: High Tenacity, T: Tenacity

Selüloz yapısının kristal ve amorf bölgelerden oluşması buna ayrı bir takım özellikler kazandırmaktadır. Nitekim kristal bölgelerinde birbirine paralel olarak sıralanan ve uzanan molekül zincirlerinin karşılıklı bağlanmış olmaları, geometrik biçimli küçük kristal ünitelerin oluşmasını sağlamaktadır. Bunlar da monoklin biçiminde mikrokristallerdir. Boyutlarının her biri;

$$a = 8,35 \text{ \AA}, b = 10,28 \text{ \AA}, c = 7,90 \text{ \AA} \text{ uzunluğundadır.}$$

Genellikle rejenere olmuş selülozlarda amorf bölgelerin oranı da yüksektir. Bir selülozik madde de kristal bölgelerle amorf bölgelerin oranı kendini belli eder. Liflerde kristallenme oranı yükseldikçe sertlik derecesi artar, eğilme ve bükülme

yetenekleri ise azalır. Bu gibi lifler kimyasal maddelere karşı daha dayanıklı olurlar. Buna karşın liflerde amorf bölge oranı yükseldikçe yumuşaklık artar, eğilme ve bükülme yetenekleri yükselir. Sulu çözeltilerin lif bünyesine nüfuzu kolaylaşır ve dolayısıyla kimyasal maddelere karşı dayanıklılıkları azalmış olur.

Tüm bitkilerde oluşan selülozun molekül zincirleri aynı olmamaktadır. Bunun için çeşitli selülozların oryantasyon derecelerinde farklılık görülmektedir. Genellikle doğal selülozlarda oryantasyon derecesi rejenere selülozlardan daha yüksektir. Bununla birlikte pratikte selüloza uygulanan bazı işlemler ile oryantasyon derecesini arttırmak ya da azaltmak mümkün olmaktadır.

1.1.2 Selülozun Elde Edilmesi

Doğada bitkiler tarafından üretilen selülozlar yeteri kadar saf olmadığından, maalesef buldukları şekilde kullanılamamaktadır. Bu yüzden selüloz liflerinin yabancı maddelerden uzaklaştırılması gerekmektedir. Ancak, her bitkinin selüloz üretimine elverişli olmadığı da belirtilmelidir. Pamuk lif ve linterleri ile bazı odun türlerinden elde edilen selülozlar endüstride kullanılmaya elverişlidir. Bu arada hububat sapları, kamış, saz, bambu, pancar posası gibi daha birçok maddeden bu amaçla yararlanılmaktadır. Fakat yukarıda da değinildiği gibi ekonomik yönden en elverişli madde niteliğini pamuk linterleri ile bazı odun çeşitleri taşımaktadır.

Önceleri nitroselüloz ve viskoz rayon üretiminde ham madde olarak sadece pamuk lifleri kullanılmıştır. Ancak ABD’de pamuk çiğitlerinden linter elde etme metot ve araçları geliştirilince, önce patlayıcı madde yapımında daha sonra da kimyasal selüloz üretiminde linterler geniş çapta kullanılmaya başlanmıştır. Bilindiği gibi, bu madde % 80’den fazla saf selüloz içerir. Yabancı maddelerinden arındırılması için pamuk linterleri önce mekanik bir temizlemeye tabi tutularak kabuk, sap ve yaprak gibi bitki parça ve kırıntılarından temizlenmektedir. Daha sonra % 3,5’luk NaOH çözeltisi yardımıyla yağ, mum, pektin, reçine vb. gibi maddeler giderilmektedir. Hipoklorit ile ağartılır ve kurutulur. Bu suretle saf selüloz oranı artmış ve polimerizasyon derecesi 1000-3000’e kadar yükselmiş olur. Bu madde, daha çok rayon lifleri gibi saflık derecesi ve molekül ağırlığı yüksek selüloz gerektiren ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Fakat selüloz üretiminde gittikçe

artan ham madde gereksinimi sadece pamuk lifleri ve linterleriyle karşılanamadığından daha önce de bahsedildiği gibi birçok odun türünden de yararlanılmaktadır.

Çeşitli odun türleri genellikle selülozla birlikte lignin ve hemiselüloz gibi maddeleri de içermektedir. Bunların oranı, bitkiler yaşlandıkça yükselir ve hücre zarı ile molekül zincirleri arasına yerleşerek odunun sertleşmesini sağlamaktadır. Odunda ayrıca; reçine, yağ, vaks, protein ve tuz gibi maddelerde bulunur. Yetmiş bir ağacın gövdesi yaklaşık olarak % 40-45 oranında selüloz, % 30 oranında hemiselüloz, % 20-24 oranında lignin ve diğer maddeler içermektedir. Bu nedenle odunlardan saflık derecesi değişik olan selüloz türleri elde edilmektedir.

Aslında odundan selüloz elde etme amacı, kâğıt endüstrisi ile birlikte gelişmiştir. Kâğıt yapımı için kullanılan selülozda fibrillerin uzun olmasına gerek yoktur. Bu nedenle odundan kâğıt hamurunun üretilmesi daha kolay olur. Buna karşın diğer kimya endüstrilerinde kullanılan selülozun daha saf olması, özellikle de α -selüloz oranının daha yüksek olması gerekir. Bu arada selülozun polimerizasyon derecesi de yükseltilmiş olur.

Odun selüloz hamurunun viskoz üretiminde kullanılmasına I. Dünya Savaşı'dan sonra başlanmıştır. Bu savaşta İngiliz ablukası Almanları hem barut, hem de viskoz rayonu üretebilmek için sülfite usulü ile elde edilen kâğıt hamurundan yararlanmaya zorlamışlardır. II. Dünya Savaşı'nda ise bu gereksinmeye daha çok ihtiyaç duyulmuştur.

Genel olarak endüstri, selüloz üretiminde iki amaca yönelmiştir. Bunlardan birincisi, kâğıt endüstrisinin ham maddesini karşılamak, ikincisi ise diğer kimya endüstri kollarında ihtiyaç duyulan selülozu üretmektir.

Kâğıt hamuru için selüloz elde etmenin amacı, odunlardan en az etki ve en az selüloz kaybı ile lignini en çok uzaklaştırabilen ucuz ve kolay uygulanan metotlardan yararlanmaktır. Kimyasal selüloz elde etmede ki amaç, lignini uzaklaştırmakla birlikte fibrillerin tek tek ayrılmasını da sağlamaktır. Endüstride selüloz üretiminde lignin maddesini ayırt edebilmek için dört metotdan yararlanılmaktadır. Bunlar:

a. Alkali Metodu

Bu metodun esası selülozu bir alkali ile pişirerek beraberinde bulunan lignini çözülebilecek ligno-alkali haline getirmektir. Bu suretle selüloz hem kısmen parçalanarak ayrılır hem de arınmış olur. Bu yöntem, özellikle samandan ve çam odunlarından selüloz elde etmek için kullanılmaktadır.

b. Sülfat Metodu

Bu yöntem, her çeşit odun ve bitkiye uygulanabilmektedir. Özellikle reçineli çamlardan, hububat ve kamış saplarından selüloz elde etmede kullanılır. Alkali metoduna göre daha komplike bir metottur. Bu yöntem ile polimerizasyon derecesi daha yüksek olan selüloz ürünleri elde edilmektedir. Bu metot daha çok Amerika'da benimsenmiş olup geniş yapraklı ağaçlardan selüloz elde edilmesi için kullanılır. Kimyasal maddeleri yeniden kullanma olasılığını sağladığı içinde ötekilerden daha ekonomik yöntem niteliği taşımaktadır.

c. Sülfat Metodu

Bu yöntem, selüloz üretiminde yararlanılan en eski yöntemlerden biridir. Yöntem uygulandıktan sonra, açık sarı renkli selüloz hamuru elde edilmektedir. Kullanılmadan önce de genellikle beyazlatma işlemine tabi tutulur. Bu metot Orta ve Batı Avrupa ile İskandinavya ülkelerinde gevşek yapılı, iğne yapraklı ağaçların odunlarından selülozun elde edilmesinde yaygın olarak kullanılır.

Yukarıda açıklanan proseslerden herhangi biri ile elde edilen selüloz hamuru normal olarak % 89-93 oranında α -selüloz içerir. Bu selülozun kimya endüstrisinde kullanılmasına elverişli bir ham madde niteliği taşımakla birlikte selüloz nitrat, selüloz asetat gibi bileşiklerin ve yüksek mukavemetli rayonların üretilmesinde gerek duyulan saf alfa (α) değerine ulaşmış değildir. Bu değer in yükseltilebilmesi için selüloz hamurunun ayrıca ağartma işlemine tabi tutulması, bu suretle de alfa (α) selüloz değerinin % 97'ye kadar yükseltilmesi hedeflenmektedir (Harmancıoğlu 1981).

d. Nitrik Asit Metodu

Yongalar halinde parçalanmış odunlar % 4-5'lik nitrik asit içinde birkaç saat ısıtılır. Daha sonra alkali bir işleme tabi tutulur. Kayın tipi odunlar bu metot ile daha iyi sonuçlar vermektedir. Elde edilen sonuçlarda α selüloz değeri yüksek buna karşın β ve γ selüloz değerleri düşük çıkmaktadır.

1.1.3 Selülozun Test ve Kontrolleri

Selülozun uygulamada kullanılma alanı çok geniştir. Bu nedenle her amaca uygun selüloz çeşitlerinin kullanılması gerekir. Pratikte, şu iki önemli özellik göz önünde tutulur:

- Selülozun saflık derecesi ve
- Selülozun rayon verimi

Oldukça komplike bir yapıya sahip olan selülozun değeri basit bir test uygulaması ile tam olarak anlaşılabilir. Bunun için uygulamada kullanılan birçok test kontrol metodu geliştirilmiştir. Örnek olarak viskozite saptanması, ağartma maddesinin saptanması, polisakkaritlerin saptanması vd. verilebilir.

Rejenere lif üretiminde selülozun rayon verimi çok önemli bir faktördür. Bu selülozun içerdiği α -selülozu ile etkileşim halindedir. Aynı zamanda bunun polimerizasyon derecesi ile de yakın bir ilişkisi vardır.

Rayon verimini saptama amacı ile rayon endüstrisinde, selüloz hamurunun % 21,4 NaOH çözeltisi içerisinde gösterdiği erime derecesine dayalı bir test usulü geliştirilmiştir. Buna göre çeşitli selüloz maddelerinin saptanan analitik değerleri Tablo 1.4'de gösterilmiştir.

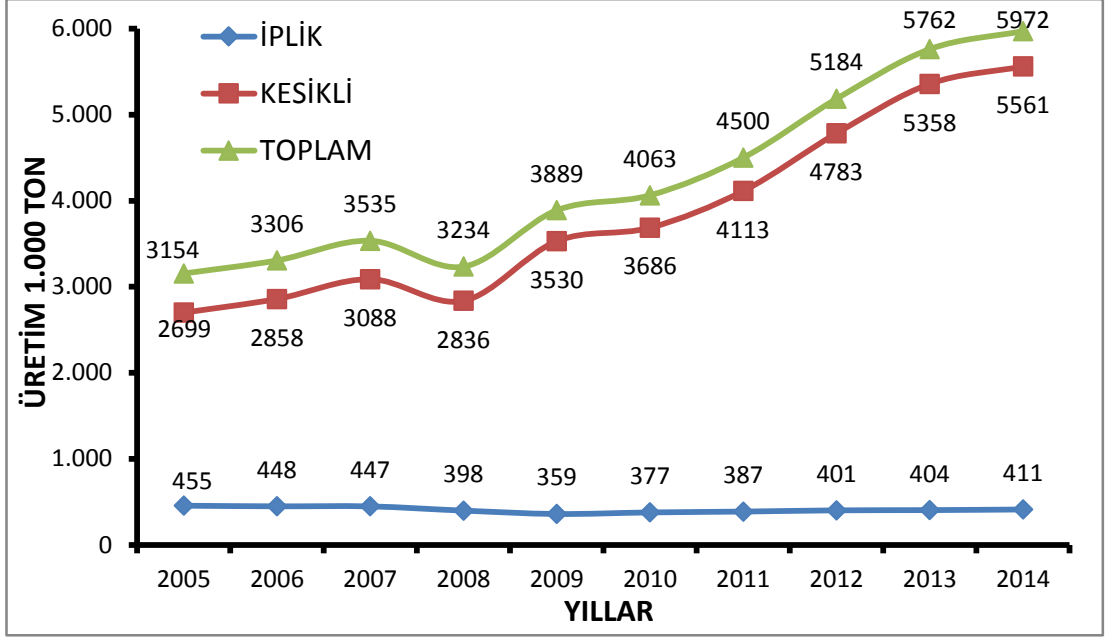
Tablo 1.4: Odun ve pamuk selüloz hamurlarının bileşimleri (% olarak) (Harmancıoğlu 1981).

Bileşimindeki Maddeler	Düşük Alfa Odun Hamurları	Yüksek Alfa Odun Hamurları	Pamuk Linter Hamurları
α – selüloz	89-97	94-97	97-99
β – selüloz	3-4	2-3	1-1,5
γ – selüloz	4-9	1-4	1-1,2
Kül	0,03-0,2	0,04-0,1	0,05-0,12
SiO ₂	0,003-0,005	0,003-0,005	0,01-0,02
Ca	0,005-0,05	0,005-0,01	0,005-0,02
Fe (ppm)	4-10	3-6	10-15
% 10'luk KOH'de erime	14-18	4-6	2-4
Eter ekstraktı	0,1-0,3	0,07-0,12	0,1-0,2
Polimer derecesi	400-800	400-15000	600-1500
Rayon selülozu	92-95	96-98,5	98-100

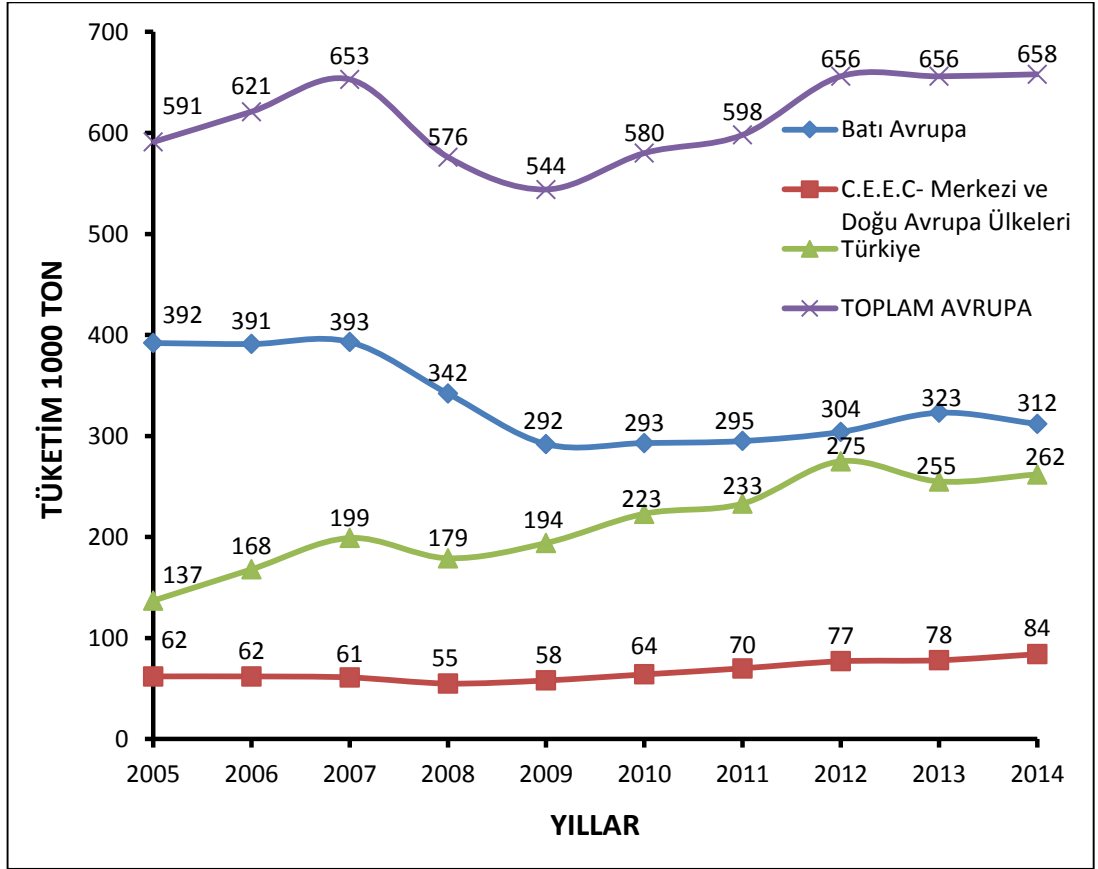
Ppm: 10⁻⁶

1.1.4 Selülozun Kullanılması

Rejenere lif endüstrisinin hızlı yükselişi üretim istatistiklerine de yansımıştır. Dünya’da rejenere liflerin üretimi I. Dünya Savaşı’ndan sonraki ilk yıllarda 9000 ton civarında olmuştur. Rejenere liflerin üretimi 1957’de 2,25 milyon tonun ötesine geçmiş olup 1977’de 3,5 milyon tona ulaşmıştır (Cook 2001). Son yıllarda elde edilen güncel veriler Şekil 1.3 ile Şekil 1.4’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Rejenere selüloz liflerinin 2005-2014 yılları arasındaki toplam üretim miktarları (Url 2).



Şekil 1.4: Rejenere selüloz liflerinin 2005-2014 yılları arasındaki bölgelere göre tüketim miktarları (Url 2).

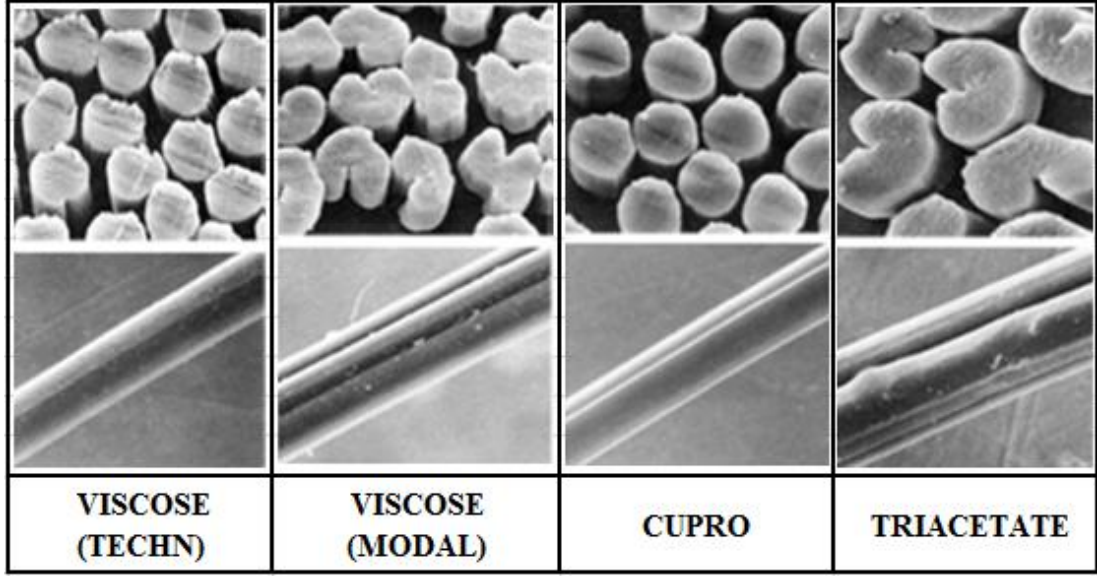
1.2 Rejenere Selüloz Lifleri (Rayonlar)

Doğada bitkiler tarafından fotosentez yoluyla oluşturulan selüloz çok fazla miktarda bulunmakla birlikte aynı zamanda çeşitli amaçlarla kullanılabilen değerli bir kimyasal maddedir. Selülozun ham madde olarak lif üretiminde kullanılabilmesi için saflık derecesinin ve alfa (α) selüloz değerinin yüksek olması gerekmektedir.

Ayrıca kendine özgü olan molekül yapısı bozulur, uzun molekül zincirleri parçalanarak akışkan bir sıvı haline getirilirse değişik işlemler ile yeniden uzun filamentler halinde sertleşmeleri sağlanabilir. Bu suretle selüloz rejenere edilmiş ve lif haline getirilmiş olur.

Bu esaslara göre üretilen selülozik liflere önceleri yapay ipek denilmiş olmasına rağmen sonraları bu tabirden vazgeçilerek rayon adının verilmesi uygun görülmüştür. Ancak değişik yollarla ve çeşitli yardımcı maddeler ile elde edilen ve özellikleri az ya da çok benzerlik gösteren rayon liflerinin ayırt edilebilmesi için ek takıların kullanılması uygun görülmüştür. Örneğin; nitrat rayonu, bakır amonyum rayonu, viskoz rayonu vb. gibi.

Rejenere selüloz liflerinden viskoz ile bakır amonyum lifleri benzer karakteristik özelliklere sahip olmakla birlikte bakır amonyum lifleri daha gözenekli bir yapıya sahiptir. Ayrıca, bakır amonyum filamentleri viskozdan daha ince ve hemen hemen enine kesiti de dairesel bir şekildedir. Düşük sürtünme özelliğine sahip olmasından dolayı yumuşak bir özellik göstermektedir. Şekil 1.5’de bazı rejenere liflerinin SEM fotoğraflarına yer verilmiştir.



Şekil 1.5: Bazı rejenere liflerinin SEM fotoğrafları (Fourné 1999).

1.3 Cupramonyum (Bakır Amonyum) Lifleri

Bakır amonyum prosesi ile selülozik lif elde edilmesine oldukça erken başlanmıştır. Fakat ticari amaçlarla tekstil alanında lif elde edilmesi J. P. Bemberg tarafından geliştirilen *Germe-Uzatma* tekniğinin uygulandığı 1919 yılından sonra başlamıştır.

Bakır oksit ve amonyum içerikli sulu çözeltideki selülozun çözünmesi İsviçre’de 1857 yılında Schweizer tarafından keşfedildi. Bakır amonyum içerikli selüloz çözeltisinden lif elde edilmesi uzun zaman önce düşünülmüş olup bu çözeltilerin kullanımı ile su geçirmez ve çürümeye karşı dayanıklı özelliklerin sergilenmesi neticesinde lif, diğer tekstil ürünlerinden daha önemli bir hale getirilmiştir. Bu yöntem ilk patentini 1859 yılında Scoffern tarafından yapılan geçirmez kumaşlarda almış olup sonunda ‘Willesden’ bitimi olarak bilinmiştir. 1881 yılında Sir William Crookes elektrik ampulleri için bakır amonyum içerikli selüloz çözeltisinden selüloz filamentlerinin üretimini önermiştir. Swan bu tarihlerde selüloz nitrati nitratsızlaştırarak filament üretme üzerinde çalışmıştır. 1891 yılında ise Fremery ve Urban Almanya’da ilk defa bakır amonyum rayonunu eğirmeyi başarmışlardır.

Anımsanacağı gibi, bakır amonyum selüloz liflerinden önce, 1890 yılında L. Henry Despeissis selülozu bakır amonyum çözeltisinde eritmiş ve bunlardan ince filamentler çekebilmiştir. Fakat bu çalışma, adı geçen kimyagerin iki yıl sonraki ölümü ile unutulmuştur. Ancak 1892 yılında Almanya'da bulunan Oberbruch'da Max Fremary ve J. Urban aynı prensipten hareket ederek elde ettikleri karbon filamentlerini gaz lambası gömleklerinde ve daha sonra da elektrik ampullerinde kullanmışlardır. 1899 yılında, bu şekilde elde edilen liflerin tekstil alanına geçişi Glanzstoff firması tarafından sağlanmıştır. Bu firma halen Almanya'da kimyasal lif üreten büyük firmalardan biri olmasına rağmen bakır amonyum rayonun yaygınlaşmasına çok büyük katkı sağlayamamıştır.

Ne yazık ki Thiele tarafından yapay ipeğin kullanışlı bir şekilde üretilebilmesine yani 1901 yılına kadar bir gelişim gösteremediler. Thiele J. P. Bemberg'e bağlandı ve Barmen'de yapay ipek üretildi. Stretch spinning prosesi başarılıydı ve filamentler çok ince ve oldukça güçlü bir şekilde üretilebiliyorlardı. Bunun sonucunda Bemberg İngiltere, Amerika, Japonya ve İtalya'da bulunan şirketlerinde bakır amonyum rayonu üretmeye başladı. Bundan sonra ki yaşanan en büyük gelişme ise 1940 yılında sürekli çekim yönteminde şimdiye kadar üretilen ipliklerin bobinlenmeye başlanmasıydı.

Bu seferde Doncaster'de bulunan İngiliz Bemberg Şirketi'nde bakır amonyum rayon üretilmeye başlandı fakat bu üretim şaşırtıcı bir şekilde sürekli değil kesikli bir şekildeydi. Bakır amonyum 1975 yılında Almanya'nın Wuppertal-Barmen bölgesinde J. P. Bemberg A. G tarafından, Leverkusen bölgesinde ise Farbenfabriken Bayer tarafından üretilmiş olup sürekli filament Cupresa, kesikli ise Cuprama olarak adlandırmaktaydı. Ayrıca İtalya'nın Milano şehrindeki Bemberg S.p.a, Amerika'daki Amerikan Bemberg Corporation ve Japonya'daki Asahi Chemical Industry Ltd. Bemsilkie ismi altındaydı. 1965 yılında Japonya'da bakır amonyum liflerinin üretimi yaklaşık olarak 48 milyon lb. civarında çıkmıştır ve bu oran Almanya'nın lif üretiminden daha fazla olmuştur (Moncrieff 1975). O yıllarda haberler Amerikan Bemberg tarafından dünyadaki bakır amonyum rayon üretiminin hızla yükselerek üretimin arttığını fakat yine de viskoz ve asetat lifleri ile karşılaştırıldığında bunun çok küçük bir oran olduğundan bahsediyorlardı. Bakır amonyum rayonun eğirme prosesinde rejenere selüloz ipliklerin ticari üretimindeki numarası 15 denyeden düşüktür. Bakır amonyum iplikleri güzeldir fakat hiç de ucuz değildir. 1968'de

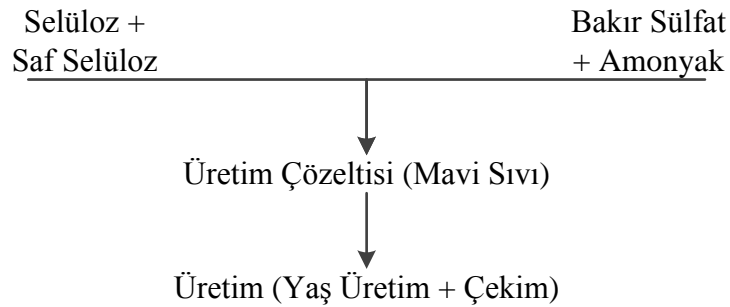
İngiltere’de 100 denye Cupresa filament atkı ipliği 93 den/lb’den satılmıştır. Bununla birlikte kesikli lifler filament liflerden yaklaşık 1/3 oranında daha ucuzdur.

Bakır amonyum rayonu, rejenere selülozun bakır amonyum prosesi ile üretilmesi ile oluşmaktadır. Ayrıca Amerikan Federal Ticaret Komisyonuna göre rayonun bir alt sınıfında yer almaktadır. Cupramonyum yani bakır amonyum lifleri kısaca cupro lifleri olarak da adlandırılmaktadır. Ancak tezimizin bundan sonraki kısımlarında çoğunlukla bakır amonyum lifleri olarak bahsedilecektir.

1.4 Bakır Amonyum Liflerinin Üretimi

Bu prensibe dayalı olarak üretilen bakır amonyum lifleri için ham madde olarak çoğunlukla, pamuk linterleri veya odun hamuru kullanılmaktadır. Pamuk linterleri içerdiği saf selüloz bakımından tercih edilmektedir. Bunun sonucunda yüksek kalitede mamuller elde edilmekle birlikte odun hamuruna göre daha pahalıdırlar.

Bakır amonyum lifini elde etme prosesi viskoz lifini elde etme prosesine benzemektedir. Bakır amonyum prosesi (cuoxam) rejenere selüloz liflerinin üretiminde kullanılan farklı bir yöntemdir. Sonucunda elde edilen lif ise bakır amonyum lifi olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.6’de bakır amonyum liflerinin üretim şeması tarif edilmekte olup Şekil 1.7’de de eğirme prosesi gösterilmektedir.



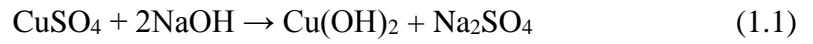
Şekil 1.6: Bakır amonyum lifinin üretiminin şeması (Wulfhorst ve diğ. 2006).

Pamuk linterleri bu amaçla kullanılmadan önce, kazanlar içerisinde, sulu kostik soda (NaOH) ile 150°C’de bir süre kaynatılarak temizlenir. Daha sonra, sodyum hipoklorit (NaClO) yardımı ile ağartılır.

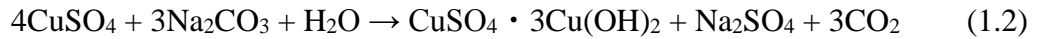
Bu amaçla kullanılacak odun hamuru ise alfa (α) selüloz oranı yüksek materyal arasından seçilir. Bu da % 17,5-% 18 kostik soda (NaOH) içerisinde 20 °C sıcaklıkta 30 dakika işleme tabi tutulur. Bunun sonucunda bakır amonyum lif yapımına uygun selüloz tipi elde edilir.

Bakır amonyum eriği ise bakır sülfatın amonyakta eritilmesiyle hazırlanır. Bu amaçla 1/3 oranında Cupratetrammino sülfat ile Cupratetrammino hidroksit alınır ve % 3-4 oranında bakır ile % 5-8 oranında amonyak içerecek şekilde mavi renkte bir eriyik hazırlanır.

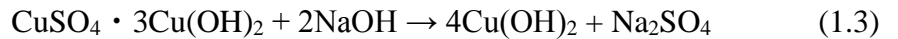
Schweizer'in reaktifinde sodyum hidroksit ve bakır (II) sülfatın karıştırılması ile bakır hidroksit hızlandırmış olup oluşan denklem (1.1) eşitliğinde gösterilmiştir.



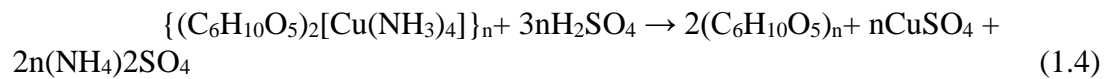
Ancak pratikte, bu yöntem kullanılmadı çünkü bakır hidroksit kolayca hava ile oksitleniyordu. Bunun yerine, çözülmüş bakır sülfat çözeltisine sulu sodyum karbonat katılarak endirekt yöntemin kullanılması denendi. Sonucunda oluşan temel bakır sülfat yapısının denklemi aşağıda (1.2) eşitliğinde belirtilmiştir.



Sonrasında, bakır hidroksite sodyum hidroksit ilave edildi. Bunun sonucunda oluşan denklem de aşağıda (1.3) eşitliğinde gösterilmiştir.



Amonyumhidroksite, kompleks haldeki tetraamminediaquacopperdihidroksite katılarak $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2](\text{OH})_2$ yapısı elde edilir. Lifler çözülmüş sülfürik asit içeren koagülasyon banyosundan geçirilir. Genel kimyasal reaksiyonunun denklemi aşağıda (1.4) eşitliğinde gösterilmiştir.



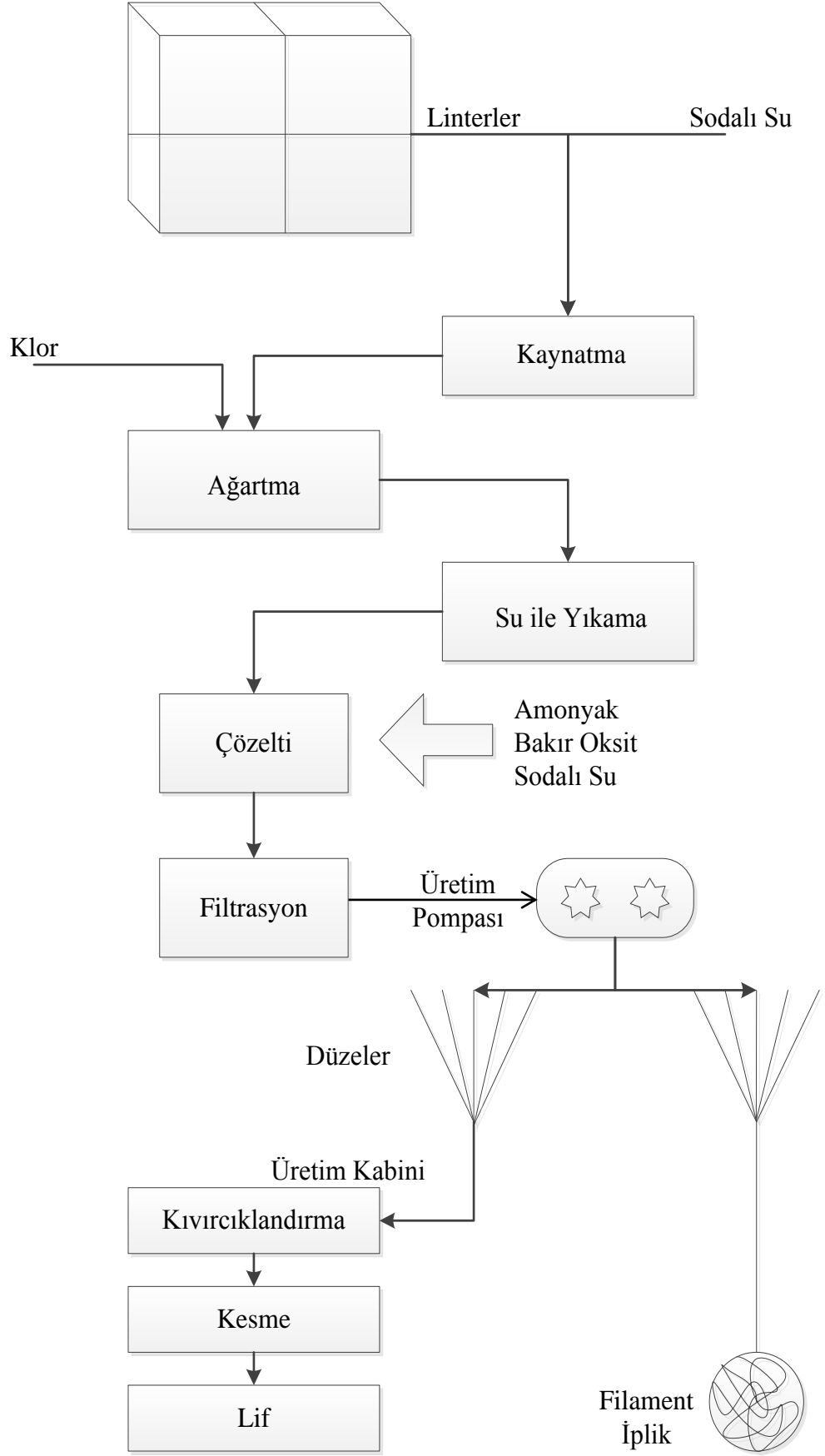
Yukarıda açıklandığı şekilde, temizlenmiş bulunan ham madde ister pamuk linteri isterse odun hamuru olsun, düşük ısıda bu bakır amonyum eriği ile karıştırılır. Daha sonra bir miktar stabilize maddeleri ve yeteri kadar kostik soda (NaOH) katılarak % 10 oranında selüloz içerecek şekilde bir çözelti hazırlanmış olur. Daha sonra bu çözelti nikel filtre kafeslerden geçirilerek süzülür ve havası alınarak lif

çekimine hazır hale getirilir. Bu çözelti kararlı olup uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilir.

Bu şekilde hazırlanmış çözeltinin 12-72 saat kendi halinde bırakılarak olgunlaşması sağlanır. Havası vakum yardımıyla boşaltılır ve basınçlı bir pompa ile cam, nikel veya çelikten yapılmış ince delikleri bulunan düseye sevk edilir. Düsenin deliklerinden fişkırان lifler bir cam huniye fişkırıtılır. Bu huni akan saf su ile doldurulur. Bu suretle liflerin amonyumu ile bir miktar bakır su tarafından giderilmiş ve selüloz pıhtılaştırılmış olur. Fakat bu lifler hala çok fazla miktarda amonyak ve bakır içermektedirler.

Bakır amonyumda kullanılan düsenin delikleri diğer rayonlarda kullanılanlara oranla daha büyüktür. Fakat bakır amonyum lifleri koagülasyon banyosunda uzun lifler halinde sertleştirilerek plastik bir madde haline getirildikten sonra ayrıca gerdirilerek çekme işlemine tabi tutulur. Bu şekilde lifler hem uzatılmış hem de hem de istenildiği kadar inceltilmiş olmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen bakır amonyum lifleri doğal ipek liflerine benzemiş olmaktadır.

Bakır amonyum lifleri yeniden gerdirilip çekilerek inceldikten sonra ayrıca bir asit banyosundan geçirilmek suretiyle katılaşması ve üstlerinde kalan amonyum ve bakır sülfat kalıntıları da giderilir. Eğer bu işlem için kullanılan banyo asit yerine alkali eriğini içerirse bunun yoğunluğunun % 5-35'lik bir eriğin olması ve içine ayrıca % 7-8 oranında glikoz katılması gerekmektedir.



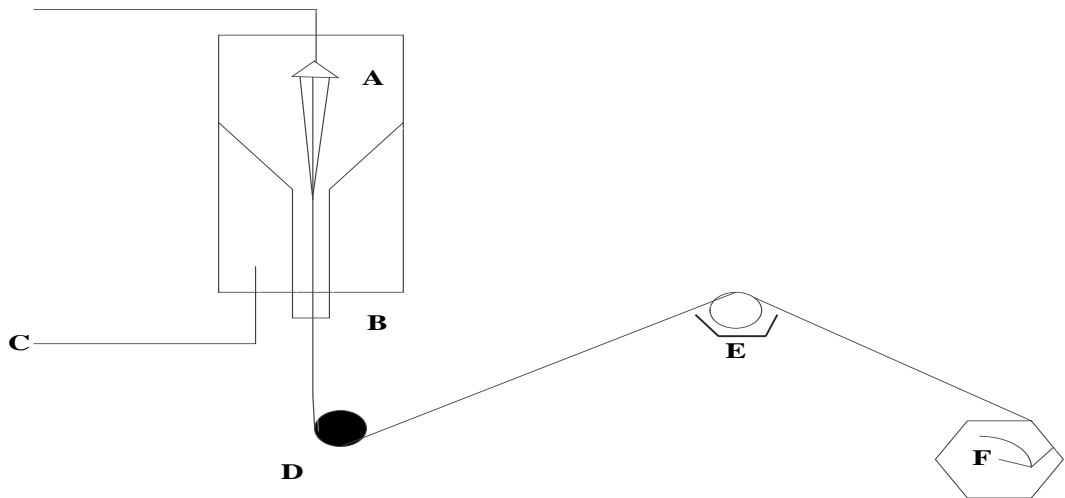
Şekil 1.7: Bakır amonyum liflerini eğirme prosesi (Wulfhorst ve diğ. 2006).

Genel olarak bakır amonyum liflerinin çekilmesi için pratikte iki prosesin uygulandığı görülmektedir. Bunlardan birisi Batchwise (yığma) ile çekim yöntemi diğeri ise sürekli (kontinü) çekim yöntemidir.

1.4.1 Yığma (Batchwise) Çekim Yöntemi

Yukarıda açıklandığı şekilde hazırlanan bakır amonyum selüloz çözeltisi nikel düselere pompalanır. Bu düsenin her deliği 0,8 mm'dir. Bu deliklerden fişkırtilan lifler bir cam boru huni içerisine gönderilir. Bunun alt tarafından yukarı doğru sevk edilen saf su ile karıştırılır. Bu suretle amonyağın bir kısmı ile bakırın yaklaşık olarak 1/3'ü su tarafından eritildiğinden plastik halde bulunan selüloz lifleri oldukça pıhtılaşmış olur. İşte bu filamentler daha sonra gerdirilerek bir çekim işlemine daha tabi tutulur ve yaklaşık olarak 1,3 denye inceliğinde çekilir. Bu şekilde borunun alt kısmında incelmış ve kısmen katılaşmış olan filamentler bir çubuğa sarılarak sülfürik asit banyosundan geçirilir ve üstlerinde kalmış bulunan bakır ve amonyak kalıntıları giderilir.

Daha sonra filamentler bir çıkırık yardımı ile çile veya kek halinde sarılır. Bu çile veya kekler yıkanarak üzerinde bulunan bütün kalıntıları temizlenir ve yağlı maddeler ile yumuşatılır, son olarak da kurutulur. Bazı durumlarda bu filamentler ikinci bir sabun ve yağ emülsiyonu ile ıslatılır ya da şayet sonra bükülecek ise suya daldırılır ve son işlem olarak da kurutulur.



Şekil 1.8: Bakır amonyum lifinin batchwise (yığma) çekim yöntemi ile elde edilmesinin şematik gösterimi (Moncrieff 1975).

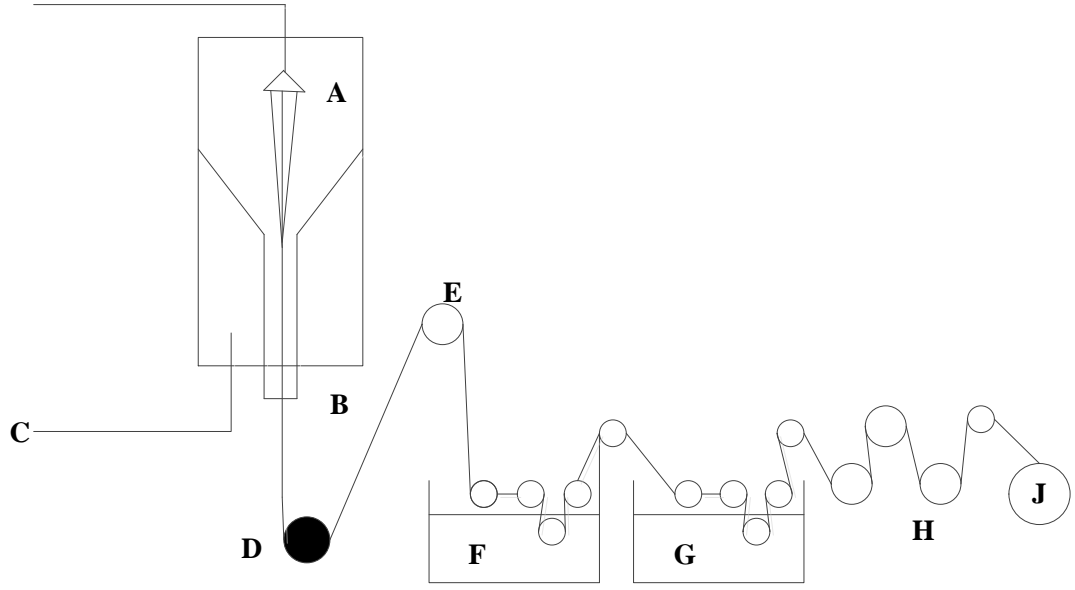
- A: Düse
- B: Funnel (cam huni)
- C: Saf su girişi
- D: Liflerin demet halinde toplanması
- E: Ön germe-uzatma işlemleri
- F: Sarma işlemleri

1.4.2 Sürekli (Kontinü) Çekim Yöntemi

Sürekli çekimde filamentler funel denilen cam borudan çıkıncaya kadar, yukarıda açıklanan batchwise çekim yöntemine uygun biçimde işleme tabi tutulur. Filamentler borudan çıktıktan sonra bir sıcak sulu asit banyosuna sokularak ön terbiye işlemleri gerçekleştirilir. Bu banyoda filamentler orijinal çaplarından yaklaşık olarak 1/3 oranında kaybederler.

Ön terbiye işlemlerinden sonra filamentler başka bir asit banyosundan geçirilir, içeriğinde bulunan bakır bu banyoda bakır sülfat halinde ayrılmış olur. Daha sonra yıkanır, yağlanır ve sıcaklığı artırılır. Son olarak da iplikler hazırlama silindirlere geçirilir.

Bükülmemiş lifler doğrudan doğruya örme makinalarında veya dokuma tezgahlarında çözgü ipliği olarak kullanılması için leventlere sarılır. Direk levent yapılmaya başlandığında tekstil sarmaları ve büküm işlemleri için çok büyük bir birikim yapılmakta, sonuç olarak da büyük oranda tasarruf sağlanmaktadır. Bunun yanında zaman da kazanılmaktadır çünkü direk düsedden ipliklerin sarılması daha az zaman harcanmasını sağlamaktadır. Sürekli çekim yöntemi boyunca filamentlere elle dokunulmaz. Bu nedenle filamentlerde oluşan yapı ve boyut üniformitesi çok yüksektir.



Şekil 1.9: Bakır amonyum lifinin sürekli (kontinü) çekim yöntemiyle elde edilmesinin şematik gösterimi (Moncrieff 1975).

- A: Düse
- B: Funnel (cam huni)
- C: Saf su girişi
- D: Liflerin demet halinde toplanması
- E: Ön germe-uzatma işlemi
- F: Hafif asit banyosu
- G: Yıkama, çalkalama işlemi
- H: Son germe-uzatma işlemi
- J: Sarma işlem

Sürekli çekim yöntemi boyunca, filament hataları minimum seviyede tutulmaktadır. Filamentler yüksek derecede düzenli bir yapıya ve boyutlara sahip olmakla birlikte kazandığı özelliklerde mükemmel seviyededir. Bakır amonyum iplikleri birkaç gün nem oranı iyileştirildikten sonra sevk edilmeye hazır hale getirilir.

1.5 Bakır Amonyum Liflerinin Yapısı ve Özellikleri

1.5.1 Bakır Amonyum Liflerinin Fiziksel Özellikleri

1.5.1.1 Bakır Amonyum Liflerinde Uzunluk ve İncelik

Bütün rejenere liflerin içerisinde bakır amonyum lifleri yapı olarak en çok ipeğe benzeyen liftir. Düzgün bir yüzeye sahip olup üzerinde hiçbir pürüzlülük yoktur. Mikroskop altında boyuna kesiti dairesel olup enine kesiti de oldukça düzgün ve daireseldir. Filamentler son derece ince olup genellikle incelikleri 1,4 dtex (1,3 den)'tir (Cook 2001). Örneğin, 75 denye iplik yaklaşık 60 filament içermektedir. Bazen 0,45 dtex (0,4 den) inceliğinde de üretilebilmektedir.

Aşağıda yer alan Tablo 1.5'de çeşitli bükümlere sahip rejenere liflerin kristalite ve kısmi fraksiyon oranları yüzde cinsinden ifade edilmiştir.

Tablo 1.5: Çeşitli bükümlere sahip rejenere liflerin kristalite ve kısmi fraksiyon oranları (Taralı alandaki kısım, liflerin viskoz yöntemi ile eğrildiğini göstermektedir.) (Eichhorn ve diğ. 2009).

Lif Çeşidi	Kristalite Fraksiyonu (%)	Kısmi Fraksiyon (%)	Sipariş Fraksiyonu (%)
Lyocell	17	26	43
Modal	13	16	29
Polinozik	9	12	21
Viskoz	13	13	26
Lastik	9	8	17
Cupro	14	18	32
Fortisan	33	25	58

1.5.1.2 Bakır Amonyum Liflerinde Mukavemet

Bakır amonyum liflerinin kuru haldeki mukavemeti 15-20 cN/tex (1,7-2,3 g/den); ıslak halde ise biraz mukavemetinden kaybeder ve 9,7-11,9 cN/tex'e düşebilir (1,1-1,35 g/den). Bakır amonyum liflerinin çekme mukavemeti ise 2100-3150 kg/cm² kadardır (30000-40000 lb/in²-psi) (Cook 2001). Bakır amonyum

liflerinin mukavemeti viskoz lifinden denye başına 2-3 gram daha fazladır. Bu fark eğirme sırasındaki gerilmeden anlaşılmaktadır (Moncrieff 1975). Tablo 1.6'da pamuk ve rejenere liflerin mukavemet ve uzama değerleri belirtilmiştir.

Tablo 1.6: Pamuk ve rejenere liflerin mukavemet ve uzama değerleri (Mather ve Wardman 2015).

	Pamuk	Viskoz	HWM*	Polinozik	Modal	Cupro	Lyocell
Çekme Mukavemeti (cN/tex), koşullar	20 - 24	25	45	38	35	20	36
Islak Çekme Mukavemeti (cN/tex)	26 - 28	13	30	30	20	10	29
Uzama (%), koşullar	7 - 9	20	12	8	13	15	14
Uzama (%)	12 - 14	23	15	9	15	25	16

HWM*: High Wet Modulus

1.5.1.3 Bakır Amonyum Liflerinde Uzama ve Elastikiyet

Bakır amonyum liflerinin kuru halde iken uzama oranı % 10-17, ıslak halde ise % 17-33 arasındadır. Esneklik yeteneği ise % 20-75 arasındadır (Cook 2001). Tablo 1.7'de bazı rejenere liflerin mekanik özellikleri ile X-Ray kristalite değerleri verilmiştir.

Tablo 1.7: Bazı rejenere liflerin mekanik özellikleri ve X-Ray kristalitesi (WAXS-X_c). (Taralı alandaki kısım, liflerin viskoz yöntemi ile eğildiğini göstermektedir.) (Eichhorn ve diğ. 2009).

Numara (dtex)	Çekme Mukavemeti (cN/tex)	Basınç (Mpa)	Uzama (%)	WAXS-X _c (%)	Lif Çeşidi	Lif Uzunluğu
1,03	42,6	640	11,4	40	Lyocell	Filament
1,30	24	360	6	47	Lyocell	Kesikli
1,30	36	540	13	44	Lyocell	Kesikli
1,32	42,8	640	15,5	27	Modal	Kesikli
1,43	27,3	410	13,7	25	Polinozik	Kesikli
1,5	23,4	350	17,4	26	Viskoz	Kesikli
1,36	29,1	435	15,8	30	Viskoz	Kesikli
1,89	52,3	785	15,1	24	Viskoz	Filament
2,52	22,3	335	24,3	29	Cupro	Filament
3,32	17	255	7,8	38	Celsol	Filament

1.5.1.4 Bakır Amonyum Liflerine Sıcaklığın Etkisi

250 °C'ye kadar ısıtılırsa bileşimi yumuşamadan bozulmaya başlar. Bakır amonyum iplikleri ve mamulleri kolay yanar ve az miktarda kül bırakır. Uzun süre gün ışığına maruz bırakılırsa yapısı zayıflar ve sağlamlığı azalır.

Bakır amonyum lifleri kuru oldukları zaman elektriği iletmezler. Bu liflerin tutumları ipek gibi yumuşaktır ve kendilerine özgü şekilde parlaktır (Harmancıoğlu 1981).

1.5.1.5 Bakır Amonyum Liflerinde Yoğunluk ve Nemin Etkisi

Bakır amonyum liflerinin özgül ağırlığı 1,5-1,53 g/cm³arasındadır.

Normal koşullar altında % 11-13 oranında nem absorbe eder. Bu oran en çok % 14 oranına kadar yükselebilir. Suda şişer ve mukavemetinden kaybeder (Harmancıoğlu 1981).

Tablo 1.8: Bazı liflerin nem çekme ve su tutma değerleri (Fourné 1999).

Lif Çeşidi	Nem Çekme (% 65 Nem Oranı)	Su Tutma %
Pamuk	7...11	45...50
Yün	15...17	40...45
İpek	9...11	40...45
Viskoz	11...14	85...120
Cupro	11...14	85...120
Asetat	6...7	20...28
Poliester	0,2...0,5	3...5
Poliamid	3,5...4,5	10...15
Aramid	4,5...5,0	12...17
Poliakrilonitril	1,0...2,0	5...12
Modakrilik	0,5...4,0	10...20
Elastan (Spandex)	0,5...1,5	7...11

1.5.2 Bakır Amonyum Liflerinin Kimyasal Özellikleri

1.5.2.1 Bakır Amonyum Liflerine Asitlerin, Alkalilerin, Mikroorganizmaların ve Böceklerin Etkisi

Bakır amonyum lifleri sulu sıcak, yoğun soğuk asitlerden zarar görür ve sonucunda parçalanır.

Bakır amonyum lifleri sulu alkali çözeltilere karşı dayanıklıdır. Hafif oksidan maddeler ise bu liflerin parçalanmasına neden olur. Bunun yanında genellikle organik eriticilerden zarar görmezler.

Mikroorganizmalar ıslak bakır amonyum liflerine zarar verir. Aynı şekilde zararlı böceklerde bu liflere zarar verir (Harmancıoğlu 1981).

1.6 Bakır Amonyum Liflerinin Boyanması

Bakır amonyum lifleri için direkt boyarmaddeler kullanılmaktadır. Bu lifler boya çözeltileri içerisinde kolayca şişmekle birlikte buna ek olarak boyarmaddeleri yüksek afinite ile almaktadırlar. Tablo 1.9’da bazı rejenere liflerin boyarmaddeler ile boyanması sonucu oluşan renkler belirtilmiştir.

Tablo 1.9: Bazı rejenere liflerin boyarmaddeler ile boyanması sonucu oluşan renkler (Fourné 1999).

LİF/BOYA		Neocarmin W	Neocarmin MS	Neocarmin TA	Carminazurol
Cupro	CC	Mavi	Koyu Mavi	-	Kırmızı
Viskoz	CV	Pembe, Lila, Mavi	Koyu Mor	-	Kırmızı
Asetat	CA	Sarı	Kırmızı-Turuncu	Pembe-Sarı	-
Triasetat	CT	Ayva Sarısı	Sarı	Altın Sarısı	-
Alginat	AL	Kahverengi-Mor	Mavi-Mor	Kirli Parlak Mavi-Yeşil	Kırmızı-Kahverengi

Bakır amonyum lifleri pamuk liflerine göre nispeten daha düşük kristallik özelliğine sahip rejenere selülozik bir lifdir. Bu life su hızlı bir şekilde nüfuz etmekte ve boyayı hızlı ve etkili bir şekilde almaktadır. Pamuk ve diğer selüloz liflerinde kullanılan boyarmadde çeşitleri bakır amonyum lifleri içinde de kullanılabilir.

Ayrıca bakır amonyum liflerinden elde edilen mamullerin yıkama, ütüleme ve kuru temizleme özellikleri diğer selüloz liflerinden elde edilen mamullerin özelliklerine benzemektedir.

1.7 Bakır Amonyum Liflerinin Geleceği

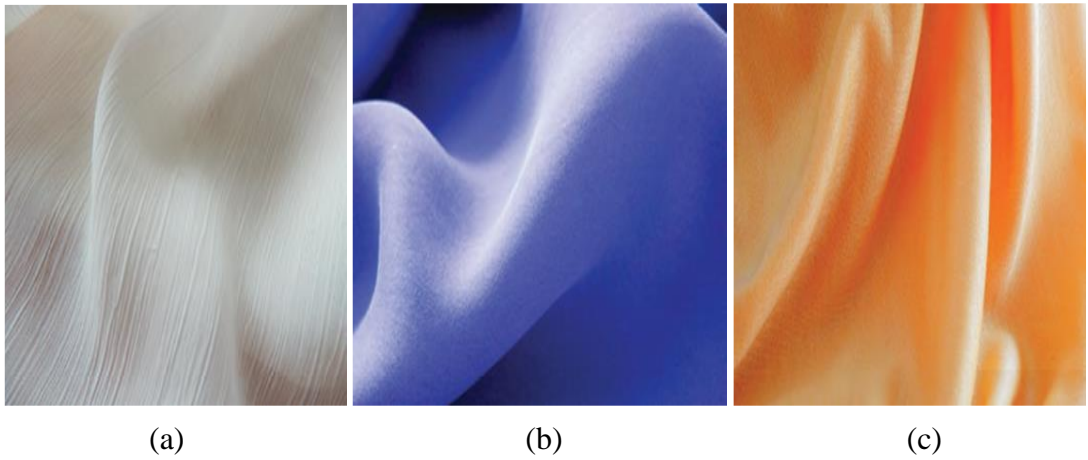
Bakır amonyum liflerinin üretimi önemli ticari prosesler içerisinde olup gelişimi bugün hâlâ devam etmektedir. Bakır amonyum lifleri ile çoğunlukla küçük

ölçekli üretimler gerçekleştirilse bile tekstil ticaretinde her daim önemli bir yeri bulunmaktadır.

Bakır amonyum üreticileri özellikle yeni ipliklerin (fantezi ipliklerin) üretimi konusunda oldukça başarılıdırlar. Genel olarak da bu fantezi iplikler dokumada atkı iplikleri olarak tercih edilmektedir.

Elde edilen son bilgilere göre Asahi Kasei Fibers Nobeoka, Japonya’da Bemberg bakır amonyum selülozik lifi için üretim tesislerini genişletmiştir. Şirket bakır amonyum liflerinin, fonksiyonel iç giyimde ve Hindistan’ın yöresel giysilerinde artan talebi karşılaması için % 10 üretim kapasitesini arttırarak yeni üretim fırsatları yaratmıştır. Asahi Kasei Fibers Corporation bakır amonyum lifinin yaş çekim hızını 1000 m/dk.’nın üzerine çıkararak büyük bir başarıya imza atmıştır.

Aynı zamanda Asahi Kasei, Première Vision’da bakır amonyum içerikli kumaşların geldiği son noktayı gözler önüne sermiştir. Asahi Kasei, Première Vision’da bakır amonyum içerikli üç yeni kalite sunmuştur. Asahi Kasei yeni taleplerin incelik ve döküm üzerine olduğundan bahsederek Cupro Micro’nun daha parlak ve daha yumuşak kalitede olduğunu açıklamıştır. Cupro Full Dull, toz haline getirilmiş optiğin inanılmaz bir opaklık vermesi ile elde edilen yeni süper mat filament bir iplik olup Asahi Kasei’ye göre de UV dayanımı iyi ve benzersiz bir taç yaprağı yumuşaklığına sahiptir. Son olarak Première Vision’da Cupro Staple Spun iplik kalitesi tanıtılarak, iplik tasarımlarının daha gündelik ve daha parlak, daha pürüzsüz olduğundan bahsedilmiştir.



Şekil 1.10: Sırası ile a) Cupro Micro, b) Cupro Full Dull ve c) Cupro Staple Spun markalı kumaşların örnekleri (Prescott 2015).

Asahi Kasei'nin Bakır Amonyum Kumaş Galerisi stand özellikli olup bakır amonyum ipliklerinin kullanıldığı çeşitli tasarımlar sergilenmiştir. Örnek olarak Jackytex'den süper parlaklıktaki organze örmeler; İpeker'den yumuşak tuşeli ve özel bitim işlemleri baskı kalitelerinden oluşan örme ve dokuma kumaşlar; Nuovatesse'den yeni, yıkanmış ipek etkisi veren, yanardöner örmeler ve Texteam'den süslü dokuma giysiler verilebilir. Buna ek olarak, Avrupa yeni ve lüks gündelik giyim için yıkanmış bakır amonyum dokumalar ile esnek Roica'yı kullanmaya başladığı sıralarda Tessitura Luigi Uboldi S.r.l.'den yeni marka yenilikleri de gelmiştir. Aynı anda, Borckenstein ve Techfil, her ikisi de Fil Man Made Group'un bir parçası olup, sezon boyunca Siro Comfort iplik koleksiyonunun da içinde bulunduğu şık bakır amonyum karışımları ile bir dizi bakır amonyumu satmışlar ve üretmişlerdir. Bakır amonyum ayrıca lüks astarlar ve kaliteli bitim için kullanılabilecek en iyi materyallerden biri olup Pezzetti, Pastorelli, Brunello, TMR, Sironi, Mauri, Gianni Crespi, Gi. Tessil ve Ezio Ghiringhelli'nin de içinde bulunduğu önde gelen İtalyan üreticilerinden yeni tasarımlara ve klasik bir duruşa da sahiptir. Asahi Kasei aynı zamanda bakır amonyum içindeki yeniliklerini kullanarak yeni moda koleksiyonu için iki önemli marka ile anlaşmıştır. MM6 Maison Margiela sonbahar/kış 2015/16 kreasyonunda bakır amonyum ve modal karışımı, asimetrik metalik baskı detaylı, pürüzsüz saten özelliklerinde zarif, kısa tunik elbise bunlardan sadece biridir. Ayrıca Diesel'in 2016 ilkbahar/yaz koleksiyonunda bakır amonyum içerikli 3 parçaya da yer verilmiştir.

1.7.1 Cupresa

Cupresa, Dormagen'de Farbenfabriken Bayer tarafından bakır amonyum prosesi ile üretilen yüksek kaliteli kontinü filament ipliklidir. Cupresa CS. Bakır amonyum ipliği sürekli (kontinü) çekim yöntemi ile üretilmekte olup sonrasında stoklanmaktadır. Cupresa oldukça iyi bir düzgünlüğe ve boya alma özelliğine sahiptir. Cupresa 25, 40, 60, 80 ve daha ince denyelerde üretilmekle birlikte kayıtlarda ticari üretimi 25 denye olarak belirtilmiştir. İplik yığın boyama aralığında parlak ve mat olabilmektedir. Büküm alanı inç başına dönüş değil de metre başına dönüş olarak tahmin edilmektedir. Bazı Cupresa iplikleri bükümsüzdür, voile ve krepteki bükümler hariç olmak üzere bu ipliklere tekstil çalışmaları için tekrar

büküm verilebilir. Metre başına 150 tur büküme inç başına yaklaşık 4 tur büküm karşılık gelmektedir.

1.7.2 Cuprema

Dormagen'da Farbenfabriken Bayer aynı zamanda bakır amonyumun kesik lifi üretmiş buna da cuprema adını vermiştir. Cuprema ilk defa 1934 yılında satılmıştır. Yün ile karıştırılıp kombine edilerek çok başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen yumuşaklık da üretim için uygundur. İplik farklı on sekiz boya çeşidiyle boyanmakta olup günümüzde gelişen teknoloji ile bu değer de artış göstermiştir. Onların hızlılığı antrakinin boyasına benzemektedir. Genellikle bakır amonyum liflerini nitelendirdiğimizde beyaz lifler boyarmaddeler içerisinde yüksek bir afiniteye sahiptir. Cuprema çoğu selülozik liften daha yüksek oranlarda (% 65-70) yaş/kuru mukavemet değerlerine sahiptir.

Ayrıca, Cupremanın kötü eğrilenleri, örme ve trikoda kullanılabilir. Aynı zamanda Cuprema halı ipliklerinin eğrilmesinde de oldukça fazla kullanılmaktadır. Yüksek filament denyeleri halılar için çeşitli şekillerde üretilmekte olup Cuprema TX olarak adlandırılmaktadır. Cuprema TX kesikli lif uzunluğu 100 mm olmak üzere 14, 22, 30 ve 40 filament denyelerde üretilmektedir. Cuprema ucuz, esnek, parlak renkleri üretilebilen ve toz ile kire karşı yüksek dayanım gösteren bir iplikdir.

1.7.3 Nihai Kullanım

Bakır amonyum genel olarak diğer rejenere selüloz liflerinden daha pahalıdır. Sahip olduğu ekstra inceliği ve mukavemeti, yumuşak tuşesi, mevcut parlaklığı ve iyi dökümlülük gibi özellikleri yüksek kaliteli ürünlerin üretiminde elbette fiyatını da yükseltmektedir.

Bakır amonyum içerikli kumaşlar şifonlarda, satenlerde, dantellerde, ağlarda, ince ipeklerde ve çok ince tül kumaşlarda kullanılır. Bu iplik ve iplikten elde edilen kumaşlar daha çok iç giyimde, elbiselik kumaşlarda ve astarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca spor giysileri, kravat, bluz, perdelik, bayrak bezi, yatak örtüleri ve döşemelik eşya yapımında kullanılır. Pazar piyasasında bakır amonyum lifleri sahip olduğu

yüksek ısı transfer özelliği ile anılmaktadır. Sonuç olarak bakır amonyum içerikli mamuller iç giyimde kullanılırsa tüketiciye serinletici bir his vermekte; yüksek nem çekme yeteneği ile yaz giysilerinde kullanılırsa da çok iyi konfor özellikleri sağlamaktadır.

Bakır amonyum iplikleri 17-330 dtex (15-300 den) ve daha da fazlası olmak üzere çeşitli şekillerde üretilebilir. Dokuma ve örme iplikleri genel olarak 56-110 dtex (50-100 den) aralığındadır. Bakır amonyum iplikleri, viskoz ipliklerinden farklı olarak bükümsüz halde bile pek çok alanda kullanılabilir.

2. TEKSTİLDE KONFOR

2.1 Konforun Tanımı ve Önemi

Giysi kullanıcıları sıcak, soğuk, rüzgâr vb. dış etkenlere karşı koruyan kaşıntı, acı, batma vb. rahatsız hissetmedikleri ve sosyal ortamlarına uygun olan giysilerde kendilerini hem psikolojik hem de fizyolojik olarak konforlu hissederler. Bu durum bizlere konforun oldukça karmaşık ve geniş bir araştırma alanına sahip olduğunu göstermektedir.

Konfor kendi bünyesinde pek çok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Giysi konforu bazı kaynaklarda; “Acı ve konforsuzluktan bağımsız nötr durum” Hatch (1993), “İnsan ve çevre arasında psikolojik ve fizyolojik uyum” Slater (1985), “Bir giysi içerisinde insanın memnuniyetsizlik veya konforsuzluk hissini olmaması” Milenkovic ve diğ. (1999), “İnsan vücudu ile çevresi arasında fizyolojik ve psikolojik uyumun memnuniyet verici durumda olması” Önder ve Sarier (2006) şeklinde tanımlanmaktadır.

Tekstil teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak insanların yaşam standartlarının yükselmesi sonucu, kumaş ve giysilerden beklentileri sadece sağlamlık, estetik, tasarım ve modaya uygunluk olmaktan çıkmıştır. Yoğun çalışma saatleri dışındaki serbest zamanlarda da kendisini rahat hissetmek isteyen günümüz insanı, kullandığı giysilerden farklı beklentiler içerisine girmektedir. Bu bağlamda da giysi konforu büyük önem taşımaktadır.

Hatch’e göre (1993), psikolojik ve fizyolojik açıdan konfor aşağıdaki bileşenlere ayrılabilir:

- Termofizyolojik konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır, kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekanizmalarını kapsamaktadır.

- Dokunsal konfor, tekstil materyalinin deriyle teması sonucu ortaya çıkan nörolojik algılardır.

- Vücut hareket konforu, giysinin vücut hareketlerine imkan tanınması, vücuda uygulanan basıncı minimuma indirmesidir.

- Estetik konfor, kişinin psikolojisini etkileyen giysi özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır (Li 2001, Kaplan ve Okur 2006).

2.2 Isı ve Nem Geçiş Özellikleri ile İlgili Kavramlar

2.2.1 Isı Geçiş Özellikleri

Özgül Isı

Bir birim kütlesindeki maddenin sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır ($Jg^{-1}K^{-1}$). Cam lifleri dışında tüm liflerin özgül ısı değerleri 1,05-1,51 $Jg^{-1}K^{-1}$ arasında değişmektedir. Suyun özgül ısısı 4,2 $Jg^{-1}K^{-1}$ olup, suyun emilmesi liflerin özgül ısısını arttırmaktadır. Tablo 2.1’de çeşitli liflerin özgül ısı değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1: Kuru liflerin özgül ısı değerleri (Marmaralı ve diğ. 2006).

Lif	Özgül ısı ($Jg^{-1}K^{-1}$)
Pamuk	1,21
Rayon	1,26
Yün	1,36
İpek	1,38
Naylon 6	1,43
Poliester	1,34
Asbest	1,05
Cam	0,80

Isıl İletkenlik (λ)

Bir materyalden, birim kalınlıkta, 1 K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Isıl iletkenlik;

$$\lambda = q \cdot h / \Delta T \quad \text{W/m.K} \quad (2.1)$$

formülü ile gösterilir.

Aynı yoğunlukta ($0,5 \text{ g/cm}^3$) tabaka haline getirilmiş bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri ile bazı katı polimerlerin ısı iletkenlik değerleri Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri (Marmaralı ve diğ. 2006).

Malzeme	Isıl iletkenlik (W/m.K)
Pamuk	71
Yün	54
İpek	50
PVC	160
Selüloz asetat	230
Naylon	250
PES	140
PE	340
PP	120
Durgun hava	25

Isıl Direnç (R)

Bir malzemenin ısı iletkenlik katsayısının düşük olması ısı yalıtımını tek başına ifade etmek için yeterli değildir. Isı yalıtım malzemesi, ısı iletkenlik değerinin düşük olması yanında yeterli kalınlığa da sahip olmalıdır. Bu noktada karşımıza ısı direnç (R) ifadesi çıkmaktadır.

Aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi ısı direnç değeri kalınlık ile doğru, ısı iletkenlik değeri ile ters orantılıdır.

$$R = h/\lambda \quad m^2.K/W \quad (2.2)$$

formülü ile gösterilir.

Isıl Soğurganlık

Bu parametre, farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır ve uluslararası terminolojide “thermal absorptivity” olarak adlandırılmaktadır. Pek çok araştırmacının sıcak-soğuk hissi (warm-cool feeling) olarak belirttiği söz konusu parametrenin, Türk Dil Kurumu’nun önerileri de dikkate alınarak, dilimizde ısı soğurganlık olarak adlandırılması uygun görülmüştür.

Kumaş ile deri arasındaki ani temas, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru ısı akışı meydana getireceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olmaktadır. Isı akışı malzemenin ısıl iletkenliği ile artmaktadır. Bir malzeme daha fazla ısıl enerji soğurduğunda, bir ısıl iletken gibi hareket eder ve sıcak bir beden ile ilk temasında daha soğuk bir his verir. Bu his tüketiciye bağlı olarak iyi veya kötüdür; çünkü sıcak yaz günlerinde soğuk bir his tercih edilirken, soğuk ortamlarda daha sıcak giysiler aranmaktadır.

Isıl soğurganlık

$$b = (\lambda\rho c)^{-1/2} \quad (W.m^{-2}.K^{-1}s^{-1/2}) \quad (2.3)$$

formülü ile gösterilir.

Isıl emicilik derecesi, kumaş ve cilt sıcaklıkları arasındaki farka dayanmaktadır ve ölçüm süresine bağlıdır. Isıl emicilik değeri düşük ise kumaş sıcaklık hissi, yüksek ise soğukluk hissi vermektedir.

Isıl Yayılım

Tekstil materyalinden geçen ısının hangi hızla yayıldığıнын bir ölçüsüdür.

Isıl yayılım;

$$a = \lambda / \rho c \quad (m^2/s) \quad (2.4)$$

formülü ile gösterilir.

α 'nın büyük olması λ 'nın ρc 'den büyük olduğunu gösterir. O halde ısı ortamda daha çabuk yayılır.

α küçük ise ısıнын çoğunu malzeme soğurur ve az miktarını iletir.

2.2.2 Su Buharı Geçirgenliği ve Özellikleri

Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği kumaşın birim alanından belli bir zamanda geçen su buharı miktarıdır. Kumaşların su buharı geçirgenliği bağıl su buharı geçirgenliği ifadesi ile % olarak da ölçülmektedir. Kumaşların su buharı geçirgenliği yerine su buharı direnci de kullanılmaktadır. Su buharı direnci, kumaşın su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci ters orantılı olarak değişmektedir. Su buharı geçirgenliği ne kadar yüksek ve su buharı direnci de ne kadar düşük olursa kumaşlar o kadar konforlu olmaktadır (Demiröz Gün ve Bodur 2014).

Su Buharı Direnci (R_{et})

Materyalin su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşma ısı akışına oranıdır.

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad (m^2 \cdot Pa/W) \quad (2.5)$$

formülü ile gösterilir.

P_a değeri, P_m ile ortamın bağıl nemi çarpılarak elde edilir.

Bağıl Su Buharı Geçirgenliği

Kumaşın buhar şeklindeki terin geçişini sağlama yeteneği su buharı geçirgenliği olarak ölçülmektedir. Kumaşlara nefes alabilme özelliği kattığı için,

kumaşların su buharını geçirebilme özelliği artık sadece spor giysilerde, iş dışında giyilen günlük giysilerde değil, tüm giysi çeşitlerinde aranan önemli bir özelliktir. Tekstil yapısından su buharının iletimi oldukça karışıktır ve birçok lif, iplik ve kumaş parametresi kumaşların su buharı geçirgenliğini etkilemektedir (Demiröz Gün ve Bodur 2014).

$$\% p = 100.q_v / q_0 \quad (2.6)$$

formülü ile verilir.

Su Buharı İletkenlik İndeksi (I)

Su buharı iletkenlik değerini göstermektedir. Su buharı iletkenlik indeksi 0 ile 1 arasında değişmektedir.

$$I = S.R_{ct}/R_{et} \quad (2.7)$$

formülü ile verilir.

2.3 İnsan-Çevre ve Giysi Arasında Oluşan Etkileşim

Giysi, insanın çevresiyle ilişkisinde, kişinin subjektif konfor durumunu etkileyen bir araçtır. İnsanın subjektif konfor değerlendirme mekanizmasının anlaşılabilmesi için giysi sisteminin çevreyle fiziksel, duyuşal, psikolojik açılardan dinamik etkileşime sahip açık bir yapı olarak düşünülmesi gerekmektedir. Bu sistemde kişinin konfor değerlendirmesinde etkili ve birbirleriyle etkileşim halinde olan prosesler aşağıda sıralanmıştır:

* Isı ve nem transferi, giysi ve vücut arasındaki mekanik etkileşimler, ışığın yansımaları ve absorpsiyonu gibi vücutta fiziksel uyarılar oluşturan prosesler,

*Termal denge, termoregülasyon tepkileri ve giysi sistemi ile çevre arasındaki dinamik etkileşimleri içeren, kritik şartlar altında yaşamın devamlılığını sağlayan vücuttaki fizyolojik prosesler,

* Giysi sistemiyle ve çevreyle etkileşimler sonucu kişide ortaya çıkan duyuşal sinyallere bağlı olarak işleyen algılama sisteminin nörofizyolojik mekanizması,

* Nörofizyolojik duyuşal sinyallere dayanarak beynin subjektif algıları oluşturması, geçmiş tecrübeler ve o anki düşünceler ışığında yapılan değerlendirme ve önem sırasına koyma prosesleri yardımıyla genel algının formüle edilmesidir (Li 2001; Okur ve diğ. 2008).

ASHRAE standartlarına göre ise termal konfor, çevrenin termal şartlarına karşı duyulan memnuniyet olarak ifade edilmiştir.

Kumaşların termal özellikleri, giyim konforunun belirlenmesinde ana karakteristiklerden olduğundan tekstil araştırmacıları için önemli ve ilgi çekicidir. Termal konforda belirleyici olan parametreler; ısı ve nem transferi yeteneği, hava geçirgenliği, ısı tutma yeteneği, statik elektriklenme eğilimi, su buharı geçirgenliği ve su emiciliği olarak sıralanmaktadır.

2.3.1 Çevre Parametreleri

İnsan vücudu ile çevresi arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun memnuniyet verici olma durumunu gösteren konforun en önemli parametrelerinden birisi ısı konfordur. Isıl konfor, giysilerin ısı ve nem geçirgenlik özellikleri ile ilgilidir. Isıl açıdan konforlu giysiler, farklı çevre koşulları ve aktivitelere bağlı olarak, vücudun değişen sıcaklık ve nemini transfer ederek vücudun ısı ve nem dengesinin korunmasında en önemli işlevi yerine getirirler.

İnsan vücudu, yapılan her faaliyet sırasında ısı üretmekte olup normal şartlarda vücudun iç bölgelerindeki sıcaklık sabittir (37°C) . Yapılan faaliyetlere ve dış hava şartlarına göre sıcaklığın sabit kalmasında tekstil mamullerinin rolü büyüktür. Tekstil mamullerinin, vücudun aşırı faaliyeti sırasında ve sıcak havalarda vücutta fazla ısının dışarı atılmasını kolaylaştırıcı, aynı şekilde soğuk havalarda vücut ısısının düşmesini önleyici etki göstermesi istenir.

Isıl konforu sağlamak için gerçekleştirilen ısı transferini etkileyen çevre parametreleri şunlardır:

Sıcaklık: Daha yüksek hava sıcaklıklarında, ısı kaybı daha azdır. Eğer çevre sıcaklığı deri sıcaklığının üzerine çıkarsa, vücut ısı kaybetmek yerine, çevreden ısı almaktadır.

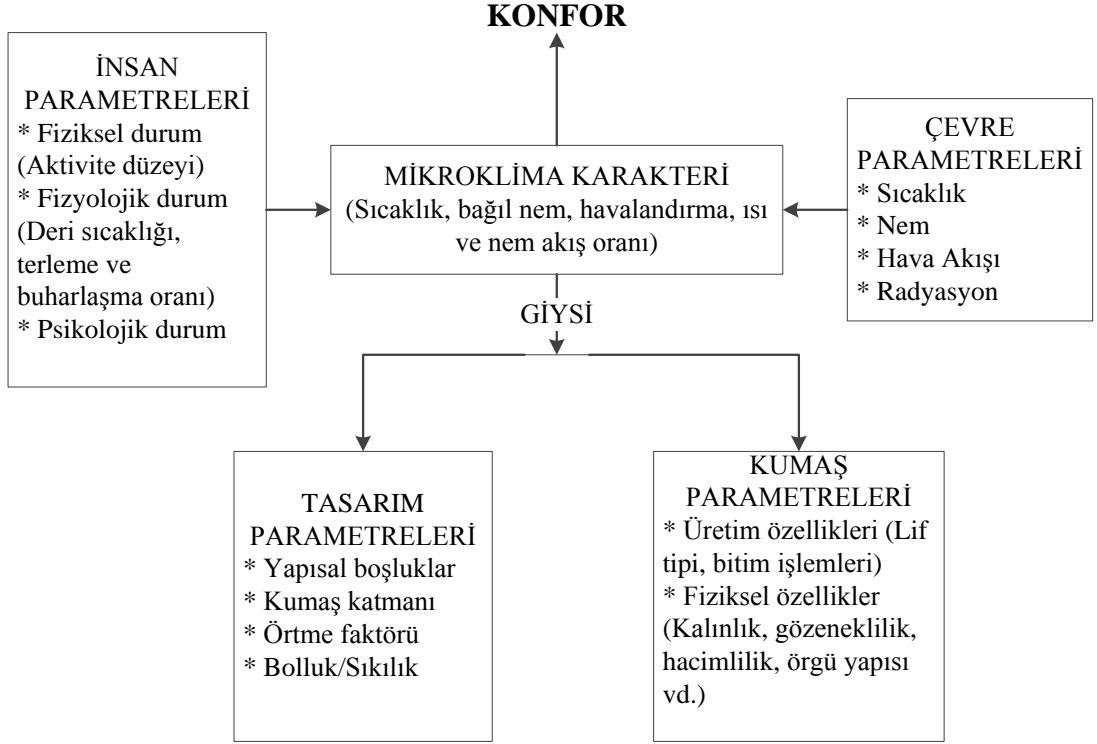
Giysilerde yüksek bir ısı izolasyonunun sağlanması için kumaşların oldukça kalın ağır ve her şeyden önce yünden yapılmış olması, buna karşılık sentetik liflerden yapılan kumaşların ise daha az sıcak tutacağı görüşü artık doğru kabul edilmemektedir. Isı izolasyonunun % 20 oranında liflere, % 50 oranında kumaş (veya örgü) dokusu arasında hapsedilmiş havaya ve % 30 oranında da kumaşa tutunmuş havaya bağımlı olduğu saptanmıştır. Buradan da görüldüğü gibi etkili bir izolasyonunun % 80'i giysi içerisinde ve yüzeyinde tutunmuş hava (mikroklima) tabakası ile sağlanmaktadır.

Tablo 2.3: Kişinin fiziksel aktivitesine bağlı olarak ortaya çıkan ısı durumları (çevre sıcaklığı = 25 °C) (Seventekin 1988).

Kcal/m ² /h	Metobalizma sonucu oluşan ısı	Nefes yoluyla dışarı atılan ısı	Derinin dış gözeneklerinden su buharlaşması sonucu oluşan ısı transferi	Giysiler tarafından ciltte oluşan ısı transferi	Ter ile oluşan ısı transferi
Uyku halinde İç sıcaklık: 36 °C Deri sıcaklığı: 32 °C	44	4	6	34	0
Ayakta İç sıcaklık: 36,5 °C Deri sıcaklığı: 32,5 °C	57	4	6	44	3
5 km/sa hızla yürürken İç sıcaklık: 37,5 °C Deri sıcaklığı: 33,5 °C	145	5	7	58	75
12 km/sa hızla koşarken İç sıcaklık: 39 °C Deri sıcaklığı: 34,5 °C	349	6	8	87	248

Kişinin konfor hissini belirleyen, insan teniyle giysi arasında kalan hava tabakası mikroklima olarak adlandırılmaktadır. Mikroklima, çevresel faktörlerden, kişinin aktivite düzeyinden ve giysi özelliklerinden etkilenmektedir (Yoo ve Hu

2000; Öner ve Okur 2010). Mikroklimaları, dolayısıyla konforu etkileyen bu faktörlerden çevresel etkenlere, kişinin fiziksel durumuna ve aktivite durumuna istenildiği ölçüde müdahale edilemediğine göre, konforun iyileştirilmesi ancak giysi özelliklerinin değiştirilmesi ile sağlanabilmektedir. Dolayısıyla giysi özelliklerinde yapılacak değişiklikler mikroklimaları etkileyerek kişinin konfor durumunu da belirleyecektir.



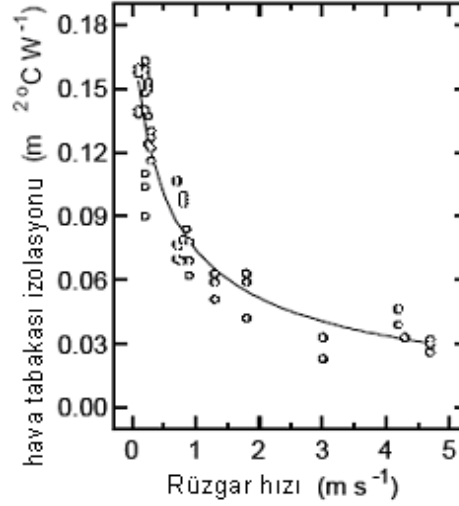
Şekil 2.1: Mikroklimaları etkileyen faktörler (Marmaralı ve diğ. 2006).

Rutubet: Havadaki rutubet miktarı (nem yoğunluğu) deriden çevreye buhar formunda nem akışını (terlemeyi) belirler. Genellikle, derideki nem yoğunluğu çevreden fazla olduğu için, deriden buharlaşma ile ısı kaybı gerçekleşir. Ters durumlarında (çevre nem yoğunluğunun deriden fazla olması durumunda) insan aşırı rahatsızlık hisseder.

Rüzgâr hızı: Konveksiyon ve ışıma ile ısı iletiminde, artan rüzgâr hızı ile ısı iletimi de artar. Bu yüzden eğer hava rüzgârlı ise, vücut soğuk havada daha çabuk soğur, sıcak havada daha çabuk ısınır.

Çevre Havadaki Hareket: Giysinin dışındaki durgun hava tabakası, dıştaki kumaş katmanının hava geçirgenliğine bağlı olarak, gözenek ve açıklıklarından

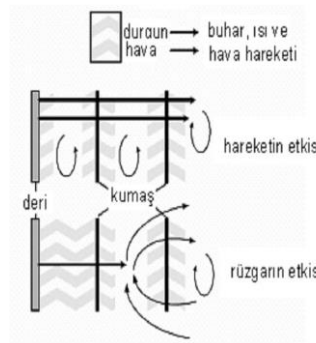
girerek aradaki hava tabakasını olumsuz yönde etkiler. Çünkü kumaş katmanları arasındaki hava ne kadar hareketsiz olursa giysinin ısı yalıtımı o kadar yüksek olur. Çevre havadaki hareketin dış hava katmanına etkisi Şekil 2.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Hava hareketinin dış hava katmanına etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).

Giysi, rüzgâr veya giyenin hareketleri sonucu hareket edebilir. Rüzgârın giysiye uyguladığı basınç ile giysinin kalınlığı azalır. Bunun sonucunda kumaş katmanları arasındaki hava sıkışarak çevredeki hava ile yer değiştirmeye zorlanır (Şekil 2.3).

Rüzgâr ve hareketin giysi izolasyonu üzerinde bir bileşik etkisi vardır. Örneğin 4 m/s hızla esen rüzgârda yürümek, giysi izolasyonununun % 60 azalmasına yol açabilir. Konvektif çevre şartları nedeniyle, su buharı direnci için bu etkiler daha büyüktür. Söz konusu durum için buhar direncinin % 80 azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 2.3: Rüzgârın ve kullanıcı hareketinin katmanlar arasındaki hava tabakasına etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).

2.3.2 İnsan Parametreleri

İnsan tüm faaliyetleri sırasında, metabolizma sonucu vücudunda sürekli ısı üretmektedir. Bu ısı üretimi vücudun dinlenmesi veya uyku sırasında gereksinme duyduğu ısı miktarı ile vücudun çalıştırılması sırasında gereksinme duyduğu ısı miktarından oluşmaktadır.

İnsan organizması ısıya karşı değişik durumlarda farklı tepkiler göstermekte olup homéoterm yapıdadır. Vücudun iç bölgelerinde sıcaklık sabittir (37°C). Bu sabit sıcaklık değiştiği takdirde hücreler yaşamsal fonksiyonlarını kaybetmektedirler. Esasında fizyolojik ve biyokimyasal yaşam fonksiyonları, ısı değişmelerine karşı çok hassas olan bir seri karmaşık reaksiyonlardan oluşmaktadır. Vücudun iç bölgelerindeki sabit sıcaklığın değişmesine yol açacak herhangi bir olay çok ciddi ve ağır tehlikeler yaratabilmektedir. Tablo 2.4’de bu durum detaylı bir de gösterilmiştir.

Tablo 2.4: Kritik vücut sıcaklıklarının gösterimi (Szokolay 2007).

Cilt Sıcaklığı	Vücut Sıcaklığı	Olay
45 °C	42 °C	Ölüm
	40 °C	Yüksek ateşlilik
		Buharlaştırma bölgesi
		Damar genişlemesi
31 - 34 °C	37 °C	Konfor
		Damar büzülmesi
		Termojenez
	35 °C	Yüksek ateşlilik
10 °C	25 °C	Ölüm

Metabolizma sonucu oluşan ısının bir kısmı yaşam (M), bir kısmı ise dinamik, mekanik veya statik çalışma (W) sırasında tüketilmektedir. Hatta vücudun ürettiği enerjinin 4/5’i mekanik çalışma sırasında ısı enerjisine dönüşmektedir.

Vücudun ısı dengesi çeşitli faktörlere bağlıdır.

- Üretilen ısının (H) yaklaşık % 10’u nefes alıp verme sırasında dışarı atılmaktadır (H_{res}).

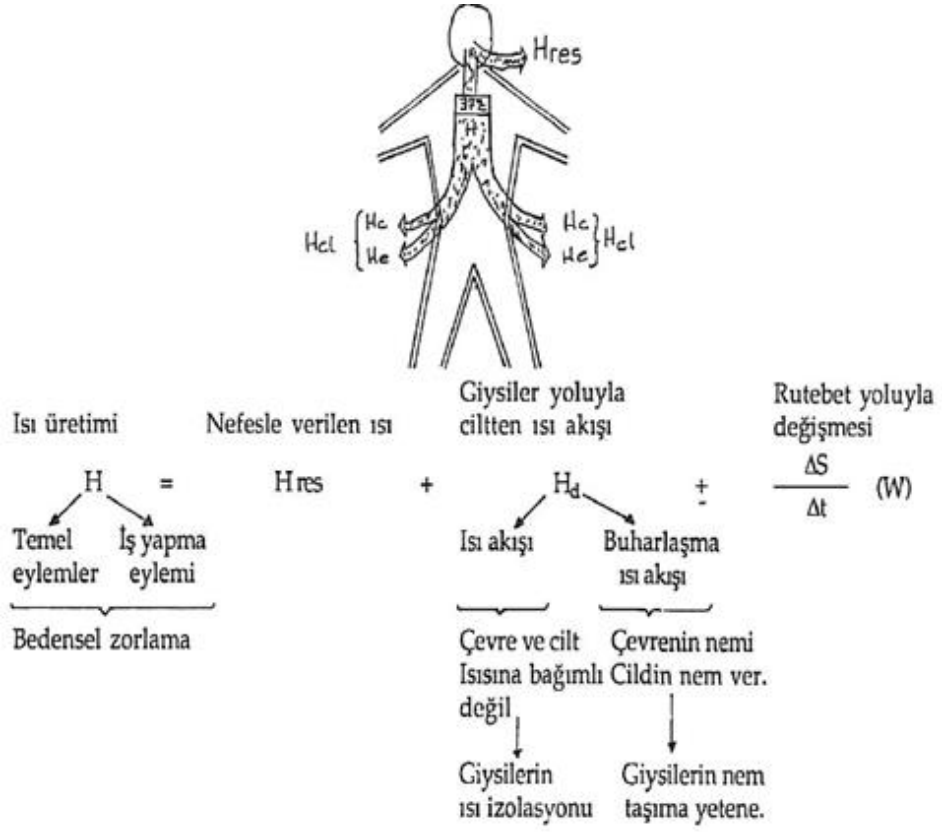
- Vücutta oluşan ısının büyük kısmı (yaklaşık % 90) ciltten (deri) giysiden geçerek dışarı atılmaktadır. Yani cilt, insanın ısı düzenlenmesindeki en önemli organdır. Isının cilt yoluyla dışarı verilmesi kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon yoluyla olmaktadır. Bu ısı akışı cilt sıcaklığı ve çevre sıcaklığına bağımlı olup, aradaki fark ne kadar büyük olursa ısı akışı (H_e) o kadar fazla olur.

Isı akışı, insanın ürettiği ısı miktarını aşarsa ($H_e > H$) cilt damarlarının büzülmesi ile cilt tabakalarındaki kan dolaşımı düşer ve sonuçta cilt sıcaklığının düşmesi ile ısı akışının azalması sağlanır. Ancak vücutta özgü bu ayar mekanizması çok fazla etkili değildir. İşte burada giysiler, ısı izolasyonu sağlamak suretiyle ısı akışını azaltıcı yönde etki gösterirler. Bu sırada giysinin sağladığı ısı izolasyonu o anda hüküm süren iklim şartlarına, giysiyi giyenin faaliyetlerine bağlıdır. Eğer giysinin ısı izolasyonu düşük ise, ısı akışı fazla olacağından vücudun ısı içeriği (S) düşmeye başlayacağından insan üşümeye başlar. Bu durum derece derece soğumaya ve aşırı hallerde ise donmaya neden olabilir.

Isı akışı, insanın ürettiği ısı miktarından az ise ($H_e < H$) vücutta bir ısı birikmesi oluşmaktadır. Bu durum da cilt damarlarının genişlemesi ile cilt sıcaklığı ve dolayısıyla ısı akışı arttırılır. Aynı anda ciltteki ter bezlerinden dışarıya ter verilmesi başlar. Bu suretle cilt yüzeyinde buharlaşan ter, soğuma etkisi yaparak aşırı miktardaki ısının dışarıya atılmasını sağlamaktadır. Terlemek suretiyle elde edilmek istenen soğutma etkisi için şart, dışarıya verilen terin gerçekte buharlaşabilmesi ve ciltten sızarak aşağıya akmamasıdır (Seventekin 1988).

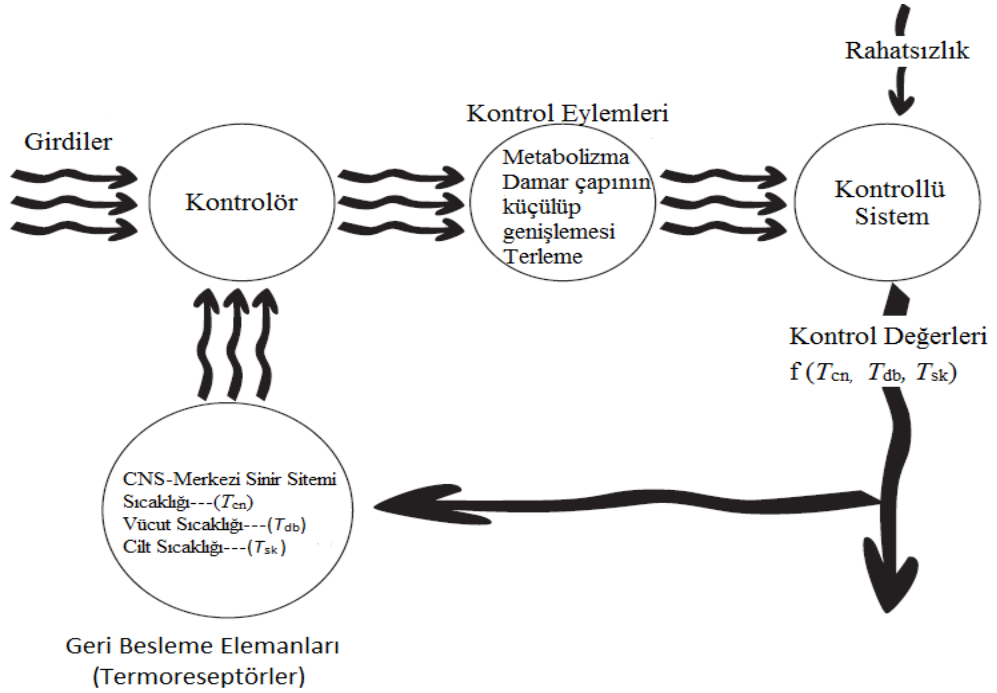
Terin buharlaşması çevredeki havanın rutubetine ve rutubetin dışarı taşınma kabiliyetine yani giysilerin rutubeti geçirme direncine bağlıdır. Giysinin rutubet taşıma özelliği çok düşük ise veya giysinin rutubet geçirme direnci çok yüksek ise terin buharlaşması önlediğinden vücudun ısı içeriği artar ve aşırı bir ısı yüklenmesi oluşur. Bu durum kişide çeşitli rahatsızlıklara neden olur. Aşırı hallerde ise dolaşım felcine neden olabilir.

İnsan vücudundaki ısının düzenlenmesi, kişinin 'İş Yapma Kapasitesi' ne etki etmektedir. Bu durum aşağıda Şekil 2.4'de gösterilmiştir (Seventekin 1988).



Şekil 2.4: İnsanın iş yapma kapasitesi (Seventekin 1988).

Aşağıdaki şekilde vücudun sıcaklık ayarı şematik diyagram ile gösterilmiştir.

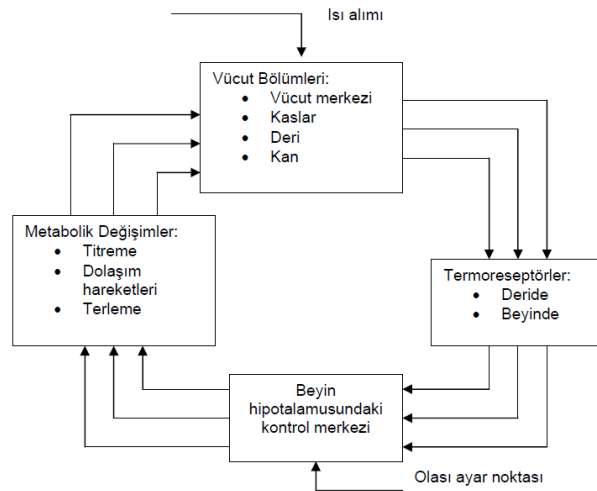


Şekil 2.5: İnsan vücudunun otomatik sıcaklık ayarının şematik diyagramı (Li ve Wong 2006).

Normal sıcaklık ve nem ortamın da kişinin ayakta veya normal tempolu yürüyüş sırasındaki ter miktarı $125 \text{ gr/m}^2/\text{saat}$ ile sınırlıdır. Vücut tarafından salgılanan ter miktarının büyük bir kısmı deri yüzeyinde veya iç giysiler ile temas noktalarında buharlaşmaktadır. Lifin içermiş olduğu su buharı miktarı hassas bir şekilde artarken, iç giysinin lif yapısı su buharının serbestçe geçmesini sağlayacak şekilde olmalıdır. Ancak çok yüksek aktivite sırasında, ter üretimi önemli ölçüde yükselebilir ($400 \text{ gr/m}^2/\text{saat}$). Bu durumda aşırı ter, iç giysideki havanın serbestçe geçmesini sağlayan örgü dokusundaki gözenekleri tıkayabilir. Böylece vücut havasız kalır. Esasında ter, giysinin iç yapısından ve yüzeylerinden devamlı buharlaşmaktadır. Ancak salgılanan ter hızı, buharlaşma hızından fazla olduğundan iç giysi ıslanarak doygunluğa erişir ve deri bir film tabakası ve ter damlalarıyla kaplanır. Islanmış olan kumaş boşluklarının büyük kısmı ter ile tıkanmış olduğundan deriden terin buharlaşması zorlaşmaktadır.

Islanmış olan kumaşın boşlukları iletken hava yerine su ile dolmuş olduğundan, vücuttan dışarıya ısı kaybı daha fazla olmaktadır. Ayrıca ıslanan giysi vücuda daha çok yapışacağından hareket kabiliyetini de azaltmaktadır (Seventekin 1988).

Islanan kumaşın kuruması için, kumaş yüzeyinden ve boşluklardan su buharının (terin) buharlaşması gerekmektedir. Bunun için gerekli olan ısıyı vücuttan alacaklarından vücutun üşümektedir (Seventekin 1988).



Şekil 2.6: Termoregülasyon mekanizması (Wang 2002; Okur ve diğ.).

Ter-giysi-konfor ilişkisini şöyle de açıklamak mümkündür. Ter hissedilmeyen şekilde kaldığı sürece, vücut nispeten konforludur. Ancak bu buharın hemen uzaklaştırılmaması, vücut çevresindeki bağıl nemi artırır, dolayısıyla vücut nemli ve yapışkan hissedilir. Yani konfor kaybolur.

- İlk olarak, deri ıslandığında giysi de ıslanmaya başlar, sonra yapışkan bir hal alır, giysi ve deri arasındaki sürtünmenin artması, dokunma hislerince beyine iletilerek bulunulan durum konforsuz olarak değerlendirilir.
- İkinci olarak, yağ giysi çok hızlı bir şekilde soğur. Bu olay hareket sırasında gerçekleşirse; giysi deriden uzaklaştığında içerdiği rutubet buharlaşırken soğur ve giysi tekrar vücuda temas ettiğinde güçlü bir soğukluk hissine neden olur.

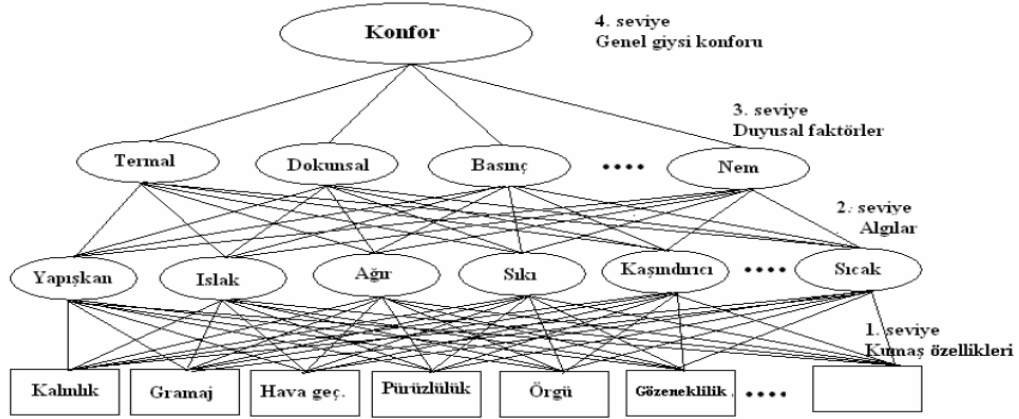
Tablo 2.5: Çeşitli aktiviteler ile üretilen ısı enerjileri ile bunun sonucunda oluşan terleme oranları (Horrocks ve Anand 2000; Haghi 2011).

Aktivite	İş gücü (Watt)	Terleme oranı (g/gün)
Uyuma	60	2280
Oturma	100	3800
Hafif yürüyüş	200	7600
Tempolu yürüyüş	300	11500
Hafif paket ile yürüme	400	15200
Ağır paket ile yürüme	500	19000
Ağır paket ile dağ yürüyüşü yapma	600 - 800	22800 - 30400
Maksimum çalışma oranı	1000 - 1200	38000 - 45600

2.3.3 Giysi Parametreleri

Bir giysi, vücut ile çevre arasındaki ısı transferini doğrudan etkilediği için, giysilerden vücut ve çevre arasındaki ısı akışını desteklemesi, diğer bir deyişle vücudun ısı dengesini korumaya yardımcı olması istenir. Giysiler, farklı atmosferik koşullarda kalan kişinin vücut sıcaklığını sürdürmesi için tampon olarak çalışırlar. Yani giysilerin görevi, dış çevre şartları ve fiziksel aktiviteler büyük değişim gösterse bile, vücut sıcaklığını ortalama değerde tutacak bir ısıl düzenleme sistemi oluşturmaktır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi giysilerin en önemli rolü, değişken hava şartlarına karşı vücudun adaptasyonunu ve bedensel hareketler sırasında deri sıcaklığının optimal sınırlar içerisinde kalmasını sağlamaktır.



Şekil 2.7: Giysi konforu değerlendirme mekanizması (Wong 2002; Okur ve diğ. 2008).

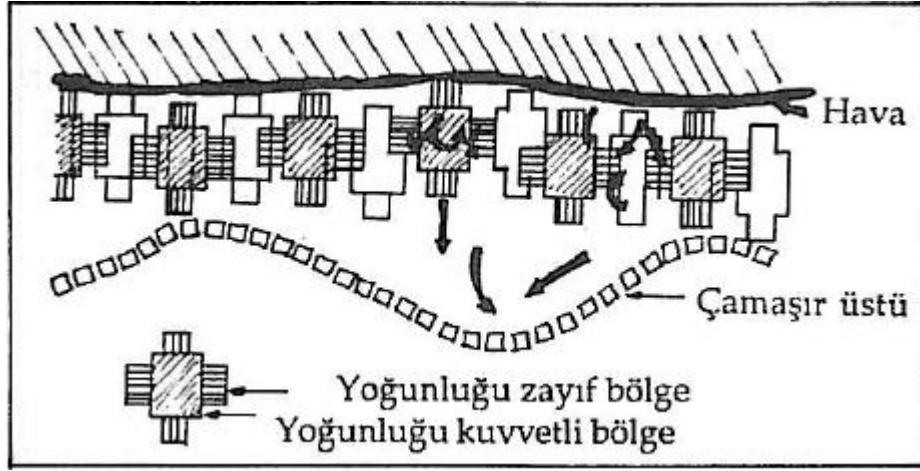
İdeal bir giysilik kumaş termal konfor açısından üç önemli özelliğe sahip olmalıdır. Bunlar:

- * Soğuktan korunmak için yüksek termal direnç,
- * Ilıman iklim koşullarında etkili ısı transferi için su buharı direncinin düşüklüğü ve
- * Terleme nedeniyle rahatsızlık hissini önlemek için sıvı taşıma özelliğinin yüksek olması.

Konforu yüksek bir giysinin yukarıdaki özelliklere ek olarak; hareket rahatlığı (giysinin vücut hareketlerine kolaylıkla uyum sağlaması), çabuk kuruma, yumuşaklık ve deriyi tahriş etmeme, hafiflik, dayanıklılık, beğenilen bir tutum ve kolay bakım gibi özellikleri de sağlaması beklenmektedir.

Giysilerin oluşturduğu sıcaklık ya da soğukluk hissini hangisinin daha iyi olduğu kullanıcı beklentilerine bağlıdır. Sıcak iklim bölgelerinde soğukluk hissi veren giysiler (örneğin pamuklu giysiler), Kuzey Avrupa gibi soğuk ülkelerde ise sıcaklık hissi veren giysiler (örneğin polyester/yün karışımı giysiler) tercih edilebilir (Hes 1999).

Aşağıdaki şekilde cilt ve iç giysiler arasındaki etkileşim gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Cilt ve iç giysiler arasındaki etkileşim (Seventekin 1988).

Bir tekstil mamulü kural olarak % 80 oranında hava gözeneklerinden ve % 20 kadar da liflerden ibarettir. Buna göre bir kumaşın ısı izolasyonuna etkisi, lifin kimyasal yapısına yani doğal veya sentetik lif olup olmamasına bağımlı olmayıp sadece kumaşın doku veya örgü yapısına bağımlıdır. Yüzeyi düzgün ve elyaf payı yüksek olan ince, sık dokunmuş yapılar daha az ısı izolasyonu gösterirlerken özel iplik veya dokuma ve örgü tipi gösteren çok hava tutabilen hacimli ve pürüzlü yüzey yapılar daha yüksek ısı izolasyonu göstermektedirler. Diğer taraftan bir kumaşın iyi bir izolasyonu gösterebilmesi için, gözeneklerde hapsedilmiş havanın orada sağlam olarak tutunması gerekmektedir.

Buna göre yukarıdaki açıklamalar ve şekil de baz alınarak iç giysilerde aranan özellikler şu şekilde olmalıdır.

- İç giysilerin ısı izolasyon etkileri, yapılan aktiviteye ve çevre sıcaklığına göre deri sıcaklığının adaptasyonuna uygun olmalıdır.

-Su buharının kolaylıkla geçmesini sağlamalıdır.

- Kalınlığa göre ısı izolasyonu yüksek olmalıdır.

- Kapılar akış hızının ve buharlaşma hızının yüksek olması sağlanmalıdır.

- Ortalama su tutma kapasitesi iyi olmalıdır.

- İ giysilerin yüzey yapılarının deriye dokunma sırasında sıcaklık hissi vermesi, ıslandığında ise soğukluk hissi vermemesi sağlanmalıdır.

Yüzeyi düzgün, ince ve sık dokunmuş kumaşlar düşük ısı izolasyonundan dolayı sıcak iklim bölgeleri için; hacimli ve przlg yüzey gösteren kumaşlar ise yüksek ısı izolasyonundan dolayı soğuk iklim bölgeleri için tercih edilebilir.

Ancak kayak ve bisiklet sporu yapılırken kuvvetli dş hava hareketleri nedeniyle, bu dş hava kumaşın gözeneklerine girerek bunların ısı izolasyon etkisini azaltmaktadır. Bu nedenle bu tip spor giysilerinde kumaşın dş yüzeyi hava geçirmez hale getirilerek gözeneklere havanın girmesi önlenmelidir. Ancak bu durumda ortaya bir çelişki çıkmaktadır. Tekstil malzemesinin iyi bir ısı izolasyonu gösterebilmesi için bir yandan hacimli ve gözenekli bir yapıya sahip olması istenirken diğer yandan dş havanın girişini önleyebilmek için sıkı ve kapalı bir yapıya sahip olması istenmektedir. Spor giysilerinde bu çelişkiyi ortadan kaldırabilmek için, spor giysileri çok tabakalı ve birçok komponentten (bileşenden) oluşan bir yapıya sahip olmalıdırlar (Soğan kabuğu tabakaları gibi). Amaca göre bu komponentler ayrı ayrı çıkarılıp tekrar takılmak suretiyle değişen giyim durumlarına da uyum sağlayacak hale getirilebilirler.

Genel olarak tekstil ürünlerinin ısı özelliklerini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Lifin ve kumaş içinde tutulan havanın ısı iletkenliği,
2. Lifin zel ısısı,
3. Kumaş kalınlığı ve katman sayısı,
4. Kumaşın hacimsel yoğunluğu (kumaş içindeki hava boşluklarının sayısı, büyüklüğü ve dağılımı),
5. Kumaş yüzeyi (kullanılan lifin tipi, kumaşın yapısı, kumaştaki bitim işlemleri),
6. Kumaş ve yüzey arasındaki temas alanı,

7. Deriden kumaşa kontakt ısı kaybı,
8. Deriden kumaşa, kumaştan deriye doğru konveksiyon ısı kaybı,
9. Işıma (radyasyon) ile ısı kaybı (deri ve kumaş yüzeylerinin emisyon kabiliyeti)
10. Deri veya kumaştan suyun buharlaşması ile ısı kaybı,
11. Kumaşın su emmesi nedeniyle ısı kaybı veya artışı,
12. Dahili atmosferik şartlar: sıcaklık, bağıl nem, çevredeki havanın hareketi (mikroklima).

Lif, iplik, kumaş gibi tekstil ürünlerini oluşturan temel parametrelerin giysilerin konfor özelliklerine etkisi aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaya çalışılmıştır.

2.3.3.1 Lif Tipi

Kumaşlarda konforu sağlamak için kullanılan liflerin sahip olması gereken özellikler şunlardır:

- * Isı ve nem transferinin zayıflamaması için nem aldığında şişmelidir.
- * Teri kolayca emmeli ve kuruluk hissi vermelidir.
- * Ter kumaş katmanından hızlıca geçmeli, dışarı kolayca atılmalıdır.

Lif seçimi sırasında ilk akla gelen nokta, doğal liflerin genellikle sentetik liflerden daha iyi konfor sağladığıdır. Ancak, doğal lifler yukarıda sayılan konfor özelliklerinin tümünü aynı anda sağlayamamaktadır. Bazı modifiye çeşitleri dışında, sentetik lifler de bu özelliklerin tümüne sahip değildir.

Teri, ciltten alabilmek ve cildi kuru tutabilmek için, kullanılan liflerin yüksek rutubet alma özelliğine sahip olması istenir. Yün ve pamuk gibi doğal lifler ile

viskoz, bakır amonyum gibi rejenere selüloz lifler rutubet alma yeteneği yüksek liflere örnek olarak verilebilir.

Diğer taraftan cilt tarafından verilen rutubeti cilde yakın bölgede tutmayıp onu çevreye taşıyabilmek için kullanılan liflerin rutubet alma yeteneğinin az fakat rutubet taşıyabilme yeteneğinin yüksek olması istenir. Poliester, poliamid, poliakrilnitril ve polipropilen bu tip sentetik liflere örnek olarak verilebilir.

Isı izolasyonunda olduğu gibi bir kumaşın rutubet geçirme özelliği de sadece lifin cinsine bağımlı olmayıp iplik cinsi (düzgün iplik, filament iplik), kalınlık, dokuma ve örgü türü ile terbiye işlemlerine de bağlıdır.

Diğer taraftan uygulanan terbiye işlemleri, çoğunlukla bir lifin karakteristik özelliğini büyük oranda değiştirir. Örneğin yün veya pamuğa uygulanan su itici apreler bu liflerin rutubet alma özelliklerini azaltmaktadır.

İşte bu nedenle, konforun iyileştirilmesi için giysi sistemlerinde birkaç lif beraber kullanılmalıdır. Bu liflerin beraber kullanılması ile liflerin sahip olduğu avantajlar birleştirilirken, dezavantajlar da ortadan kaldırılacaktır. Bunun sonucunda da günbegün firmaların yeni malzeme ve lif arayışları artış göstererek devam etmektedir.

2.3.3.2 İplik Yapısı

Deri ile temas eden giysilerde giysi konforu, nem iletimi ve nem depolama kapasitesiyle bir derece sınırlandırılmıştır. Bu tür giysilerin kullanımında deri hassasiyeti önemlidir. Düzensizlik, lif sertliği, iplik bükümü, geliştirilmiş efektler, tekstüre derecesi ve ilmek yapısı gibi faktörler, giyside yırtılma, sıkma, darlık hissi, ısı hassasiyeti gibi olumsuz etkilere neden olabilir. Bundan dolayı kumaşın iç ve dış yüzeylerinin yapısı ve özellikleri dikkate alınmalıdır.

Kumaşın iç yüzeyi, deriyle temas eden iletici yüzeydir. İplik yapısı ve iplik üretim teknolojisi bu yüzey yapısını etkileyen faktörlerdir. Örneğin nem iletimi, çok ince kılcal liflerden yapılan ipliklerde daha yüksektir (Marmaralı ve diğ. 2006).

Nem iletimi, kılcal lif sayısındaki artıştan olumlu yönde etkilenir. Ancak bunun için, aynı ortalama sayının devam etmesi gerekir. Örneğin tekstüre edilmiş poliester filament iplikleri kullanıldığında nem geçişinin daha düşük seviyede olduğu görülmüştür. Nem iletiminde önemli bir faktör de kıvrımlılıktır. Örneğin, 100 dtex f 80*1 tekstürel poliester filament ipliklerinden örülmüş süprem kumaşlarda yapılan testlerde, kıvrım faktörü % 10-20 olduğunda optimum nem geçişinin sağlandığı gözlenmiştir (Marmaralı ve diğ. 2006).

İplik büküm değeri nem geçişinde etkili olan diğer bir faktördür. 35-175 T/m arasındaki büküm değerlerinde, en iyi nem geçişi sağlanmıştır. Ancak büküm, ekonomikliği etkilediğinden, düşük büküm değerlerinde pozitif sonuçların elde edilmesi çok önemlidir. Büküm katsayısı (α değeri), ring ipliklerde ortalama 100-110 civarındayken, yün ipliklerde daha düşüktür. Ayrıca cilt hassasiyeti göz önüne alındığında, ring ipliklere göre OE ipliklerde büküm daha düşük olmalıdır (Marmaralı ve diğ. 2006).

Giysinin iç yüzü için daha ince iplikler tercih edilebilir. İnce kılcallı ve tekstürel filament iplikler bu amaç için uygundur. Kumaşın dış yüzeyi, deriyle temas etmeyen emici yüzeydir. Çift katlı örgülerde kumaşın dış yüzeyinin, yüksek higroskopik özelliklere sahip kesikli ipliklerden oluşturulması önerilebilir. Burada doğal liflerin; özellikle pamuk, yün ya da rejenere selüloz liflerinin kullanılması uygundur.

2.3.3.3 Örgü Yapısı

Giysinin ısı geçirgenliği, kumaş içerisindeki hava boşluklarının sayısına bağlıdır. Tekstil liflerinin ısı iletkenlikleri durgun havadan yüksektir. İdeal yalıtkan malzeme durgun havadır. Hacimli malzemeler yapıları nedeniyle içlerinde fazla hava tutma kapasitesine sahiptirler. Örneğin;

- Dış giysilik bir kumaş → % 25 lif + % 75 hava
- Battaniye → % 10 lif + % 90 hava
- Kürk ceket → % 5 lif + % 95 hava'dan oluşmaktadır (Marmaralı ve diğ. 2006).

Diğer bir deyişle, ısı yalıtımı yüksek bir tekstil malzemesinin iç yapısında yüksek miktarda hava bulunmalıdır. Isı yalıtımında lif dağılımının önemi ikinci sıradadır. Tekstil yüzeyinin özel bir malzeme ile kaplanması da bu özellikleri elbette etkileyecektir.

Son yıllarda konforu yüksek giysilerin üretiminde, iç ve dış yüzeyleri birbirinden bağımsız iplikler kullanılarak oluşturulan çift katlı (çift taraflı, çift yüzlü) kumaşlar tercih edilmektedir. Örneğin çift katlı kumaşlar için;

- İç yüzeyinde nem transfer özelliğine sahip PA, PES, PP ve PAC gibi sentetik liflerin,
- Dış yüzeyinde ise nem absorbe yeteneği yüksek olan pamuk, yün, rayon gibi doğal liflerin ve karışımlarının kullanılması tercih edilmektedir.

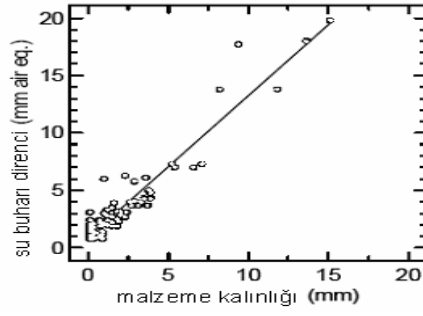
Bu kumaşlarda;

- Sentetik materyal, teri kapiler (kılcal) etki ile emme yeteneği yüksek olan dış yüzeye hızla iletir.
- Emici olan dış yüzey, sentetik iç yüzeyin depolama özelliği olmadığı için, aşırı tere tampon görevi yapar. Bu aşırı ter, eğer bir ara katman yoksa daha sonra dış tabakadan çevreye iletilir.

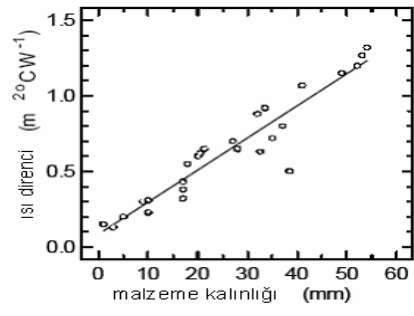
Sonuçta, giyside kuruluk hissi ve konfor sağlanmaktadır. Aksi durumda yani, pamuk gibi doğal liflerin iç yüzeyde kullanıldığı sistemlerde, ter dış yüzeye iletilemediği için kumaşın iç yüzeyi ıslak kalır. Sentetik liflerin, kumaşın iç yüzeyinde kullanıldığı sistemlerde nem transferinin başarısı deneysel olarak da kanıtlanmıştır.

2.3.3.4 Kumaş Kalınlığı

Giysinin kalınlığı, giysinin ısı ve su buharı iletkenliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Giysinin kalınlığı dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça, giysinin ısı ve buhar direnci artıp, geçirgenliği azalmaktadır.

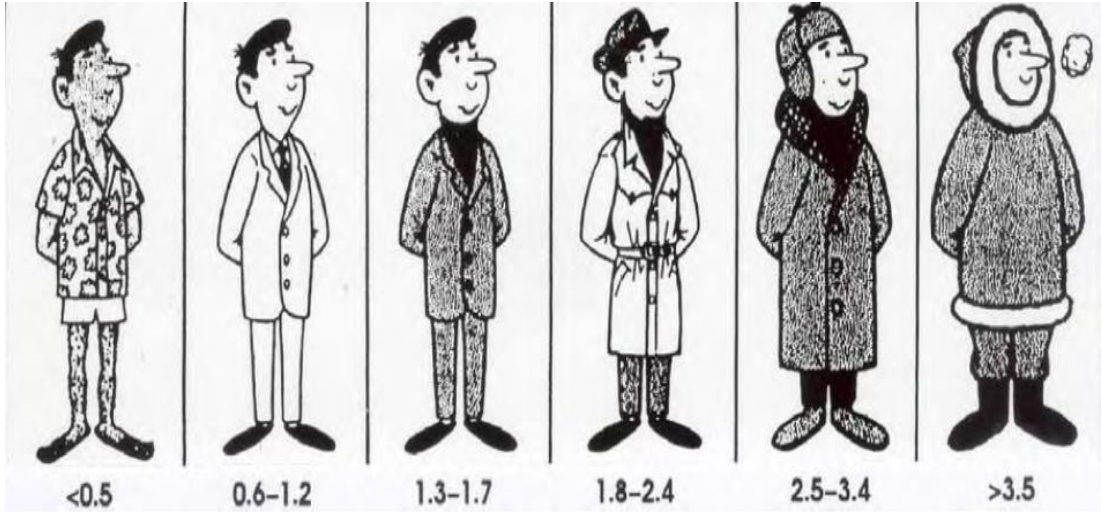


(a)



(b)

Şekil 2.9: Giysinin (a) su buharı direnci ile kumaş kalınlığı arasındaki ilişkiyi, (b) ısı direnci ile kumaş kalınlığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Marmaralı ve diğ. 2006).

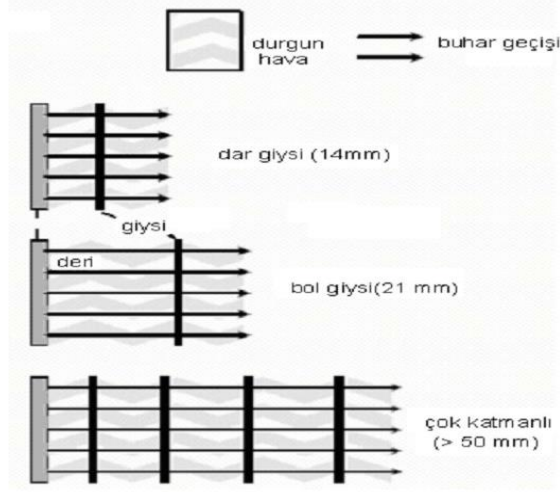


Şekil 2.10: Clo biriminde giysilerin ısı izolasyonu (Szokolay 2007).

2.3.3.5 Giysi Bileşenleri

Giysi birkaç katmandan oluşuyorsa, katmalar arasında bulunan ve malzemenin en dışında yer alan havanın özellikleri önemli bir hal alır.

Giysi vücudu sıkıca sarıyorsa, serbestçe duran giysiden daha az hava içerir. Birkaç katmandan oluşuyorsa, toplam izolasyon her bir tabakanın tek başına sahip olduğu izolasyon değerinden büyük olacaktır.



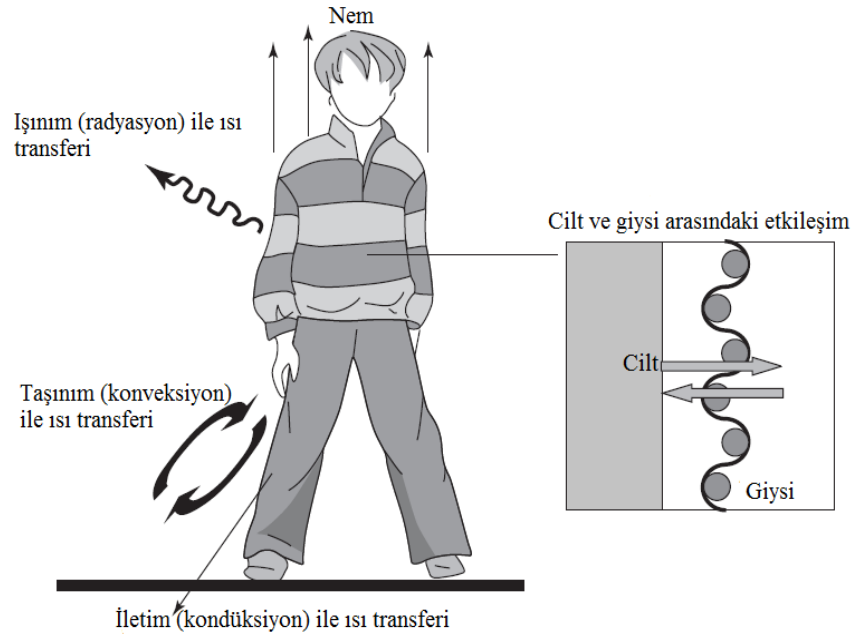
Şekil 2.11: Toplam ısı ve su buharı direncine kumaş ve hava katmalarının etkisi (Marmaralı ve diğ. 2006).

Giysi dar bir şekilde dikilmiş ise iyi bir ısı izolasyonu göstermez. Çünkü bu tip giysilerde ısı izolasyonunu sağlayan mikroklimadaki hava tabakaları yoktur. Aynı şekilde mikroklimada konveksiyon ve havalandırma da engellenmektedir. Hareketli hava, duran hava tabakalarına nazaran daha az bir ısı izolasyonu ve daha iyi bir rutubet taşıma özelliği gösterir.

Global piyasada tekstil pazarlarında artan rekabet ortamı ile araştırma, geliştirme ve danışmanlık hizmetlerine yönelim günden güne artmaktadır. Bu bağlamda, yeni lif ve kumaş yapılarının geliştirilmesi, bu yapıların değerlendirilmesi için yeni test cihazları ve yöntemlerinin üretilmesi veya mevcutlarının iyileştirilmesi konfor araştırmalarında öncelikli olmaktadır.

2.4 Tekstil Materyallerinde Oluşan Isı Transfer Mekanizmaları

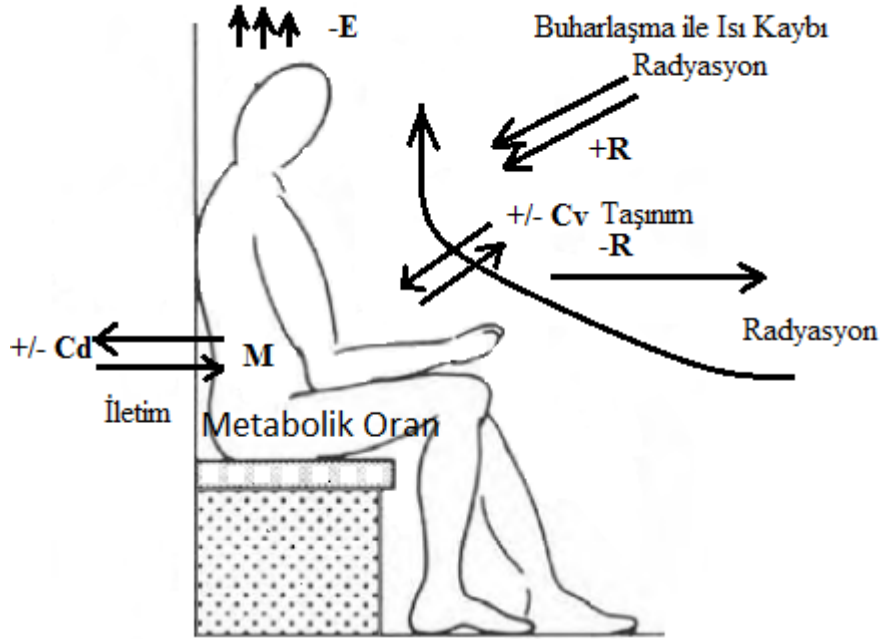
Vücudun ısıl dengeye gelebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken ısı transferi prosesi dört farklı mekanizmaya göre gerçekleşebilmektedir. Çoğunlukla bir ortamdaki sıcaklık dağılımı bu dört mekanizmanın ortak etkileri sonucu ortaya çıkar. Bu yüzden de bir mekanizmayı diğerlerinden tamamen ayırabilmek mümkün değildir.



Şekil 2.12: Tekstil materyallerinde meydana gelen ısı transfer mekanizmalarının şematik gösterimi (Li ve Wong 2006).

Vücudun ısıl dengesi aşağıdaki (2.1) eşitliğinde görüldüğü gibi de ifade edilebilir:

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E = \Delta S \text{ (W)} \quad (2.8)$$



Şekil 2.13: İnsan vücudunda meydana gelen ısı değişimleri (Szokolay 2007).

Eğer ΔS pozitif çıkarsa, vücut sıcaklığı artar; negatif çıkarsa ise azalır. Isı transfer oranları çevresel faktörlere bağlıdır fakat bu durumda vücut tamamen pasif değil

homoiotermik durumdadır. Bunun da birkaç fizyolojik düzenleyici mekanizması vardır.

Isı transfer mekanizmaları ve açıklamaları şöyledir:

1) İletim (Kondüksiyon) ile Isı Transferi: Bu mekanizmadaki ısı transferi, bir başka yüzeyle temas ederek gerçekleşmektedir. Isı alışveriş oranı iki yüzey arasındaki sıcaklık farkına, transfer doğrultusuna, dik yöndeki yüzey alanına ve maddelerin ısıl geçirgenliklerine bağlıdır.

Örneğin x yönündeki ısı transferi (2.9) eşitliğinde aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$Q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x} (W) \quad (2.9)$$

burada Q_x pozitif x yönünde A alanı boyunca ısı transfer oranını, k ise materyalin ısı iletkenliğini göstermektedir.

2) Taşınım (Konveksiyon) ile Isı Transferi: Bu mekanizmaya göre ısı transferi, katı üzerinde hareket eden bir akışkanın (sıvı veya gaz) taşınması ile gerçekleşmektedir. Sıvı içerisindeki sıcaklık alanı sıvının hareketinden etkilendiği için buradaki sıcaklık dağılımının ve ısı transfer oranının belirlenmesi karmaşık yapılı bir işlemdir. T_w sıcaklığındaki bir yüzeyle ona temas eden T_f ortalama sıcaklığına sahip bir akışkan arasındaki ısı transferi (2.10) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$q = h(T_f - T_w) \quad (2.10)$$

Burada h ortamın ısı transfer katsayısını ifade etmektedir.

3) Işınm (Radyasyon) ile Isı Transferi: Farklı sıcaklıklardaki iki materyal bir vakumla birbirlerinden ayrıldıklarında aralarında iletim veya taşınım mekanizmalarına dayalı bir ısı transferinin gerçekleşmesi söz konusu değildir. Işıma, ısı transferinin elektromanyetik dalgalar vasıtasıyla gerçekleştiği bir mekanizmadır. Dalgalar, çok az bir kayıpla hava içerisinden geçebilir, fakat bir nesneye çarptıklarında enerjilerinin büyük bir kısmı ısıya dönüşür. Işıma büyük oranda materyalin sıcaklığına bağlı olduğu için (T^4 oranında) bir ısı transfer mekanizması

sayılmayabilir. Bu mekanizma daha çok güneş, radyan ısıtıcılar ve ateş gibi çok yüksek sıcaklığa sahip nesnelerin ısı kazancı için geçerlidir.

T_1 sıcaklığında A alanına sahip siyah bir cismin T_2 sıcaklığında bir ortamda bulunduğu düşünülürse, cisim $A\sigma T_1^4$ oranında radyoaktif enerji (W) yayarken $A\sigma T_2^4$ oranında enerjiyi (W) de absorblayacaktır. Cismin kaybettiği net radyoaktif enerji aşağıdaki (2.11) eşitliğinde ifade edilmiştir.

$$Q = A\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.11)$$

Burada yer alan σ , Stefan-Boltzman sabitidir.

4) Buharlaşma ile Isı Transferi: Sıvı suyun su buharı haline gelmesi için büyük miktarlarda ısı enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Vücut yüzeyinden suyun buharlaşması için gereken enerji, vücut yüzeyinden uzaklaşarak burada soğumaya neden olur. Çevre sıcaklığı vücut yüzey sıcaklığına eriştiğinde, taşınım ve ışınım vasıtasıyla gerçekleşen ısı kaybı son bulur. Çevre sıcaklığının vücut sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda bu ısının vücuttan uzaklaştırılması için tek yol vücutun terlemesi ve oluşan bu terin vücut yüzeyinden buharlaşmasıdır. Song'a (2003) göre, vücut tarafından üretilen ve kontrol altına alınıp uzaklaştırılması gereken ısı miktarı 30-600 W/m² arasında değişmektedir. Terleme mekanizması vücut yüzeyine yakın damarlardaki kan basıncının artırılması ile harekete geçer. Bu süreç esnasında vücut iç sıcaklığı yaklaşık 1 °C artar ve terleme miktarı 10-20 katına çıkarak saatte 1.5 litreye ulaşabilir. Buharlaşmayla vücut yüzeyinden uzaklaştırılan enerji aşağıdaki şekilde (2.12) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

$$Q_{EV} = mA(P_S - P_A) \quad (2.12)$$

2.5 Tekstil Materyallerinde Oluşan Su (Sıvı ve Buhar) Transfer Mekanizmaları

Konforun sağlanabilmesi için deri yüzeyindeki sıvının mekanik olarak uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu, sıvıyı absorblayan lif ve kumaş sistemlerinin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu tür materyaller, ıslak kumaşa vücudun temasından doğan konforsuzluk hissini ortadan kaldırmanın yanında, suyun daha

geniş bir kumaş alanına yayılıp daha fazla buharlaşmasına bağlı olarak ısı transferi oranını da arttırmaktadır. Kumaşların diğer transfer ve geçirgenlik özellikleri (su buharı ve hava) direkt olarak geometrilerine bağlıyken sıvı transfer karakteristikleri büyük oranda lif özellikleriyle ilişkilidir. Kumaş anizotropik bir yapıya sahip olduğu için farklı eksenlerinde farklı sıvı transfer davranışları göstermektedir. Bu farklı sıvı transfer davranışlarının da ayrı ayrı ölçülmesi gerekmektedir. Genel olarak kumaşlardaki sıvı transfer mekanizmasının liflerin kapılar kuvvetlerine bağlı olduğu ve lif yüzey özellikleri tarafından belirlendiği görüşü yaygındır. Sıvı suyun kapılar ıslatması üzerinde etkili en önemli lif özelliği ise hidrofilitedir. Giysi konforu söz konusu olduğunda kumaşın sıvı transferiyle ilgili en önemli özelliği anlık sıvı emme kapasitesidir (Yoon ve Buckley 1984; Okur ve diğ. 2008).

Deri sıcaklığı düştüğünde ve terleme azaldığında, deri yüzeyinden meydana gelen ısı kaybının sınırlandırılması gerekir. Islak kumaşlarda termal yalıtım azaldığı için iletimle gerçekleşen ısı kaybını azaltmak mümkün olmayabilir. Bu konuda çalışan araştırmacılardan, vücut yüzeyindeki sıvının uzaklaştırılmasına gerek olmadığını, sadece belirli bir sıcaklıkta tutulması gerektiğini savunanlar da vardır. Deride meydana gelen termoregülasyon prosesi dinamik bir yapıya sahiptir ve termofizyolojik konforu sağlamanın en etkili yolu, yüksek ısı direncine sahip kumaşlar yerine ‘dinamik’ kumaşlar kullanmaktır. ‘Dinamik’ kumaş, sıcak ve nemli vücut üzerinde düşük bir ısı yalıtımına sahipken vücut soğuyup kurudukça yalıtım değerinin arttırılabildiği bir kumaştır. Tipik ‘dinamik’ kumaşlar, sadece deri yüzeyindeki sıvıyı absorblamakla kalmaz, aynı zamanda deriyi ve deriye temas eden kumaş katmanını devamlı kuru bırakacak şekilde sıvıyı transfer edebilen bir yapıya, yani yüksek ıslanma yeteneğine sahiptir. ‘Dinamik’ olmayan bir kumaş sisteminde ise, absorblanan sıvı kumaş içerisinde birikir ve sistemin termal direnci kumaş ıslandıktan sonra hep minimumda ve sabit kalır. Termal dirençteki bu düşüş oranı, suyun kumaş yapısındaki yerine ve yerleşimine göre değişir (Brownless ve diğ. 1996; Okur ve diğ. 2008).

Kumaşın ıslanma özellikleriyle ilgili yapılan çalışmalarda genellikle sıvının iplik içerisinde lif yüzeyi/sıvı arasındaki ara yüzey (interfacial) kuvvetlerinin etkisiyle lifler arasındaki boşluklarda hareket ettiği kabul edilmiştir. Bu yüzden, ıslanma oranının lifin yüzey enerjisine ve iplik içerisindeki liflerin birbirlerinden

ayrılma eğilimine bağlı olduğu düşünülmektedir. Fakat gerçekte tekstil materyallerinde lifler arasındaki boşluklar farklılık göstermektedir ve sıvı akış kanalı doğrusal bir yapıya sahip değildir (Yoon ve Buckley 1984; Okur ve diğ. 2008).

Hollies'in (1977) yaptığı bir çalışmada, subjektif giyim denemeleri sırasında deneklerin, giysinin denge rutubetinin % 4 üzerindeki rutubet değerlerinde konforsuzluk hissettikleri belirtilmiştir ki bu rutubet değeri ıslanmayı başlatmak için oldukça düşüktür. Çünkü ıslanma, lifler ve iplikler arasında oluşan kapılar boşlukları dolduracak miktarda sıvı biriktikten sonra başlar. Bu sıvı, kapılar hareketi başlatacak dış basıncın oluşmasını sağlar. Bu kritik sıvı miktarı, liflerin maksimum absorpsiyon kapasitesinden oldukça fazladır. Bu konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalarda (Spencer-Smith, 1977; Goldstein, 1980), bu değer kumaşın kendi ağırlığından kaynaklanan basınç altında % 23-122 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Adler ve Walsh 1984; Okur ve diğ. 2008).

Adler ve Walsh'un (1984) çalışmalarında ise pamuklu, PES ve karışım dokuma ve örme kumaşlar arasındaki sıvı transferinin başlaması için gereken rutubet oranları belirlenmiştir. Ayrıca hidrofilik bitim işleminin PES kumaşın ıslanma davranışı üzerindeki etkileri de incelenmiş ve bu işlemin yüksek rutubet oranlarında ıslanmayı arttırdığı gözlenmiştir. Bu işlemin, kumaş yüzeyine uygulandığı liflerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirmedeği için difüzyon ve absorpsiyon kapasitesi üzerinde çok küçük, ıslanma davranışları üzerinde ise büyük oranda etkili olduğu düşünülmektedir.

2.6 Tekstil Materyallerinde Oluşan Nem Transfer Mekanizmaları

Kullanıcının konforunu sağlamak ve deri nemlilik hissini önlemek için ter vücut yüzeyinden sıvı ve buhar formunda hızlı bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Nemin buhar ve sıvı formunda vücuttan uzaklaştırılması nem yönetimi olarak tanımlanır. Kumaş içinde sıvının hareketi ıslanabilirlik ve kılcallık denilen iki terimle açıklanabilir. Islanma katı hava ara yüzeyinin, katı sıvı ara yüzeyiyle değişimi olarak tanımlanır. Kılcal ıslanma ise gözenekli tekstil yüzeyinde kapılar kuvvetler etkisiyle sıvının kendiliğinden akışı olarak tanımlanmaktadır.

Tekstil malzemesi tarafından emilen su tekstil yapısı içerisinde difüzyonla transfer edilir. En son olarak da transfer edilen su diğer tekstil yüzeyinden dış ortama atılır. Bu mekanizma kullanılan lif tipine ve tekstil yapısına bağlıdır. Emilim yeteneğine sahip lifler yani doğal lifler ve rejenere liflerde su, higroskopik lifler tarafından emilerek lifleri şişirir ve tekstil yapısının dış yüzeyinden buharlaşır. Sentetik liflerden yapılan kumaşlarda ise su, lif ve iplik arasındaki kapılar boşluklar sayesinde dış yüzeye atılır.

Tablo 2.6: Tekstil lifleri üzerine 30 °C’de su buharı adsorpsiyonu sonucunda oluşan kuru-bazlı nem içerik değerleri (Keey 1993; Haghi 2011).

Lif	Mc = 0,2	Mc = 0,5	Mc* = 1
Pamuk	0,0305	0,0565	0,23
Merserizeli Pamuk	0,042	0,0775	0,335
Naylon 6.6	0,0127	0,0287	0,05
Orlon	0,0031	0,0088	0,05
Cupro	0,0515	0,0935	0,36
Poliester	0,0014	0,0037	0,03
Viskoz	0,034	0,062	0,25
Yün	0,062	0,09	0,38

Mc* : Moisture content

2.7 Tekstil Materyallerinde Oluşan Hava Geçirgenliği Mekanizmaları

Hava geçirgenliği, insan vücudundan ortama doğru giden gaz akışını ve ortamdan vücuda doğru gelen temiz hava akışını etkileyen hijyenik bir özelliktir. Kumaşlar için önemli bir teknik özellik olmakla birlikte kumaştaki birçok özelliği de etkilemektedir. Hava geçiren bir malzeme genel olarak buhar veya sıvı fazdaki suyu da geçirmektedir bu nedenle malzemenin su buharı geçirgenliği ve sıvı su iletimi özellikleri hava geçirgenliği özelliği ile yakından ilişkilidir. Bir kumaşın ısı konfor sağlaması açısından ısı iletimi ve ısı tutma özelliklerinin yanında hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve sıvı iletimi özelliklerinin de önemli özellikler olduğu bilinmektedir.

Kumaşın hava, su, su buharı gibi geçirgenlik özellikleri giysi konforu ve fonksiyonel tekstillerde performans özelliklerini etkilediğinden, kullanım yerine göre ürün tasarlanırken dikkate alınması gereken önemli özelliklerdendir. Giysi konforunu

ele alan birçok çalışmada geçirgenlik özellikleri ile ilgili deneysel ve matematiksel çalışmalar yapılarak giysi konforunu etkileyen faktörler araştırılmıştır. Bunun dışında geçirgenlik kavramı birçok fonksiyonel giyside ve tekstilde öne çıkmaktadır. Hava geçirgenliği özelliklerinin önemli olduğu uygulama alanlarından bazıları yelken, paraşüt, hava yastığı, rüzgârdan koruyucu dış giysiler ve spor giysileridir. Sıvı-su buharı geçirgenliği giysi konforu açısından özellikle spor giysiler, özel iş giysileri, askeri kıyafetler, yağmurluklar, dış çevre koşullarına karşı koruyucu giysilerde önemlidir. Bunların yanında geçirgenlik özellikleri kimyasal ve biyolojik koruma giysilerinde; çadır, branda gibi yapılarda; filtrasyonda kullanılan tekstil yapılarında; endüstriyel taşıma bantlarında (örneğin kâğıt üretimi); jeotekstillerde (drenaj fonksiyonunda kullanılan kumaşlar) önemli olmakla birlikte bu özellikler tekstil malzemesinin performansını belirlemektedir.

Hava geçirgenliği (air permeability) kumaşın iki yüzeyi arasından dik geçen hava akış oranıdır. TSE (1996) hava geçirgenliğini ‘deney alanı, basınç düşmesi ve zaman gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönden geçen havanın hızı’ olarak tanımlamıştır. Kumaşın verilen bir alandan dikey yönde geçen hava akışının hızı, belirli bir zaman aralığında, kumaşın deney alanı içerisindeki basınç farkından ölçülür (TSE 1996). Hava geçirgenliği kavramı tekstil endüstrisinde kumaşın karakterini, özellikle de ürünün fonksiyonel performansını açıklarken teknik bir bilgi olarak çok sık kullanılmaktadır.

2.8 Tekstil Materyallerinde Gözeneklilik

Kumaş içinde gerçekleşen akış mekanizması gözeneklerin şekil, boyut, boyut dağılımı, eğrilik (tortuosity) gibi özelliklerinden etkilenen karmaşık bir olaydır. Bu nedenle geçirgenliği tahminlemek amacıyla akışla ilgili modeller kullanılırken öncelikle gözenek özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Hammadde, iplik ve kumaş özellikleri akışkanın içinden geçeceği kumaşın gözeneklerinin üç boyutlu (3D) yapısını, dolayısıyla da kumaşın geçirgenlik özelliklerini belirlemektedir. Ancak gerek karmaşık kumaş yapısından, gerekse deformasyonlardan ve üniform olmayan yapısal özelliklerinden dolayı gözenek özelliklerinin tahminlenmesi zordur. Kumaşın yapısal özellikleri, gözenek özellikleri ve geçirgenlik özellikleri arasındaki

ilişkilerin incelenmesi geçirgenlik probleminin tanımlanması için gereklidir. Kumaşın gözenek özellikleri; gözenek şekli, gözenek boyutu, gözenek boyut dağılımı, gözeneklilik, gözeneğin kıvrımlılığı ya da eğriliği olarak tanımlanabilir (Turan 2012).

Burleigh ve ark. (1949) tarafından akışı belirleyen toplam gözeneklilik “etkin gözeneklilik” olarak adlandırılmış ve etkin gözenekliliğin üç bileşenden oluştuğu belirtilmiştir. Bunlar; lif içi, lifler arası (iplik içi) ve iplikler arası gözenekliliktir. Kumaşın farklı bölgelerinde oluşan tüm gözenek özellikleri incelemek amacıyla bu sınıflandırmayı lif içi, iplik içi ve iplikler arası gözenek özellikleri açısından değerlendirmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Lif içi gözeneklilik genel olarak çalışmalarda ihmal edilerek akıştan sorumlu toplam gözeneklilik iplikler ve lifler arası gözeneklerin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Dokuma ve örme kumaşlarda iplik kesişmeleri sonucu iplikler arasında oluşan boş bölgeler iplikler arası gözenekler olarak adlandırılmaktadır. Bunlar kumaş içindeki diğer gözenek yapılarına göre daha büyük boyutta gözeneklerdir. Bunun dışında dokuma ve örme kumaşlarda iplik içi bölgelerde, dokusuz yüzey kumaşlarda ise kumaşın bütününde lifler arası gözenek bölgeleri bulunmaktadır. İplik içi, lifler arası gözenekler daha küçük boyutta gözeneklerden oluşmaktadır (Turan 2012).

3. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

3.1 Önceki Çalışmalar

Hu ve arkadaşları (2005), nem yönetiminin insanın nem algısını önemli ölçüde etkilemesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. MMT olarak adlandırılan nem yönetimi test cihazı tekstildeki nem yönetim değerlerini elde etmek için geliştirilmiştir. Bu yöntem ile kumaşın bir yüzeyinden diğer yüzeyine nem yayılımı niceliksel olarak ölçülebilmektedir. Yapılan çalışmada 8 spor giyim seti MMT ile test edilmiş olup çıkan sonuçlar sıvı nem yönetim özelliklerinin bu kumaşlar için önemli ölçüde farklı olduğunu göstermiştir. Objektif ölçümlerdeki amaç egzersiz sırasındaki nem hissi ile öznel algıyı karşılaştırmaktır. Kumaşın nem iletim ve nem yönetim kapasiteleri önemli ölçüde artan egzersiz süresi ile nem ve ıslaklık hissi ilişkilidir. Sonuç olarak da terleme gibi öznel bir algının MMT ile objektif bir şekilde ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Hes (2000), kumaşların sıcak/soğuk hissini değerlendirmekte ısı soğurganlık geçerliliği üzerine yaptığı çalışmasında, her biri ayrı lif tipinden, bezayağı örgülü ve benzer kalınlık ve gramaja sahip dokuz ayrı kumaşın Alambeta cihazı ile ölçülen ısı soğurganlık değerlerini, yaklaşık 100 kişinin yaptığı subjektif değerlendirme sonuçları ile karşılaştırmış; sıcak/soğuk hissini subjektif değerlendirmesi ile objektif ısı soğurganlık sonuçları arasında 0,9'luk korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki bulmuştur (Güneşoğlu ve Meriç 2006).

Hes'in (2002) 16 farklı hayvan kürkünün termal direnç, termal iletkenlik ve termal temas hissini incelediği bir diğer çalışmasında, 20 denek kürklerin verdiği sıcak/soğuk hissini 2 saniyelik temas sonrasında subjektif olarak değerlendirmiş, kürklerin ölçülen ısı soğurganlık değeri ile subjektif değerlendirmeler arasında Spearman sıralama katsayısı 0,62 olarak bulunmuştur (Güneşoğlu ve Meriç 2006).

Isıl soğurganlık değeri; kumaş yapısı, kompozisyonu, yüzey özellikleri ve gördüğü kaplama, şardon, zımpara gibi bitim işlemlerinden etkilenmektedir (Hes,

1999). Güneşoğlu ve ark. (2005), astarlı iki iplik örme kumaşların şardonlama sonrasında ısıl soğurganlık değerlerinin daha düşük olduğunu ve farklı lif tiplerinden üretilen astarlı örme kumaşların şardonlama sonrası benzer ısıl soğurganlık değerleri verdiğini göstermiştir (Güneşoğlu ve Meriç 2006).

Geraldes ve ark. (2001), kumaşların ıslak ve kuru hali için bulunan ısıl soğurganlık değerlerinin birbirine oranını kumaşların hidrofobik davranışını değerlendirmek için kullanmışlardır. Oran büyüdükçe, kumaşın hidrofob içeriği artacak ve hidrofob davranışı kuvvetlenecektir (Güneşoğlu ve Meriç 2006).

Zhou ve arkadaşları (2007), farklı içeriklerdeki yün örme kumaşların sıvı nem transfer performanslarını incelemişlerdir. Bu çalışmada 3 tip farklı içerikli (yün içerikli (W1, W2), yün ve poliester içerikli (WP1, WP2) ile yün ve pamuk içerikli (WC1, WC2) olarak adlandırılmıştır) örme kumaş oluşturulmuş olup bunların sıvı nem transfer özellikleri MMT ile incelenmiştir. Çalışma ile kumaş tasarımı ve terbiye işlemi sonucunda farklı sıvı nem transfer özellikleri elde edilmiştir. Sonuç olarak W2 kumaşının üst ve alt yüzeylerindeki ıslanma hızının düşük olduğu bunun sonucunda da düşük sıvı nem transfer özellikleri gösterdiği buna rağmen WC1 kumaşının alt yüzeyinin ıslanma hızının en iyi olduğu bununla birlikte iyi nem yönetim özelliği gösterdiği belirtilmiştir.

Soğukluk ve ıslaklık hislerinin bağlı olduğu faktörlerle ilgili çalışmalarında Bentley (1900) bu hislerin sıcaklık, basınç ve kumaş-deri temas şekline; Nielsen (1990) deri ıslaklığı ve kumaşta biriken sıvı miktarına; Schneider (1991) ve Li (1993, 1995) kumaşın nem içeriği, yüzey özellikleri ve deri sıcaklık düşüşüne; Plante (1995) lif hidrofiliği ve çevre havasının bağıl nemine bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Kumaş soğukluk ve ıslaklık hisleri arasında da bir ilişki bulunabileceği düşünülmektedir (Wang 2002; Okur ve diğ. 2008).

Kumaşın içerisinde biriken sıvının kişinin fizyolojisi, dolayısıyla da konforunu nasıl etkilediğiyle ilgili farklı çevre şartlarında, farklı özelliklerde kumaşlar kullanılarak çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Bentley'e göre (1900), soğuk havada vücudu sarıp basınç uygulayan bir giysi nemin bulunmadığı ortamda bile ıslaklık hissi verebilmektedir. Araştırmacıya göre ıslaklık hissi, kumaş sıcaklığı, kumaş-deri teması sırasında uygulanan basınç ve basınç dağılımı gibi üç

bileşenden oluşan yapay bir algı olabilmektedir. Bu konuda yapılan en eski çalışmalardan birinde ortaya atılan bu iddiaya daha sonraki çalışmalarda rastlanmamaktadır. Daha sonraları Spencer-Smith (1978) ve Scheurell ve arkadaşları (1985) bu iddianın tersine, ‘dinamik yüzey ıslaklığı’ olarak tanımlanan kumaş özelliğinin giyim sırasındaki konfor üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kawabata ve Yoneda (1984, 1983, 1985) kumaşlara dokunulduğunda hissedilen soğukluk-sıcaklık hissini temas sırasındaki maksimum sıcaklık akışının bir fonksiyonu olduğunu belirtmişler ve bu akışı ölçen bir aparat geliştirmişlerdir. Sweeney ve Branson (1990), giysideki nemin konfor üzerindeki etkilerini incelemek için psikofiziksel bir yaklaşım kullanmış ve nem algısının mutlak eşik değerinin $0,024 \text{ ml/cm}^2$, fark eşik değerinin ise $0,039 \text{ ml/cm}^2$ olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ölçülen nem miktarı ile ortaya çıkan nem algısının yoğunluğu arasında da doğrusal ilişki olduğunu belirtmişler, fakat diğer çalışmalardan farklı olarak, deneklerin yalnızca sıcaklıkla ilgili faktörlerin ihmal edilmesi durumunda nemle ilgili uyarılara tepki verdiği dikkat çekmişlerdir. 1990’lı yıllarda bu konuyla ilgili çok sayıda çalışma yapan Li ve arkadaşları (1992, 1993, 1995) doğal ve sentetik liflerin vücutta oluşturdukları ter miktarı ve oluşan teri absorblama özelliklerini incelemişler ve buna bağlı olarak da sentetik ve doğal liflerden üretilmiş giysilerin kişide oluşturduğu soğukluk, sıcaklık ve yapışkanlık hisleriyle ilgili sonuçlar ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar yaptıkları subjektif testler ve bu testler sırasında aldıkları fizyolojik ölçümlerle ‘tamamen kuru’ ve ‘çok ıslak’ arasında değişen bir skala oluşturmuşlar ve kumaş-deri arasındaki ısıl ve nemle ilgili prosesleri kumaş özelliklerini de dikkate alarak matematiksel olarak simüle etmişlerdir. Ayrıca, subjektif soğukluk algısı ve temas sırasındaki maksimum sıcaklık akışı gibi ölçülen kriterlerle psiko-duyusal yoğunluk (PSI) arasındaki ilişkileri karşılaştırmış ve PSI’nın subjektif algıyla ilişkisinin maksimum sıcaklık akışıyla olduğundan daha kuvvetli olduğunu ortaya koymuşlardır (Wong 2002; Okur ve diğ. 2008).

Brownless ve arkadaşları da (1996), kumaşa dokunulduğunda ortaya çıkan ıslaklık ve soğukluk hislerinin liflerin sıvı absorblama özellikleri, kumaşlardaki birleşik ısı ve sıvı transferi, termoreseptörlerin nörofizyolojik mekanizması ve subjektif algılar arasındaki psiko-nörofizyolojik ilişkilerin incelenmesiyle tahminlenebileceğini belirtmişlerdir (Okur ve diğ. 2008).

Konuyla ilgili çalışan diğer bir grubun iddiası da deriyle temas halindeki giysilerde liflerin sıvı alma derecesinin konfor üzerinde bir etkisi olmadığı yönündedir. Rodwell ve arkadaşları (1965), Vokac ve arkadaşları (1976), Umbach (1980), Holmer (1985) ve Harch ve arkadaşları (1990) sentetik lifler ve pamuk lifi gibi hidrofil ve hidrofob yapıdaki liflerden yapılmış giysiler kullanarak yaptıkları giyim denemeleri sırasında kişide meydana gelen fizyolojik değişimler arasında bir fark tespit etmediklerini belirtmişlerdir (Wong 2002; Okur ve diğ. 2008).

Holcombe ve arkadaşlarının (1983) düşük aktivite sırasında vücut yüzeyinden meydana gelen toplam ısı kaybının yaklaşık % 75'inin kuru ısı transferiyle gerçekleştiği kabulüyle yaptıkları çalışmada, farklı materyallerden üretilmiş farklı konstrüksiyonlara sahip iç çamaşırı kumaşlarının kalınlıkları ve termal dirençleri arasındaki ilişki, yıkamanın etkileri de göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Çalışmada kumaşların ısı direnç değerleri iki plaka yöntemiyle belirlenmiştir. Bu yöntemde kumaşın üst kısmında havanın oluşturacağı direncin elimine edilmesi için kapatılan köpük tabakası ile kumaş üzerinde sabit bir basınç da oluşturulmuştur. Düşük sıklığa sahip bu kumaş tipinde termal direncin başlıca kumaş kalınlığı tarafından belirlendiği, lif özellikleri (termal iletkenlik, lif inceliği, paketlenme yoğunluğu) ve konstrüksiyonun daha düşük oranlarda etkili olduğu belirtilmiştir (Okur ve diğ. 2008).

Searle (1990) çalışmasında farklı ham maddelerden elbise şeklinde üretilmiş iç çamaşırlarının termal konfor özelliklerini subjektif giyim denemeleri ile sıcak terleyen levha ve termal manken sistemleri üzerinde yaptığı ölçümler vasıtasıyla incelemiştir. Kumaşların diğer fiziksel özelliklerinin de test edildiği çalışmada ayrıca iç çamaşırlarının farklı giysi gruplarıyla birlikte giyildiği durumlar da ölçülen ısı direnç ve su buharı direnç değerleri ve alınan subjektif görüşler vasıtasıyla incelenmiştir. Çalışmada, ham madde, model ve aktivite seviyesinin termal konfor üzerindeki etkileriyle ilgili sonuçlar ortaya konmuştur (Okur ve diğ. 2008).

Barker'a (2002) göre, duyu konforunun tanımlanmasında kullanılan çok sayıda tanımlayıcı sıfat; yüzey liflerinin sayısı ve temas noktaları, ıslakken yüzeye yapışma özelliği, absorpsiyon yeteneği, eğilme rijitliği, kayma ve çekme kuvvetlerine karşı direnç ve dokunma sonucu ortaya çıkan soğukluk hissi gibi ölçülebilen kumaş mekanik ve yüzey özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu

özellikler genel olarak lif ve iplik özellikleri, kumaş konstrüksiyonu ve uygulanan bitim işlemleri tarafından etkilenmektedir. Yoon ve Buckley (1984) ise, konforu etkileyen çok sayıda fiziksel kumaş parametresinin büyük çoğunluğunun liflerin iplik içerisindeki paketlenmesi, ipliğin ve dolayısıyla da liflerin kumaş içerisindeki yerleşimleriyle ilgili olduğunu belirtmiştir (Okur ve diğ. 2008).

Barker ve Choi (2001), ölçülen kumaş özellikleri ile deri teması sonucu ortaya çıkan algılar arasındaki ilişkileri ısı dirence sahip çalışma giysileri için incelemiştir. Sonuçta, aradaki korelasyonun derecesinin, özellikle yüksek terleme durumunda çevrenin sıcaklık ve bağıl nem değerlerine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak düşük aktivite seviyeleri ve serin ortamlarda, giysinin algılanan sertlik değeri ile eğilme ve kayma rijitliği arasındaki korelasyonun, yüksek aktivite, sıcak ve nemli ortam durumuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve temas nokta sayısı gibi yüzey özellikleri giysinin vücuda batma miktarını etkiler. KES ölçümlerine göre, yüzey pürüzlülük indeksi (SMD) ile giysinin batma özelliği arasındaki korelasyonun giyim denemesinin başında ve yoğun fiziksel aktiviteye başlamadan önceki periyotta maksimum olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kumaşın ıslak yapışma indeksi'nin de yoğun fiziksel aktivite durumlarında, sıcak ve nemli ortamlarda konfor üzerinde etkili bir faktör olduğu gözlenmiştir (Barker, 2002). Wang ve arkadaşları (2003) da benzer bir çalışmada farklı ham maddelerden üretilmiş giysilerde batma hissinin terlemeyle yani kumaşın sıvıyla temasıyla değişimini araştırmışlardır. Uygulanan subjektif giyim denemeleri sonucu, özellikle yünlü kumaşlarda batma hissinin terlemeyle arttığı gözlenmiştir. Çalışmada giyim denemelerine katılacak kişilerin tutarlılık ve hassasiyetlerinin kontrolü için dokunsal özellikleri birbirinden çok farklı iki kumaşla önkol testi uygulanmıştır (Okur ve diğ. 2008).

Frydrych ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada, pamuk ve Tencel'den üretilmiş kumaşların termal yalıtım özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Sonuçta, Tencel iplikten dokunan kumaşın daha düşük ısı iletkenliği ve absorpsiyon değerleri verdiği gözlenmiştir. Bu kumaşların ısı difüzyon ve direnç değerleri ise daha yüksek ölçülmüştür. Her iki ham madde için de, kumaş örgüsünün termal özellikler üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar ısı iletkenliğini; iletilen ısı miktarı, ısının geçtiği alan, transfer süresi, sıcaklık farkı ve kumaş

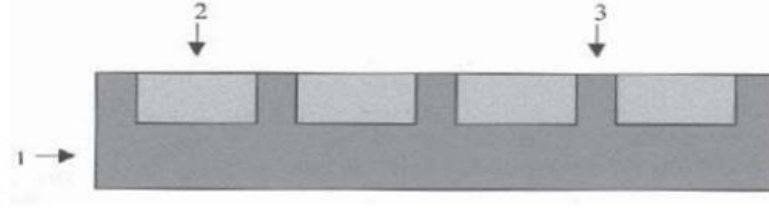
kalınlığına; ısı difüzyonunu ise kumaş yoğunluğu ve özgül ısısına bağılı olarak ifade etmişlerdir (Okur ve diğ. 2008).

Yoon ve Buckley'in yaptığı çalışmada (1984), giysi konforu temel alınarak poliester, pamuk ve poliester/pamuk karışımı kumaşların ısı transfer özellikleri incelenmiştir. Sonuçlara göre hem kumaş konstrüksiyonu hem de kumaşı oluşturan lif özellikleri ısı transferi üzerinde etkilidir. Termal yalıtım, hava geçirgenliği ve su buharı geçirme oranı gibi parametreler, özellikle kalınlık ve gözeneklilik olmak üzere kumaş geometrik parametrelerine bağılıdır. Karışım durumunda da, poliester ve pamuk liflerinin iplik içerisindeki yerleşimlerine bağılı olarak iplik paketlenme yoğunluğu, buna bağılı olarak da kumaş geometrisi etkilenir. Lif materyallerinin kimyasal veya fiziksel özelliklerinin bu parametreler üzerindeki etkileri oldukça azdır. Bu yüzden 'nefes alabilir' yapıların sadece pamukla özdeşleştirilmesi, buhar halindeki suyun geçirgenliği söz konusu olduğunda, doğru değildir (Okur ve diğ. 2008).

Kawabata vd. (1985), iç çamaşırlık kumaşların kalitesinin, onların konfor özellikleri ile yakından ilgisi olduğunu belirtmiştir. İdeal bir iç çamaşırının, vücuttan çıkan sıvıyı hızla emmesi, yine hızlı bir şekilde dış katmanlara iletmesi gerektiği, bunun için de lifin ısı iletkenliğinin ve su buharı geçirgenliğinin yüksek, hidrofıl özelliğe sahip olması gerektiği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Öner ve Okur 2010).

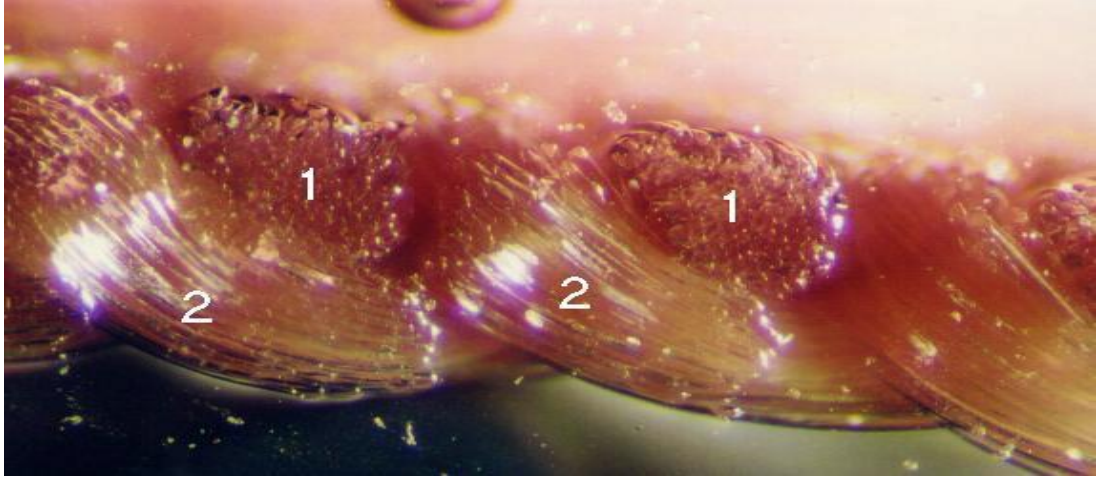
Hes (2002), nem ve ısı transferini kontrol etmek için, fonksiyonel örgüler geliştirmiştir. Geliştirilen çift katlı örgü yapısının, birinci katmanı deri ile temas ederek transferi sağlayacak hidrofob karakterli PP lifi ve ikinci katmanı nem emme yeteneği yüksek, hidrofıl karakterli pamuk lifidir (Öner ve Okur 2010).

Ayrıca sisteme pamuktan oluşan emme kanalları eklenmiştir. Geliştirilen örgü yapısı Şekil 3.1'de gösterilmiştir (Öner ve Okur 2010).



Şekil 3.1: Hes ve diğ. geliştirdiği örgü yapısı (Hes 2002, Öner ve Okur 2010).

Bu örgü yapısının mikroskop altındaki kesit görünümü ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu şekilde liflerin yerleşimini daha iyi anlamak mümkündür. Şekillerde “1” ile gösterilen ayırıcı tabakalar, “2” ile gösterilen absorpsiyon tabakalarıdır (Hes 2002; Öner ve Okur 2010).



Şekil 3.2: Örgü yapısının mikroskop altındaki kesit görünüşü (Hes 2002).

Endrusick vd. (2004) çalışmasında Amerikan Ordusunun kimyasal ve biyolojik koruyucu kıyafetlerindeki konfor özelliklerinin yıllar içerisindeki gelişimini incelemiştir. Geline son noktada bu kıyafetlerde iletken, çok ince, seçici geçirgen membranların kullanılmasıyla, çok daha hafif, yüksek nefes alabilir koruyucu yapılar geliştirdiği ve artık kimyasal ve biyolojik koruyucu giysilerin daha geniş çeşitlilikteki öldürücü gaz, buhar ve asitlere karşı koruma sağlarken daha yüksek bir termal konfor potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Okur ve Öner 2010).

Uçar ve Yılmaz (2004) çalışmalarında çeşitli ribana örgüler deve sıklıklarındaki örme kumaşların termal özelliklerini incelemiştir. Ribana örgü düzeni ve kumaş yoğunluğu, hava geçirgenliği gibi diğer kumaş özelliklerinin termal davranışa etkisi araştırılmıştır. Bunun için düz örme makinasında Ne 8 (örme makinasına üçlü besleme olduğu için Ne 2,77), 374 tur/m Z büküme sahip akrilik iplikleri ile 1x1,

2x2,3x3 ribana örgü kumaşlar örülmüştür. Kumaş yoğunluğu ve hava geçirgenliğinin etkisinin görülebilmesi için değişik sıklıkta (gevşek-orta-sıkı) kumaşlar örülmüştür. Çalışmada, ribana sayısının sırasıyla 3x3, 2x2, 1x1 olarak azalmasıyla ilmekler arasında hapsolan hava miktarının artmasına bağlı olarak ısı kaybının azaldığı belirtilmiştir. Kumaş yapısının sıkılaştıkça hava geçirgenliğinin azaldığı görülmüştür. Soğuk iklim koşullarında 1x1 ribana sıkı yapıdaki örme kumaşların kullanılmasının daha iyi yalıtım sağlayacağı belirtilmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonuçlarının hava dolaşımı ile gerçekleşen konveksiyon ısı kaybının liflerden ve kumaş tarafından tutulan hava miktarından etkilenen kondaktif ısı kaybından daha önemli belirtmektedirler (Öner ve Okur 2010).

Marmaralı ve diğerlerinin(2006), yaptıkları çalışmada farklı malzemeler den üretilen değişik özelliklerdeki ipliklerden, değişik örgü yapılarında ve farklı sıklıklarda örülen kumaşların termal konfor özellikleri ölçülmüştür. Çalışmada % 100 yün, pamuk ve akrilik örme kumaşların yanı sıra farklı karışım oranlarındaki pamuk/poliester ve yün/PAC örme kumaşlarda incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, farklı ham maddelerden örülen kumaşlarda pamuk en yüksek ısı iletkenliğe sahiptir ve bunu akrilik ve yün lifleri izlemektedir. Hem pamuk, hem de poliester malzemeler için, iplik inceldikçe kumaşların ısı iletkenlik değerleri de azalmaktadır. Hem pamuk, hem de poliester iplikler için, süprem kumaşların ısı iletkenliğinin en düşük değerinde olduğu, bunu sırasıyla 1x1 ribana ve interlok kumaşların izlediği görülmektedir. Pamuk ve poliester ipliklerden örülen süprem kumaşlar en yüksek bağıl su buharı geçirgenliği değerine sahip olup bunu 1x1 ribana ve interlok kumaşlar izlemektedir. Örgü sıklığı azalıp kumaş seyrekleştikçe bağıl su buharı geçirgenliği değerinde genellikle bir artış olduğu görülmektedir (Öner ve Okur 2010).

Güney ve Üçgül (2010) yaptıkları çalışmada farklı materyallerden ve tabakalardan oluşmuş membranların termal yalıtım özelliklerini Alambeta cihazında test etmiş ve sonuçları grafiksel olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu membranların koruyucu giysi içinde konforu nasıl etkileyebileceği tartışılmıştır. Materyal olarak dış kısmı su geçirmez materyalden yapılmış ve iç kısmının üst tarafı % 100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü % 100 poliamid, diğer yüzü % 100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşan bir ceket; dış kısmı su geçirmez

materyalden yapılmış ve iç kısmının üst tarafı % 100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü % 100 poliester, diğer yüzü % 100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşan bir ceket; dış kısmı yine su geçirmez materyalden yapılmış ve iç kısmı tamamıyla gözenekli bir kumaş yapısı olan % 100 pamuktan yapılmış bir ceket; dış ön yüzü % 100 poliester, arka yüzü ise % 100 poliüretandan yapılmış bir membrandan ve iç kısmı ise polardan ve arasına yerleştirilmiş bir dokusuz yüzeyden oluşan bir ceket olmak üzere 3 farklı tipte ceket kullanılmıştır (Öner ve Okur 2010).

Bu çalışmada en yüksek termal yalıtım özelliklerini dış materyali % 100 PES/% 100 PU olan termoaktif ceket göstermiştir. En düşük termal yalıtım özelliklerine sahip olan giysi ise % 100 PA/% 100 PU ceket olmuştur. Sonuç olarak, koruyucu giysi tasarımında kullanılmaya başlanılan su buharı geçiren fakat suyu geçirmeyen nefes alabilir, mikro gözenekli ya da hidrofilik membranların ısı ve kütle transferine izin vererek, giysi içinde konforun artırılmasında etkili olabileceği belirtilmiştir (Öner ve Okur 2010).

Sybilska ve Korycki (2010) çalışmalarında, giysi materyallerinin yarı geçirgen membranlarla kaplanarak ter akışının neden olduğu ısı kaybına karşı koruyucu ürünleri analiz etmiştir. Çalışmada çok katlı yapıların ısı ve su buharı transferinin matematiksel ve fiziksel modeli incelenmiştir (Öner ve Okur 2010).

Farklı kat sayıları için, materyal parametrelerinin, membranın kalınlığının ve ham madde kompozisyonunun iyi belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Termal konforun sağlanması ve giysi tasarımından beklentilerin karşılanması için termal direnç ve su buharı geçirgenliğinin önemli olduğu ifade edilmiştir (Öner ve Okur 2010).

Troynikov ve Wardiningsih (2011), spor giyimde yün/poliester ve yün/bambu karışımı örme kumaşların nem yönetim özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan kumaşlar süprem olup nem yönetim özellikleri MMT ile ölçülmüştür. Yün/poliester ve yün/bambu içerikli kumaşların % 100 yün ya da % 100 bambu kumaşlarla karşılaştırıldığında nem yönetim özelliklerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışılan dokuz kumaştan beşinin spor giyimde nem yönetimi için tercih edilebileceği belirtilmiştir.

Onofrei ve arkadaşları (2011), Coolmax® ve Outlast® ipliklerden elde edilen örme kumaş yapılarındaki termal konfor ve nem yönetim özelliklerini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar göstermiştir ki termal özellikler, difüzyon yeteneği, hava ve su geçirgenliği gibi bazı özellikler ham madde ve örme yapısından etkilenmektedir. Outlast® kumaşlar, tüketiciler tarafından düşük ısıl direnç, yüksek ısıl iletkenlik ve emicilik ile hava ve su buharı geçirgenliği özelliklerinden dolayı sıcak iklim şartlarında yapılan sporlar için tercih edilmektedir. Soğuk hava şartlarında yapılan sporlar için ise en iyi seçimin Coolmax® içerikli yapılar olduğu belirtilmiştir.

Wardinarsih ve Troynikov (2011), bambu ipliklerden üretilen süprem kumaşların nem yönetim özelliklerini incelemişlerdir. Bu deney ile % 100 bambu ipliklerden üretilen 13 farklı süprem kumaşın üst ve alt yüzeylerin ıslanma süreleri, emilim oranları, maksimum ıslak daire yarıçapları, ıslanma hızları, kümülatif tek yönlü taşıma endeksi ile sıvı yönetim performanslarını incelenmiştir. Sonuç olarak kumaşların örtme özelliği arttıkça ıslanma sürelerinin arttığını, maksimum ıslak daire yarıçaplarının azaldığını, emilim oranlarının azaldığını, ıslanma hızlarının azaldığını ve son olarak da nem yönetim kapasitelerinin azaldığını görmüşlerdir.

Bedek ve arkadaşları (2011), örme kumaşlardaki termal ve nem yönetim özellikleri değerlerini sıcak şartlar altında fizyolojik bir model ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma ile termal konforun fiziksel özelliklerinin deneysel sonuçları incelenmiştir. Kalınlık, kısmi gözeneklilik, hava geçirgenliği, nemin yeniden kazanımı, termal iletkenlik, kuruma süresi ve su buharı geçirgenlik oranı; termal ve buhar direnci, geçirgenlik indeksi ve nem yönetim yeteneği ile iç giyim kumaşlarının konfor performanslarını belirlemek için ilişkilendirilmiştir. İç giyimde kullanılan lifi içeriği, kumaş yapısı ve kumaş ağırlıkları 6 farklı kumaş yapısının, nem yönetim özelliklerini inceledikleri çalışmalarında hidrofobik liflerden yapılan (poliester) kumaşların düşük kümülatif tek yönlü transfer indeksi ve orta genel nem yönetimi özelliği, ıslanma zamanlarının yüksek, daha büyük çapta ve hızlı yayılım gösterdiklerini, hidrofilik (pamuk) liflerden yapılan kumaşların ise orta kümülatif tek yönlü transfer ve genel nem yönetimi özelliği gösterdiklerini belirtmişlerdir. Pamuklu kumaşların poliesterden daha düşük nem yönetim özelliği gösterdiği ve bu kumaşların hızlı emilim yapan yavaş kuruyan kumaşlar olarak isimlendirilebileceği

belirtilmiştir. Ayrıca, Caseto® tarafından öngörülen termal duyular, sıcaklık ve cilt ıslaklığı için üç farklı aktivite düzeyinde yazılım araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki geçici durumda elde edilen data verileri termal iletkenlik, nem tutuculuğu ve cilt ıslaklığı için kuruma zamanı ile ilişkilendirilmiştir. Bu da seçili aktivite düzeyine göre kumaşların kullanım alanlarını belirlemek için potansiyel bilgi sağlamıştır.

Süpüren ve arkadaşları (2011), çift katlı örme kumaşların nem yönetimi ve ısı soğurganlık özellikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ön ve arka yüz için seçilen iplikler sırası ile pamuk-pamuk, pamuk-polipropilen, polipropilen-pamuk ve polipropilen-polipropilendir. Nem yönetim özellikleri ile ısı soğurganlık değerlerindeki değişiklikler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bütün ölçümler kuru ve ıslak koşullarda yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, iç kısmı polipropilen dış kısmı da pamuk olan kumaş en iyi nem yönetim özelliğine sahip olup yüksek konfor sağlamaktadır. Ayrıca bu kumaş, yaz mevsiminde aktif ve spor giyim için de tercih edilebilir.

Davis (1958) çalışmasında farklı özelliklere sahip yün ve sentetik lifli dokusuz yüzey kumaşların hava geçirgenliği özelliklerini incelemiştir. Çalışmada belirli bir kalınlıkta farklı yoğunluk gruplarının hava geçirgenliğine etkisi incelendiğinde kalınlık arttıkça hava geçirgenliğinin yoğunluktaki birim değişiminin azaldığı gözlenmiştir (Turan 2012).

Goodings (1964) çalışmasında bir grup kumaş örneğini test ederek hava akışının yaklaşık olarak Poiseuille eşitliği ile açıklanacağını belirtmiş, kumaştaki gözenegin çapını kumaşın iki yüzeyi arasındaki hava basınç farklılığı ölçümlerinden bularak hava akışını basınç değişiminin bir fonksiyonu olarak çözümlenmiştir. Test edilen kumaşlar içinde paraşüt kumaşı da olmak üzere farklı örgü yapılarında ve sıklıklarda kumaşlardır. Çalışmalarda kumaş içinden geçen hava akışını tanımlamak için Poiseuille eşitliğinden türetilmiş kinetik enerji değişimi ile tüpün içinden aerodinamik sıvı akışını tanımlayan Hagenbach eşitliği kullanılmıştır. İpliklerin kesişmesiyle kumaşta birbiri ardınca sıralanan iplikler arası boş alanların şekli ve boyutunun, ipliklerin sıklığı ve ipliğin paketlenme derecesine göre farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Farklı kumaş yapılarının hava geçirgenliği sonuçları arasındaki farkın, kumaşın bariyer etkisiyle oluşan enerji kayıplarından olduğu düşünülmüştür. Bu durum katlı kumaşlar için incelendiğinde, katmanlar arasında

geçiş gerçekleşirken havanın bir diğer katmana çarpmasıyla kinetik enerjinin kaybolduğu, bu nedenle çok katlı bir kumaşın geçirgenliğinin benzer gözenek yapısına sahip daha kalın yapıda bir kumaşa benzer olarak düşünülmemeyeceği sonucuna varılmıştır (Turan 2012).

Mavruz ve Ogulata (2009) çalışmalarında % 100 pamuklu düz örme, ribana ve interlok örme kumaşların hava geçirgenliği değerleri ve bu değerlere etki ettiği düşünülen faktörlerin tespit edilmesiyle, hava geçirgenliği değerlerinin bilinen fiziksel özelliklerden tahmin edilmesini sağlayacak eşitlikler elde etmişlerdir. Deneylede kullanılan kumaşlar üç farklı iplik numarası (Ne 30, Ne 40 ve Ne 50), üç farklı örgü ve üç farklı sıklık kombinasyonundan üretilmiş 27 adet örme kumaştır. Çalışmada gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonucunda iplik numarası ve ilmek iplik uzunluğu değerlerinin artmasıyla hava geçirgenliği değeri artarken, kumaş kalınlığı ve ilmek sıklığı değerlerinin artmasıyla hava geçirgenliği değerinin azaldığı gözlenmiştir. Örgü yapıları arasındaki fark incelendiğinde daha ince yapıdaki düz örme kumaşların en yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu, bunu daha kalın olan ribana ve interlok kumaşların izlediği bulunmuştur. İplik kalınlığı, ilmek iplik uzunluğu, kumaş kalınlığı ve sıklık parametreleri gözenek yapısını belirlediğinden bu özelliklerin değişimi hava geçişini etkilemektedir. Mavruz ve Ogulata (2010) bir diğer çalışmalarında düz örme kumaşların kuru ve yaş relaksasyon sonrası kumaş parametrelerini (ilemek yoğunluğu, birim uzunluktaki sıra ve çubuk sayısı, sertlik faktörü) belirleyerek bunların hava geçirgenliği sonuçları ile ilişkilerini istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Yaş relaksasyondan sonra kumaşların sıklığının, ağırlığının ve kalınlığının arttığı fakat hava geçirgenliğinin azaldığı gözlenmiştir. Yaş relaksasyon sırasında kumaş mekanik ve ısı enerjisi yardımı ile minimum enerji seviyesine ulaşmakta ve tüm bu faktörler kumaşın kalınlığının, ağırlığının, cm'deki sıra ve çubuk sayısının artmasına neden olmaktadır. Relaksasyon sonucunda kumaş kalınlığında ve ağırlığındaki artış havanın geçeceği gözeneklerde azalmaya neden olduğundan geçirgenlik azalmaktadır. Genel olarak yıkanmış kumaş parametreleri ile olan korelasyonlar daha yüksek gözlenmiş, en yüksek korelasyon ise kumaş kalınlığı ve hava geçirgenliği arasında bulunmuştur. Ogulata ve Mezarcioz (2011) ayrıca hava geçirgenliğini etkileyen iplik ve kumaş özelliklerini optimize etmek amacıyla Taguchi deney tasarımı yöntemine göre belirlenmiş dokuz kumaşı üretmiş ve test etmişlerdir. Sonuç olarak ANOVA varyans

analizi yöntemi de kullanılarak en yüksek hava geçirgenliğini sağlayan kumaş konfigürasyonu belirlenmiştir (Turan 2012).

Ogulata ve Mavruz (2010) düz örme kumaşların gözenekliliğini kumaşın iplik numarası, kumaş kalınlığı, ilmek genişliği ve yüksekliği, ilmek iplik uzunluğu, iplik ve lif yoğunluğu parametreleri ile geometrik olarak belirlenmesini ve bu model kullanılarak Darcy akış eşitlikleriyle hava geçirgenliğinin tahminlenmesini amaçlamışlardır. Teorik ve deneysel hava geçirgenliği sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla iki farklı iplik üretim sistemiyle (ring ve kompakt) üçer farklı numarada üretilmiş ipliklerden üçer farklı sıklık değerinde 18 adet pamuklu düz örme kumaş üretilmiştir. İplik görüntüleri incelendiğinde iplik numarası (kalınlığı) azaldığında tüylülüğün de genelde azaldığı gözlenmiştir. Kumaş görüntülerinde ise ince ring ve kompakt ipliklerle üretilmiş kumaşlarda gözeneklerdeki deformasyonlardan dolayı özellikle seyrek kumaşlarda yüksek derecede düzgünsüzlük gözlenmiştir. Kompakt ipliklerle örülmüş kumaşlar bu ipliğin yapısından dolayı daha düz, az tüylüdür ve bu ipliklerle üretilmiş kumaşlar yüksek hava geçirgenliği göstermişlerdir. Ancak, kompakt ve ring iplikler arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Teorik hesaplamaları kolaylaştırmak için ilmek ideal ipliklerden oluşmuş yapı olarak kabul edilmiştir, fakat kumaş boyunca gözenek boyut dağılımı çok değişkendir. Çalışmada ipliğin katı bir malzeme gibi olmamasından dolayı kumaşın gözenekliliğini gözenek boyutundan tahminlemenin zor olduğu vurgulanmış ve teorik akış sonuçlarında gerçeğe daha yakın değerler elde etmek için geometrik modelden hesaplanan gözenek çapı değeri % 15 arttırılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada geçirgenlik ve gözeneklilik arasındaki ilişkinin önemli olduğu gözlenmiştir. Bir önceki çalışmaya paralel olarak gözenek boyutunun da geometrik modelde kullanılan iplik kalınlığı, ilmek iplik uzunluğu, sıklık gibi kumaş parametreleriyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Turan 2012).

Örme kumaşların geçirgenlik özellikleri de dokuma kumaşlar gibi lif, iplik ve kumaş parametreleriyle belirlenen karmaşık bir mekanizmadır. Karagüzel (2004) örme kumaşta iplikler arası gözenek boyutu ve hacmini çubuk ve sıra sayısı, iplik boyutu, ilmek yoğunluğu, kalınlık gibi kumaş parametrelerinden tahminlemek için ilmeğin birim hücre geometrisine dayanan bir model geliştirmiştir. Model geliştirilirken ilmeklerin eliptik enine kesite sahip, sabit çaplı, deformasyonların

ihmal edildiği ideal ipliklerden oluştuğu kabul edilmiş, iplik içi gözenekler ihmal edilmiştir. Gözenek çapı, ilmek parametreleri ve kumaşın toplam hacmi arasındaki ilişki hesaplanmıştır. Çalışmada aynı iplik numarasına sahip farklı sıra sayılarında yapılmış sekiz örme kumaşın gözenekliliği ve gözeneklerin hava geçirgenliği ve emme davranışlarına etkileri incelenmiştir. Gözenek hacmi, boyutu ve dağılımı gözeneklilik modeli, görüntü analizi yöntemi ve kapiller akış teorisine göre çalışan sıvı çıkarma sistemi (Capillary Flow Porometer) kullanarak belirlenmiştir. Çalışmada sıra sayısı ve yıkamanın ilmek yoğunluğu, ilmek iplik uzunluğu, kumaş kalınlığı ve gözenek boyutundaki etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yıkama ile gözenekler küçülmekte, hava geçirgenliği ve termal direnç azalmakta ve kumaş sertleşmektedir. Gözenek boyutu sıra yoğunluğu arttıkça ve yıkamayla ilmek yoğunluğu arttıkça azalmaktadır. Yıkanmış kumaşların emme davranışı incelendiğinde; sıra yoğunluğunun artmasıyla gözenek azalmakta ve emme miktarı azalmaktadır. Sonuçlar gözenek boyutu ve yıkama işleminin emme özelliği, termal yalıtım ve duyuşal özellikler gibi konforla ilgili parametreleri etkilediğini göstermektedir (Karagüzel 2004, Kılınç ve ark. 2005, Turan 2012).

Öner ve Okur (2013), farklı örme kumaş yapılarının nem transferi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada kumaşlar, üç farklı gerginlik seviyesinde (sıkı, orta ve gevşek) düz, askılı ve atlamalı dikiş kombinasyonları ile penye ring pamuk ipliğinden üretilmiştir. Çalışmanın amacı kumaş yapısının sıvı emilimi, transferi ve geçirgenlik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesidir ki bunlar giysi konforunun önemli parametrelerindendir. Üretilen kumaşların hava geçirgenliği, emme kabiliyeti ve nem yönetimi ölçümleri yapılmıştır. 60 dakikalık ölçümlerde kumaş gerginliğinin artırılarak hava geçirgenliğinin azaldığı ve emme kabiliyetinin arttığı gözlemlenmiştir. Kumaş gerginliğinin farklı örme kumaş yapılarında farklı nem yönetim özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Atlamalı dikişlerin düz, askılı ve atlamalı dikiş kombinasyonları içerisinde yüksek emme kabiliyeti ve nem yönetim özellikleri gösterdiği görülmüştür.

Öner ve arkadaşları (2013), örme kumaşların nem yönetim özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ham maddenin, örgü tipinin ve gevşekliğin sıvı emilimi ve iletimindeki etkilerini belirlemek için ki bu etkiler giysi konforunda önemli bir yere sahiptir, pamuk, viskoz ve poliester ipliklerden süprem,

1×1 ribana ve tek pike şeklindeki örme yapılarında, üç farklı tip gerginlikte (sıkı, orta ve gevşek) kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların çok boyutlu sıvı transferlerinin incelenmesi için MMT kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, poliester kumaşların selüloz bazlı kumaşlardan daha yüksek OMMC değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Gerginlik konusunda ise genel olarak gerginlik arttıkça sıvı transferi azalmıştır. Bu çalışmada incelenen örme yapılarının ise ham madde ve gerginlik kadar önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Baltusnikaite ve arkadaşları (2014), iç giyimin alt tabakalarında farklı oranlardaki lif karışımı örme kumaşların sıvı nem yönetim özelliklerini incelemişlerdir. İki grup kumaş düz ve ipliği boyalı süprem olarak örülmüş olup onların nem yönetim özellikleri nem yönetim test cihazı kullanılarak test edilmiştir. Örme kumaşlarda kullanılan havlı ipliğin nem yönetim özellikleri de geliştirilmiştir. Sonuç olarak çalışılan on kumaştan üçünün iç giyimin alt tabakalarında kullanımının uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Yüksel ve Okur (2011), farklı materyallere ve fiziksel özelliklere sahip dokuma ve örme kumaşları kullandıkları çalışmalarında, kumaşların kişilerde oluşturduğu sıcaklık ve ıslaklık algılarının belirlenebilmesi amacı ile subjektif önkol testi ve sıvı nem iletim özelliklerini belirleyen MMT'de kumaşların birçok farklı indeksinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. MMT ve önkol testi sonucunda elde edilen subjektif ıslaklık değerlendirmeleri arasında anlamlı ilişkiler olduğunu görmüşlerdir (Taştan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015).

Troynikov ve Wardiningsih (2011), spor giyimde iç giysi olarak kullanılan yün kumaşlarla, yün poliester karışımı kumaşları karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak yünle birlikte poliester kullanımının MMT'de ölçülen üst yüzey özelliklerinde iyileşmeye sebep olduğunu gözlemlenmişlerdir (Taştan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015).

Jhanji ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmada çeşitli lifler ile elde edilen örme kumaşların nem yönetim özelliklerini incelemişlerdir. Giysi tasarımlarının insana sağladığı termofizyolojik konfor, kıyafetlerin ısı ve nem transfer özelliklerinden etkilenmektedir. Bu çalışmada, katlanmış kumaşların üst ve alt yüzeylerindeki hidrofil ve hidrofob lifler değiştirilmiş, farklı çeşitlerdeki hidrofob

lifler üst yüzeye getirilerek bunların nem yönetim özellikleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, üst yüzeyi hidrofobik lifli (polipropilen, poliester) olan örme kumaşların nem yönetim özelliklerinden kümülatif tek yönlü taşıma endeksinin ve alt ıslanma hızının yüksek değerlerde olduğunu göstermiştir. Polipropilen içerikli kumaşların üst yüzey için kullanılması daha uygun olurken, poliester içerikli kumaşların her iki yüzey içinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Üst yüzeyi naylon olan örme kumaş, düşük sıvı transfer özelliklerinden dolayı su penetrasyon kumaşı olarak sınıflandırılmıştır. Üst yüzeyi pamuk olan örme kumaşların alt yüzeyinin hidrofobik karakterde olmasına bakılmaksızın düşük nem yönetim özellikleri gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı ile iki değişkenli korelasyon ilişkisini çalışmalarında kurgulamıştır. İndeksler arasında özellikle kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (OWTC) ile toplam nem yönetim kapasitesi (OMMC) arasında pozitif ve lineer bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Kullanılan Materyal

Bu çalışmada farklı örme konstrüksiyonlarına % 50 Cupro - % 50 Supima Pamuk'dan elde edilmiş kumaşların konfor özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan test kumaşları temin edilmiştir. Kumaşların ham madde özellikleri, örme yapıları incelenmiş ve bu çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.













Test kumaşlarının içeriği: % 50 Cupro - % 50 Supima Pamuk'tur. Supima, ABD'nin batı ve güneybatı bölgelerinde yetiştirilen % 100 ekstra uzun lifli bir pamuktur. Gelişmiş lif karakteristiği ile daha uzun ve mukavemetli ipliklerin üretilmesini sağlar ve bu iplikler ile daha yumuşak, ipeksi ve dayanıklı tekstil ve giyim ürünleri üretilmektedir (Url 4 2015). Tablo 4.1'de çalışmada kullanılan örme kumaşların tipleri ve yapısal parametreleri detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Örme kumaş tipleri ve yapısal parametreleri.

Kumaş Kodu	Ham Madde	İplik Numaraları	Örgü Tipleri	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	İlmek Sırası sıra/cm	İlmek Çubuğu çubuk/cm
1	% 50 Cupro - % 50 Supima Pamuk	Ne 40/1	Süprem	131,2	0,62	15,0	23,3
2			Ribana	170,1	0,74	12,0	19,0
3			İnterlok	213,7	0,86	12,6	22,0
4		Ne 56/1	Süprem	115,9	0,60	18,6	21,6
5			Ribana	111,2	0,54	12,3	18,3
6			İnterlok	160,1	0,95	14,3	19,6

Tablo 4.2'de ise numune kumaş yapılarının teknik ön ve arka yüzleri gösterilmiştir. Resimler Leica EZ4 D marka mikroskop ile çekilmiştir.

Tablo 4.2: Örne kumaş yapılarının teknik ön ve arka yüzlerinin gösterilmesi.

Kumaş Kodu	İplik Numaraları	Örgü Yapıları	Teknik Ön Yüz	Teknik Arka Yüz
1	Ne 40/1	Süprem		
2	Ne 40/1	Ribana		
3	Ne 40/1	İnterlok		
4	Ne 56/1	Süprem		
5	Ne 56/1	Ribana		
6	Ne 56/1	İnterlok		

4.2 Ölçüm Yöntemleri

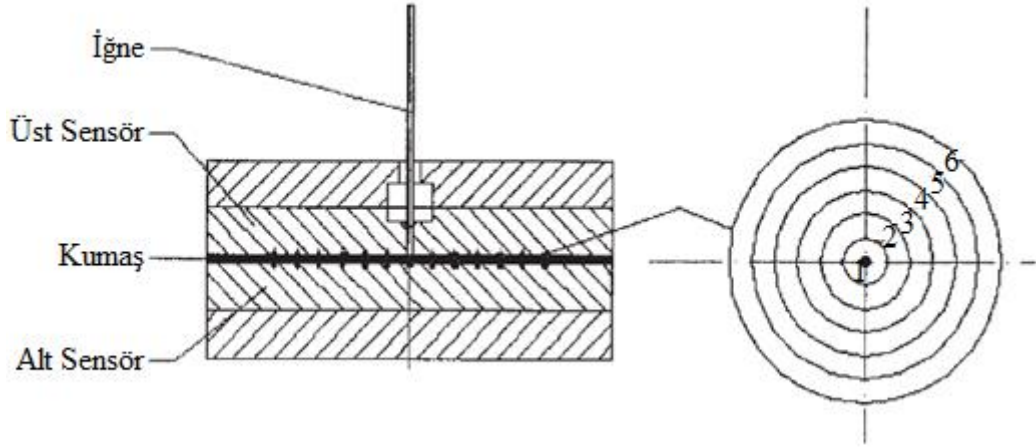
Numune kumaşlarının nem yönetim özelliklerinin belirlenmesi için ölçümler, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında yapılmıştır.

Numune kumaşları, laboratuvarında ($21\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ - % 65 ± 2 nisbi nem oranında) $8\times 8\pm 0,1\text{ cm}^2$ ölçülerinde 5 adet kesilerek kondisyonlu odada en az 24 saat bekletilmiştir. 24 saatin ardından MMT’de kumaşların nem yönetim ölçümüne başlanmıştır.

Numunelerin nem yönetim özelliklerinin belirlenmesinde SDL ATLAS marka Nem Yönetimi Test Cihazı (MMT) kullanılmıştır. Nem yönetimi test cihazı (MMT), dokuma ve örme kumaş yapıları gibi tekstil ürünlerinin sıvı nem yönetimi özelliklerini dinamik olarak ölçen bir test cihazıdır. MMT deriden giysinin dış yüzeyine çoklu yönde nem iletim özelliklerini ölçmek ve kaydetmek için dizayn edilmiştir. Şekil 4.1’de nem yönetim test cihazının önden görüntüsü, Şekil 4.2’de ise MMT’nin sensör yapısı detaylı bir şekilde gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.1: MMT’nin önden görüntüsü (MMT kullanım kılavuzu 2005).



Şekil 4.2: MMT'nin sensör yapısı (MMT kullanım kılavuzu 2005).

Cihazda üst yüzey, giysi giyildiğinde insan vücudunun derisine yakın olan kısmı; alt yüzey ise dış çevreye yakın olan kısmı simüle etmektedir. MMT'de kumaşların ıslanma süresi(üst-alt), emilim oranı (üst-alt), maksimum ıslak daire yarıçapı (üst-alt), ıslanma hızı (üst-alt), kümülatif tek yönlü taşıma indeksi ve genel sıvı yönetim performansı ölçülmektedir. İndekslerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

1. Islanma Süresi: WT_T (üst yüzey) ve WT_B (alt yüzey) kumaşın alt ve üst yüzeylerinin test başladıktan sonra sırayla ıslanmaya başlama süreleridir ve saniye cinsinden tanımlanır.

2. Emilim oranı: TAR (üst yüzey) ve BAR (alt yüzey) olarak ifade edilir. TAR ve BAR sırayla kumaşın üst ve alt yüzeylerinin sıvının pompalanma süresi içinde % olarak ortalama emilim kabiliyetidir.

3. Maksimum Islak Daire Çapı: $MWR_{üst}$ ve MWR_{alt} (mm cinsinden), kumaşın üst ve alt yüzeyinde oluşan ıslanmanın çapını ifade eder.

4. Islanma Hızı : (SS_T ve SS_B) Yayılma hızı merkezden maksimum çapa sahip ıslanma halkasına kümülatif yayılma hızı (mm/s) olarak tanımlanır. Halkanın ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$) t_i süresinde ıslandığını varsayılırsa $i-1$ halkasından i . halkasına sıvı nem yayılma hızı (S_i) eşitlik 4.1'deki gibi hesaplanır:

$$S_i = \frac{\Delta R_i}{\Delta t_i} = \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (4.1)$$

Burada R sayısı halkanın çevresidir. Daha sonra kümülatif yayılma hızı (SS) eşitlik 4.2'deki gibi hesaplanır:

$$SS = \sum_{i=1}^N S_i = \sum_{i=1}^N \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (4.2)$$

Burada N sayısı maksimum ıslak halka sayısıdır.

5. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (AOTI): Kumaşın iki yüzünde oluşan üst ve alt maksimum ıslak çap alanlarının farkının, test süresine bölünmesiyle hesaplanır. R sayısı kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkıdır. Eşitlik 4.3'teki gibi hesaplanır:

$$R = \frac{\text{Alan} (U_{\text{alt}} - U_{\text{üst}})}{\text{Toplam Test Süresi}} \quad (4.3)$$

6. Toplam Nem Yönetim Kapasitesi: OMMC sıvı nemin kumaştaki toplam aktarım kapasitesini tayin eden bir indekstir. Bir kumaşın OMMC değerinin belirlenmesinde aşağıda belirtilen değerler göz önüne alınır.

* Alt yüzey nem emilim oranı: BAR

*Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi: R

* Alt ıslanma hızı: SS_b

Toplam Nem Yönetimi Kapasitesi eşitlik 4.4'deki gibi hesaplanır:

$$OMMC = C_1 \cdot \text{BAR} + C_2 \cdot R + C_3 \cdot SS_b \quad (4.4)$$

Burada alt yüzey emilim oranını (BAR), tek yönlü sıvı aktarım kapasitesini (R) ve alt yüzey yayılma hızını (SS_b) ifade eder. Ayrıca sabit katsayıların değerleri $C_1=0,25$, $C_2=0,5$ ve $C_3=0,25$ 'tir.

Tablo 4.3: MMT test sonuçları değerlendirme skalası (MMT kullanım kılavuzu 2005).

Derece		Skala				
İndeksler		1	2	3	4	5
Islanma Süresi (s)	Üst	≥120 Islanma Yok	20-119 Yavaş	5-19 Orta	3-5 Hızlı	<3 Çok Hızlı
	Alt	≥120 Islanma Yok	20-119 Yavaş	5-19 Orta	3-5 Hızlı	<3 Çok Hızlı
Emilim Oranı (%/s)	Üst	0-9 Çok Yavaş	10-29 Yavaş	30-49 Orta	50-100 Hızlı	>100 Çok Hızlı
	Alt	0-9 Çok Yavaş	10-29 Yavaş	30-49 Orta	50-100 Hızlı	>100 Çok Hızlı
Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Üst	0-7 Islanma Yok	8-12 Küçük	13-17 Orta	18-22 Hızlı	>22 Çok Hızlı
	Alt	0-7 Islanma Yok	8-12 Küçük	13-17 Orta	18-22 Hızlı	>22 Çok Hızlı
Islanma Hızı (mm/s)	Üst	0-0,9 Çok Yavaş	1,0-1,9 Yavaş	2,0-2,9 Orta	3,0-4,0 Hızlı	>4,0 Çok Hızlı
	Alt	0-0,9 Çok Yavaş	1,0-1,9 Yavaş	2,0-2,9 Orta	3,0-4,0 Hızlı	>4,0 Çok Hızlı
Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (%)-AOTI		<-50 Çok Kötü	-50-99 Kötü	100-199 İyi	200-400 Çok İyi	>400 Mükemmel
Sıvı Yönetim Performansı-OMMC		0-0,19 Çok Kötü	0,2-0,39 Kötü	0,4-0,59 İyi	0,6-0,8 Çok İyi	>0,8 Mükemmel

Hava geçirgenliği ve kalınlık testleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

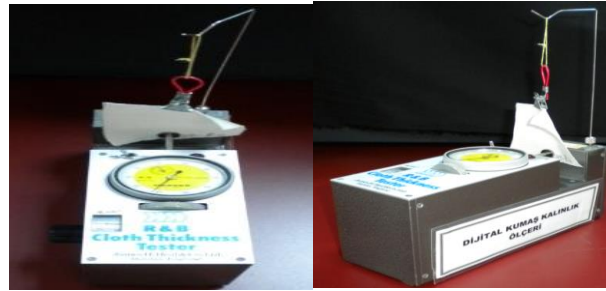
Hava geçirgenliği, havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme kabiliyetidir. Vücuttan geçen havanın tutulması ya da dışarı iletilmesi ile ilgili bir kullanım özelliğidir. Kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen bir özelliktir. Hava geçirgenliği testleri, Şekil 4.3’de görüldüğü gibi FX 3300 Hava Geçirgenliği Test Cihazı ile yapılmıştır. ISO 9237 test standartlarına göre normal kumaşlar için belirlenen test basıncı 100 Pa, uygulanan test alanı 20 cm² ve ölçüm birimi l/m²/s’dir.



Şekil 4.3: Hava geçirgenliği test cihazı (Url 3).

Hava geçirgenliği genel bir ifadeyle, birim zamanda birim alandan belirli bir basınç farkında bir materyalin iki yüzeyi arasından geçen hava miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Hava geçirgenliği, kumaşın iki yüzeyi arasından dik geçen hava akışının hızıdır. Kumaş geometrisi, ham madde ve iplik özelliklerine bağlı olarak oluşan kumaş içindeki toplam boş hacim olarak ifade edilen gözeneklilik, kumaşın hava geçirgenliğini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple iplik yapısı, örgü tipi, sıklık, bitim işlemi, ıslanma vb. gibi parametrelerin hava geçirgenliğine etkisi incelenirken, kumaş gözenekliliğinde meydana gelen değişiklikler izlenmektedir (Turan ve Okur 2013).



Şekil 4.4: Numune kumaşlarının kalınlık ölçümü (Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarı- Kumaş kalınlık test cihazı 5 g/cm^2 'de $0,01 \text{ mm}$ duyarlılığa sahiptir.).

5. BULGULAR

Numune kumaşların MMT ölçüm sonuçları Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Numune kumaşlarının MMT’den elde edilen ortalama değerleri.

Kumaş Kodu	Açıklama	WT _t (s)	WT _b (s)	TAR (%/s)	BAR (%/s)	MWR _t (mm)	
1	Ne 40/1	Süprem	21,9888 (4,051)	15,828 (0,606)	26,8179 (8,747)	265,2701 (83,967)	23 (4,472)
2		Ribana	22,393 (12,032)	17,657 (3,361)	39,32292 (27,488)	335,7041 (261,436)	15 (0)
3		İnterlok	17,078 (2,314)	18,665 (2,862)	24,93326 (11,011)	250,9236 (291,445)	15 (0)
4	Ne 56/1	Süprem	25,6856 (15,405)	19,53 (4,389)	185,3311 (237,205)	393,8055 (103,184)	10 (0)
5		Ribana	33,8828 (23,623)	19,2726 (2,677)	130,8634 (160,365)	474,179 (125,544)	10 (0)
6		İnterlok	28,1982 (14,121)	26,5468 (3,315)	109,3631 (75,667)	279,9628 (210,017)	10 (0)

Tablo 5.1 (Devam): Numune kumaşlarının MMT’den elde edilen ortalama değerleri.

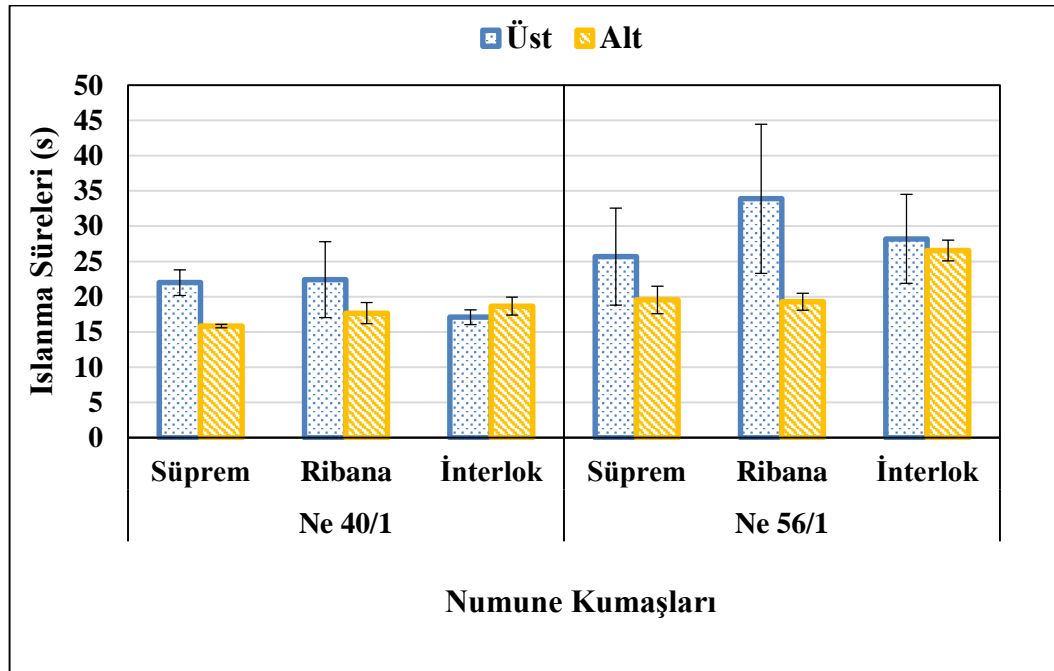
Kumaş Kodu	Açıklama	MWR _b (mm)	SS _t (mm/s)	SS _b (mm/s)	AOTI (%)	OMMC	
1	Ne 40/1	Süprem	20 (0)	0,90324 (0,162)	0,78664 (0,024)	214,0145 (181,317)	0,53674 (0,210)
2		Ribana	15 (0)	0,665 (0,376)	0,71458 (0,495)	277,8776 (92,353)	0,59422 (0,119)
3		İnterlok	15 (0)	0,7293 (0,140)	0,69408 (0,188)	223,1164 (82,364)	0,47344 (0,166)
4	Ne 56/1	Süprem	8 (2,738)	0,43524 (0,220)	0,3064 (0,055)	425,4383 (155,981)	0,69722 (0,066)
5		Ribana	5 (0)	0,38804 (0,229)	0,26152 (0,037)	723,3059 (251,488)	0,74612 (0,008)
6		İnterlok	6 (2,236)	0,37556 (0,144)	0,38528 (0,305)	268,7663 (247,678)	0,56948 (0,162)

*Parantez içerisinde gösterilen değerler standart sapma değerleridir.

5.1 İslanma Süresi

İslanma, katı yüzey üzerinde termodinamik etkileşimlerle bir sıvının migrasyonu olarak tanımlanmış dinamik bir prosestir ve lif, iplik veya kumaşın sıvıyla temasının başladığı andaki davranışını açıklamak için kullanılmaktadır (Wong ve ark. 2001, Taştan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015). Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, Emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülmektedir. İslanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapilar kanallar içerisinde ilerleyerek kumaş yapısına dağılmaktadır.

MMT’de ölçülen ıslanma süresi, kumaşın sıvı ile temasından itibaren ne kadar sürede ıslandığını ifade etmektedir. İslanma süresi ne kadar kısa olursa kumaşın ıslanmasının o kadar hızlı olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 5.1’de kumaşların üst ve alt ıslanma süreleri % 95 güvenirlilik düzeyinde gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Numune kumaşlarının üst ve alt ıslanma süreleri (saniye cinsinden).

Şekil 5.1’de incelenen kumaşlar arasında en yüksek üst ıslanma değerine sahip olan kumaş Ne 56/1 ribanadır. Bu veri bize, bu kumaşların sıvı ile temasından itibaren diğer kumaşlara göre daha uzun bir sürede ıslandığını göstermektedir. Bu kumaşlarda sıvı hızlı bir şekilde alt yüzeye geçmiş alt yüzey hızla ıslanmış ancak üst yüzey daha yavaş ıslanmıştır. Bunun sebebi bu kumaşın daha ince iplik numarasına,

düşük gramaja ve düşük kalınlığa sahip olması olabilir. Böylece kumaş yapısı daha gözenekli hale gelmiştir ve sıvı gözeneklerden geçerek hızla alt yüzeye ulaşmıştır. Buna karşın, Ne 40/1 interlok kumaşı diğer kumaşlar ile karşılaştırıldığında en düşük üst ıslanma değerine sahiptir. Bunun sonucunda ıslaklığı üst yüzeyde tutarak daha fazla hissettirdiği yorumu yapılabilir. Bu kumaşların kalın ve yoğun yapısı sıvıyı bünyesinde tutarak ıslak kalmasına neden olmuştur.

MMT’de üst yüzeye damlatılan test sıvısı üst yüzey tarafından emilim olmaksızın hızlı bir şekilde hava boşluklarına difüze olur ve alt tabakada birikir (Troynikov ve Wardiningsih 2011). Kumaşın hava bulunan kısmından geçen su buharı miktarı anlıktır. Oysaki su buharının kumaşın lif bulunan kısmından geçişi ise sınırlıdır. Su buharının havadan geçiş difüzyon katsayısı yaklaşık $0,239 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ değerindedir (Das ve ark. 2007). Su buharının kumaşın lif bulunan kısmından geçtiği difüzyon katsayısı ise 10^{-7} - 10^{-9} arasındadır (Yoon ve Buckley 1984). Verilen difüzyon katsayılarına göre, su buharının kumaşın lif bulunan kısmından geçtiği difüzyon katsayısı hava geçiş katsayısından oldukça düşük olduğu için, kumaşın içinde bulunan hava miktarındaki artış su buharının difüzyon yolu ile geçişini arttırmaktadır (Taştan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015).

İplik numaraları aynı fakat örgü tipleri farklı olan Ne 40/1 kumaşlar kendi arasında karşılaştırıldığında en iyi alt ıslanma değerini süprem kumaşı gösterirken en kötü alt ıslanma değerini interlok kumaşı göstermiştir. Aynı şekilde Ne 56/1 kumaşlar da kendi arasında karşılaştırıldığında en iyi alt ıslanma değerini ribana kumaşı göstermiş olup en kötü alt ıslanma değerini de interlok kumaşı göstermiştir. Bunun sebebi, Ne 56/1 ribana kumaşın süprem kumaşından daha düşük gramaj ve kalınlık değerine sahip olması olabilir.

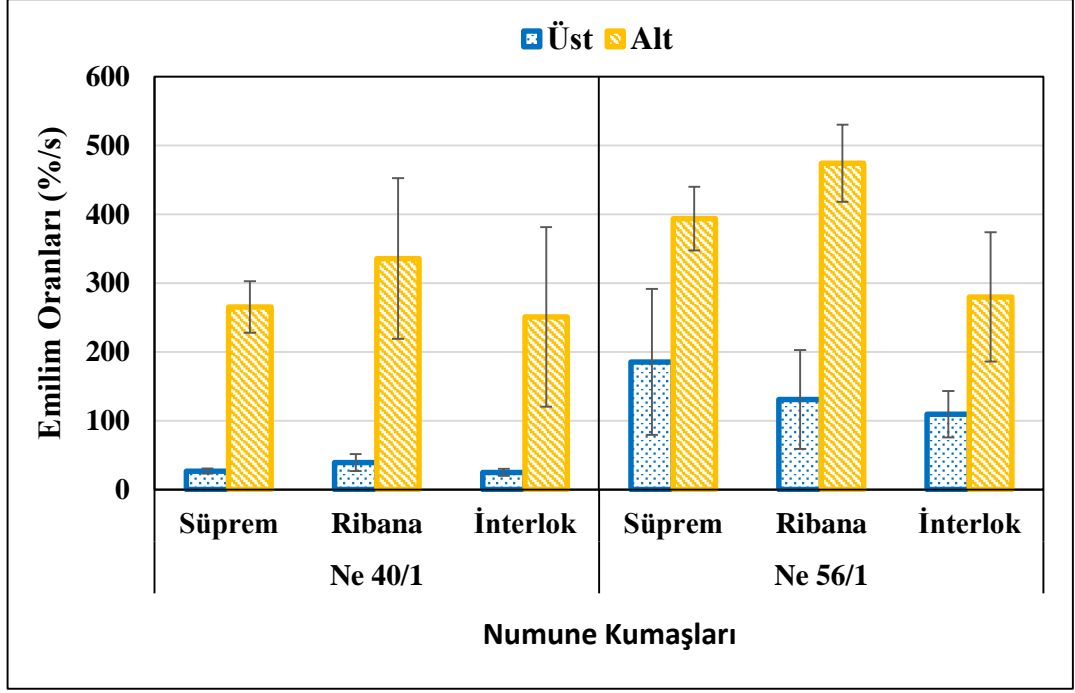
Genel olarak üst ve alt ıslanma sürelerini karşılaştırdığımızda iplik numarası Ne 40/1 olduğunda sıvı emilimi hızlanmış bunun sonucunda da üst ve alt ıslanma süreleri azalmıştır diyebiliriz.

5.2 Emilim Oranı

Emilim oranı, kumaşın alt ve üst yüzeylerinin sıvının pompalanma süresi içindeki ortalama emme yeteneğidir.

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi kumaşlar (% 95 güvenilirlik düzeyinde incelenmiştir.) arasında en hızlı üst emilim oranına sahip kumaş Ne 56/1 süprem kumaşdır. Kumaşların emilim oranlarının yüksek olması yüzeyin damlatılan sıvıyı absorbe etme yeteneğinin yüksek olması anlamına gelir. Burada en düşük üst emilim oranını Ne 40/1 süprem kumaşı göstermiştir. Genel itibariyle Ne 40/1 kumaşlar Ne 56/1 kumaşlardan çok düşük üst emilim oranı değerlerine sahiptir. Bunun sebebinin iplik incelik değerleri ve kalınlıkla ilgili olduğu varsayılabilir. Çünkü iplik numarası incelidikçe ve kalınlık azaldıkça yüzeye damlatılan sıvıyı emme yeteneği artmakta bu da emilim oran değerlerinin yüksek çıkmasını sağlamaktadır.

Suyu içine çeken ve yüksek nem içeriğine sahip higroskopik liflerin su buharını daha çok geçirdiği ifade edilmektedir. Higroskopik kumaş su buharını terli derinin yakınındaki nemli havadan içine çekmekte ve kuru havada serbest bırakmaktadır. Nem çekmeyen kumaşa göre, higroskopik kumaşın deriden çevreye olan su buharı akışını nispeten arttırdığı ve bu şekilde deri ve kumaş arasındaki mikroklima bölgesinde nem oluşumunu azalttığı belirtilmektedir (Taştan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015).



Şekil 5.2: Numune kumaşlarının üst ve alt emilim oranları (%/s).

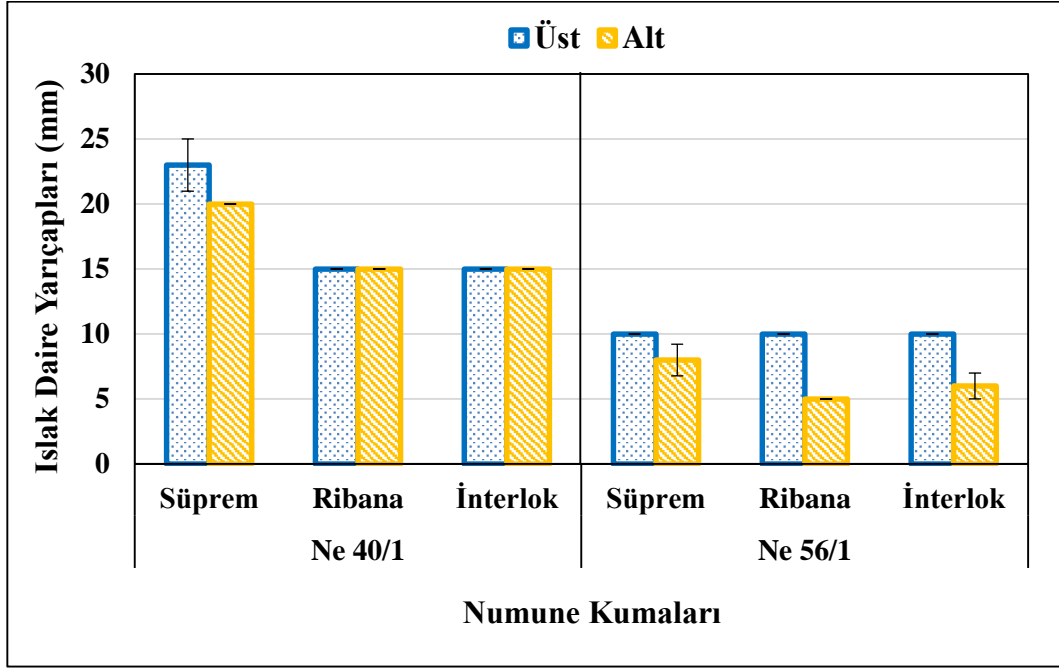
Eşitlik 4.4'te ifade edildiği gibi kumaşların genel nem yönetimi değerinin hesaplanmasında alt emilim oranı, kümülatif tek yönlü taşıma indeksi ve alt yayılım hızı değerlerinden yararlanır. Bu nedenle alt emilim oranlarının (havayla temas eden kısım) yüksek olması kumaşların genel nem yönetimi özelliklerini üst emilim oranından daha fazla etkiler. En yüksek alt emilim oranına Ne 56/1 ribana kumaşı sahip olarak, genel olarak Ne 56/1 kumaşlar Ne 40/1 kumaşlardan daha yüksek alt emilim oranlarına sahiptir denilebilir. Bunun sonucunda yukarıda da bahsedildiği gibi alt emilim oranının genel nem yönetimi değerini doğrudan etkilediğini varsayarsak iplik numarası Ne 56/1 olduğunda hem üst hem de alt emilim oranlarının arttığı söylenebilir.

5.3 Maksimum Islak Daire Yarıçapı

Maksimum ıslak daire yarıçapı, kumaşa damlatılan sıvının yayılım gösterdiği en geniş halkanın yarıçapı olarak ifade edilmektedir.

Şekil 5.3'te % 95 güvenilirlik düzeyinde incelenmiş bulunan maksimum ıslak daire yarıçaplarının üst ve alt değerleri verilmiştir. Hem üst hem de alt maksimum ıslak daire yarıçapı değerlerinde Ne 40/1 kumaşları ile Ne 56/1 kumaşları paralellik

göstermiştir. Her iki iplik numarasında da en yüksek üst maksimum ıslak daire yarıçapı değerine Ne 40/1 süprem kumaşı sahip iken en düşük üst maksimum ıslak daire yarıçapı değerlerine Ne 56/1 süprem, ribana ve interlok kumaşları sahip olmuştur. Aynı şekilde en yüksek alt maksimum ıslak daire yarıçapı değerine Ne 40/1 süprem kumaşı sahip iken en düşük alt maksimum ıslak daire yarıçapı değerine Ne 56/1 ribana kumaşı sahip olmuştur.



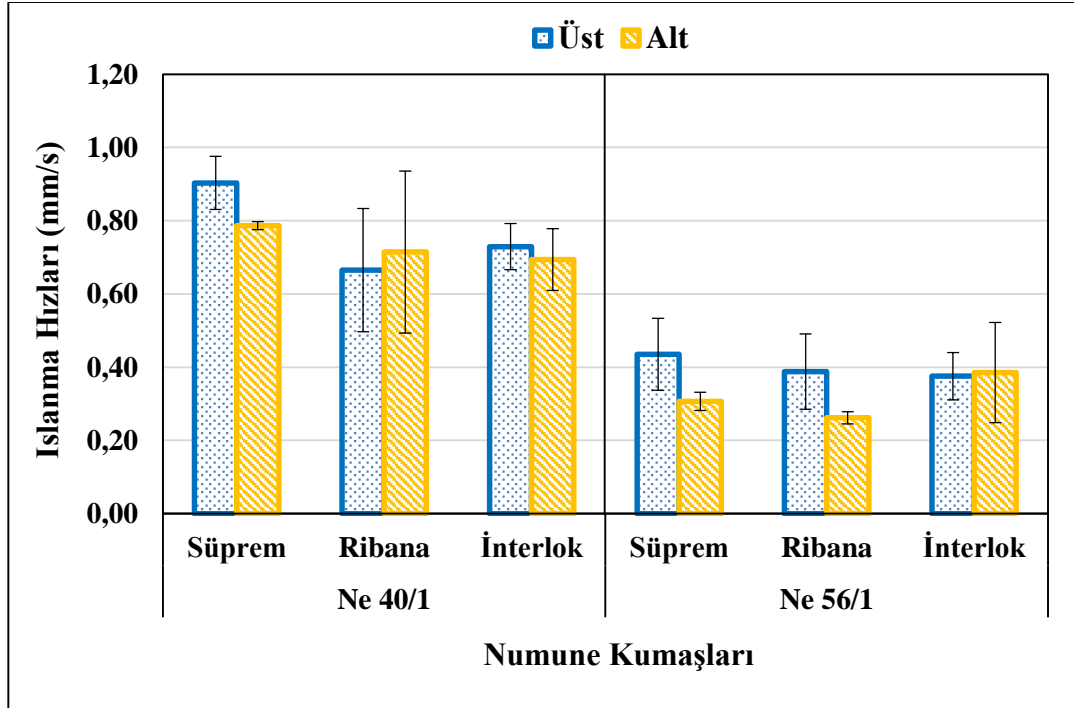
Şekil 5.3: Numune kumaşlarının üst ve alt maksimum ıslak daire yarıçapları (mm).

Kumaş yüzeyinde sıvı ne kadar geniş bir alana yayılırsa o kadar buharlaşma hızı artacaktır. Geniş alana yayılan sıvı molekülleri küçük partiküllere ayrılacak ve buharlaşarak havaya geçişi hızlanacaktır. Bu anlamda süprem örgüye sahip kumaşların her iki iplik numarası içinde en yüksek ıslak daire yarıçapına sahip olması, bu kumaşların diğerlerine göre daha yüksek kuruma hızına sahip olacağını gösterir. Öte yandan düşük ıslak daire yarıçapına sahip ribana kumaşlar için sıvıyı dikey yönde kumaşın bir yüzünden diğer yüzüne geçişinde küçük bir yayılma ile hızlı bir şekilde iletmediği yorumu yapılabilir.

5.4 İslanma Hızı

İslanma hızı; merkezden maksimum ıslanma halkasına kümülatif yayılma hızı olarak açıklanır.

% 95 güvenilirlik düzeyinde incelenen Şekil 5.4’de en düşük üst ıslanma hızına Ne 56/1 interlok kumaşı sahiptir. Bu kumaş Ne 40/1’den daha ince olup kendi grubundaki örgü tipleri içerisinde kalınlığı en yüksek olan kumaştır. En yüksek üst ıslanma hızına sahip kumaş ise Ne 40/1 süpremdir. Bu kumaşın iplik numarası Ne 56/1’den daha kalın olup kendi grubundaki örgü tipleri içerisinde kalınlığı en az olan kumaştır. Bu nedenle iplik numarası kalınlaştıkça ve kumaş kalınlığı azaldıkça lif içeriğine bağlı olarak üst ıslanma hızının arttığı söylenebilir.



Şekil 5.4: Numune kumaşlarının üst ve alt ıslanma hızları (mm/s).

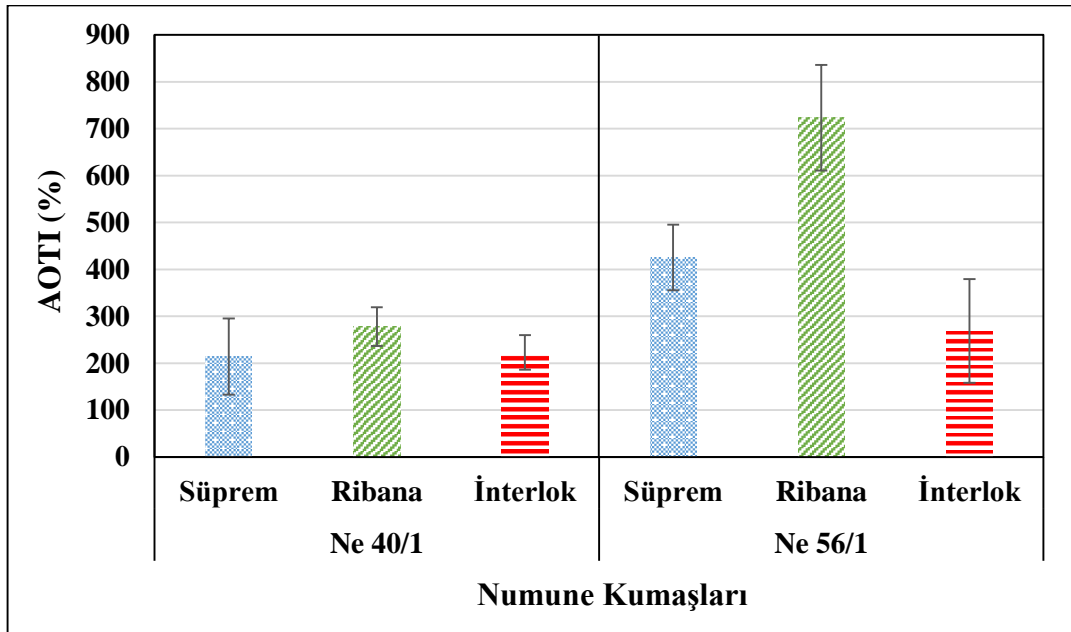
Kumaşların alt ıslanma hızı değerleri genel nem yönetimi özelliğini arttırmalarından dolayı önemli bir parametredir. En hızlı alt ıslanma hızı değerine sahip kumaş Ne 40/1 süpremdir. Ne 56/1 kumaşları kendi arasında değerlendirildiğinde ise en yüksek alt ıslanma hızı değerine sahip olan kumaş Ne 56/1 interloktur.

Süprem kumaşların gösterdiği hızlı ıslanma yeteneğine göre, kurumaları sırasında da diğer kumaşlara nazaran daha hızlı kuruma eğilimi göstereceği tahmin edilmektedir.

5.5 Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (AOTI)

Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (AOTI); kumaşın iki yüzü arasındaki nem miktarı farkını ifade eder.

Şekil 5.5’de görüleceği üzere (% 95 güvenilirlik düzeyinde ifade edilmiştir.) kümülatif tek yönlü taşıma indeks değeri en yüksek olan kumaş tipi Ne 56/1 ribanadır. Elde edilen bu değer MMT değerlendirme skalasına göre (Tablo 4.3) mükemmel değer aralığındadır. Aynı şekilde Ne 56/1 süprem kumaşı da MMT değerlendirme skalasına göre mükemmel değer aralığındadır. Ne 40/1’in bütün örgü yapıları ile Ne 56/1 interlok kumaşı MMT skalasına göre çok iyi değer aralığında olup bunlar arasında en düşük değere Ne 40/1 süprem kumaşı sahiptir. Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksleri (AOTI) incelendiğinde değerlerin mükemmel ve çok iyi aralığında çıkmış olduğu görülmüştür.

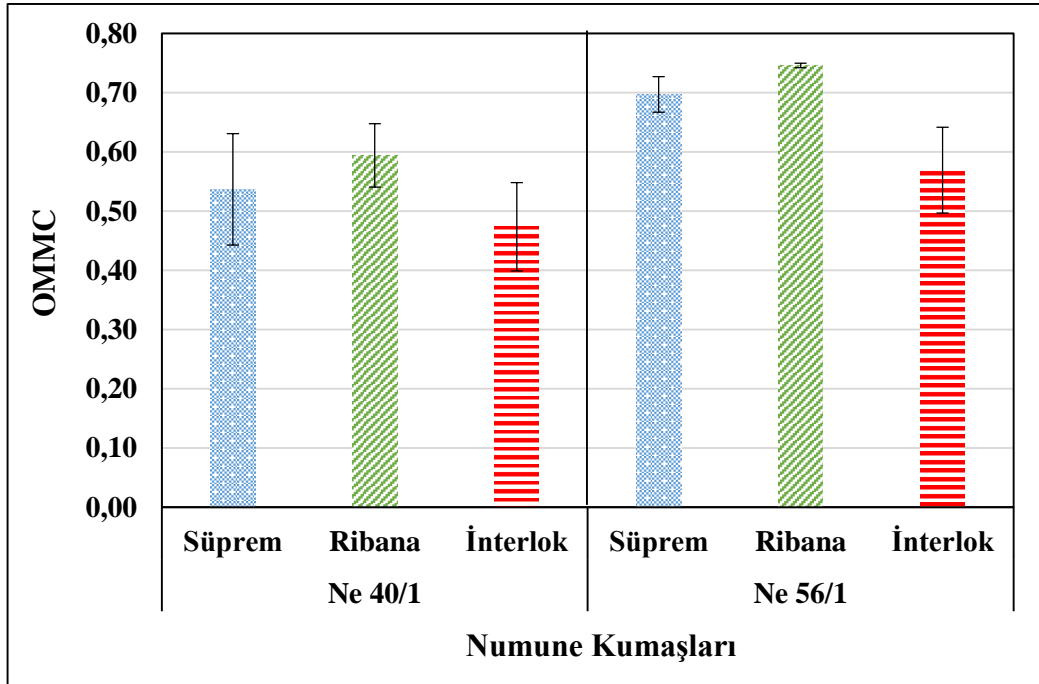


Şekil 5.5: Numune kumaşlarının kümülatif tek yönlü taşıma indeksleri (AOTI değerleri-%).

Kumaşların sıvıyı bir yüzünden diğer yüzüne tek yönlü olarak hızlı bir şekilde iletmesi, sıvıyı yapısında tutmayarak, ıslaklığı hissettirmeden çevre ile temas eden yüzeye iletmesini göstermektedir. Bu anlamda yüksek AOTI değerleri kumaşlar açısından oldukça önemlidir. Bunun yanında sıvıyı geniş yüzey alanına yayma konusunda diğer kumaşlardan üstün olarak saptanan süprem kumaşların daha düşük AOTI değerleri göstermesi dikkat çekicidir. Bu kumaşların sıvıyı yatay yönde yayarken bünyesinde tutup diğer yüzeye geçişte yavaş kaldıkları söylenebilir.

5.6 Genel Nem Yönetim Performansı (OMMC)

Bu çalışmada kullanılan kumaşların genel nem yönetim özellikleri (Tablo 4.3'deki MMT skalasına göre) % 95 güvenlilik düzeyinde incelenmiş bulunan Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Numune kumaşlarının genel nem yönetim değerleri (OMMC).

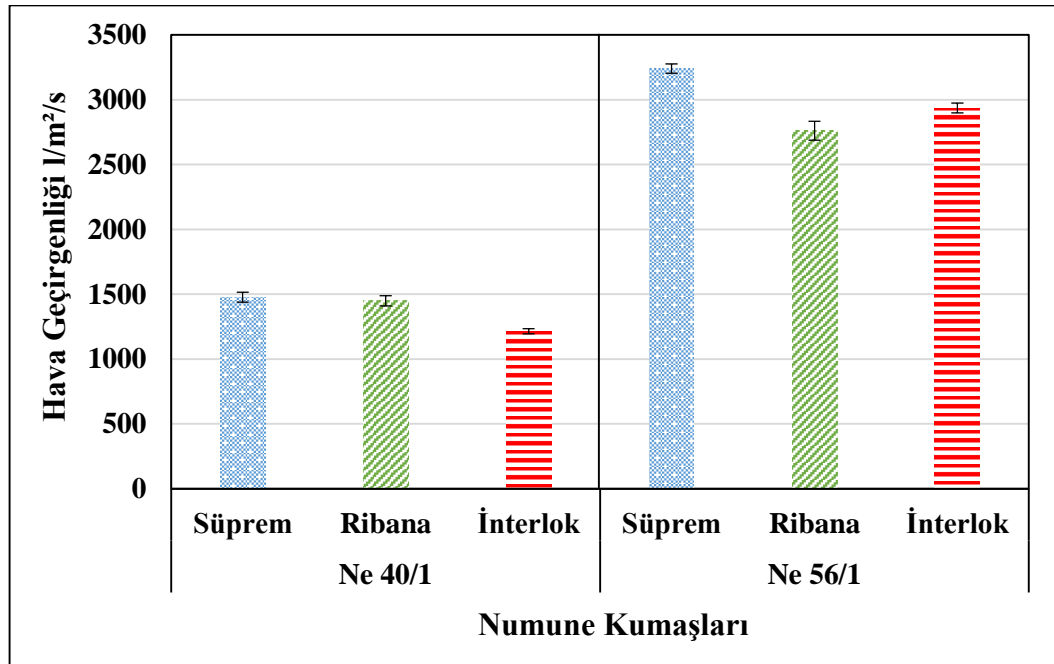
Genel nem yönetim özelliği en yüksek olan ya da en iyi olan kumaş yapısı Ne 56/1 ribana olup MMT skalasına göre (Tablo 4.3) çok iyi değer aralığındadır. Bu kumaşın kümülatif tek yönlü taşıma indeks değeri de en yüksektir. Yani bu kumaşın sıvı yönetim performansı diğer 5 kumaşa göre daha iyidir. Ne 56/1 süprem kumaşı da MMT skalasına göre çok iyi değer aralığında yer almaktadır. Ne 56/1 interlok

kumaşı ile Ne 40/1 kumaş yapılarının genel nem yönetim özelliği MMT skalasına göre iyi değer aralığındadır. Bu kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeks değerleri de oldukça iyidir. Bu nedenle bu kumaşların da sıvı yönetim performansları iyidir denebilir.

Elde edilen nem yönetimi sonuçlarına göre test edilen deney grubundaki kumaşlar içerisinde Ne 56/1 ribana kumaşların sıvıyı yapısında tutmayarak bir yüzünden diğer yüzüne diğer kumaşlardan daha hızlı bir şekilde ilettiği ve ıslaklığı diğer kumaşlara göre kullanıcıya daha az hissettirdiği yorumu yapılabilir.

5.7 Hava Geçirgenliği

Kumaşın hava geçirgenliği konfor özelliğini çeşitli yönlerden etkilemektedir. Hava geçirgenliği değeri yüksek bir malzeme genellikle buhar ve sıvı haldeki suyu geçirmektedir. Bu nedenle su buharı geçirgenliği ve sıvı iletim özelliği hava geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. Ayrıca kumaşın termal direnci ile yapısındaki durgun hava tabakası arasında kuvvetli ilişki bulunmaktadır. Rüzgârlı ortamda hava geçirgenliği yüksek kumaşlar, taşınım ile daha fazla ısı kaybetmektedirler (Güneşoğlu 2005).



Şekil 5.7: Numune kumaşlarının hava geçirgenlik değerleri (l/m²/s).

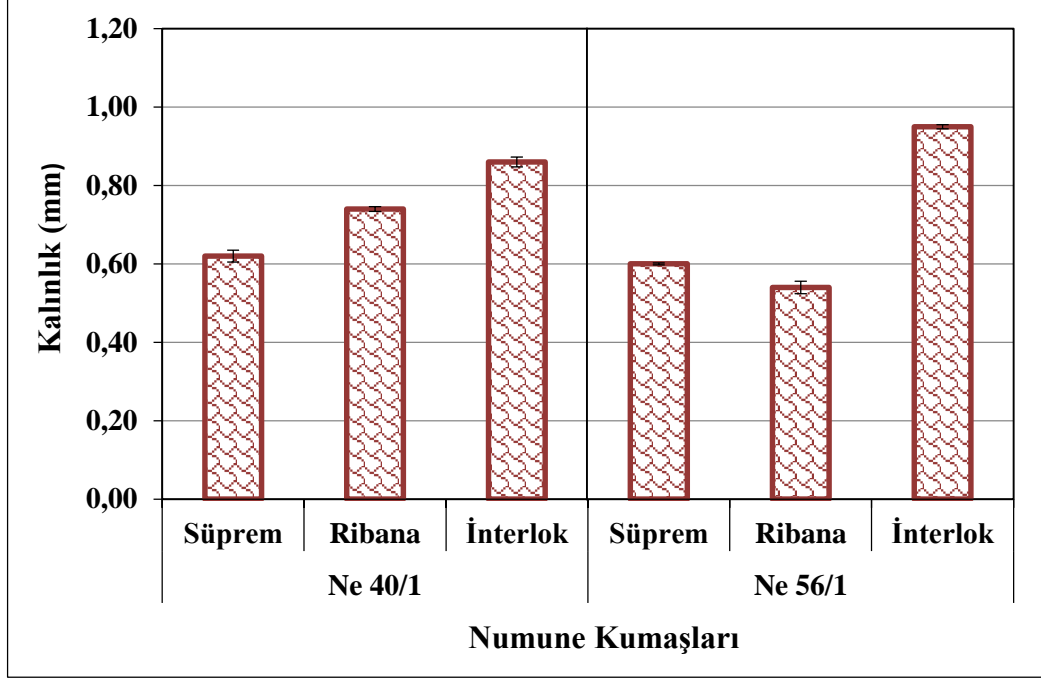
Şekil 5.7’de bu çalışmada kullanılan kumaşların hava geçirgenlik değerleri % 95 güvenilirlik düzeyinde belirtilmiştir. Genel olarak iplik numarası Ne 56/1 olduğunda ve kumaş gramajları azaldıkça hava geçirgenlik değerlerinin arttığı görülmektedir.

İplik numarası Ne 56/1 olduğunda ve kumaş yoğunluğu azaldıkça kumaş yapısındaki gözenekler artmakta ve kumaş daha geçirgen bir hale gelmektedir. Böylelikle kumaştan geçen hava miktarı artmaktadır.

5.8 Kalınlık

Kumaş kalınlığı konforu farklı yönlerden etkilemektedir. Genellikle kalınlık ve hava geçirgenliği değerleri arasında ters orantının olduğu varsayılır.

% 95 güvenilirlik düzeyinde incelenmiş bulunan Şekil 5.8’de bu çalışmada kullanılan kumaşların kalınlık değerleri karşılaştırılmıştır. Özellikle Ne 40/1 örgü yapılarında kumaş kalınlığı arttıkça hava geçirgenlik verilerinin azaldığı çok net bir şekilde görülmektedir. Ancak Ne 56/1 örgü yapılarında aynı durumdan bahsedilemez. Bunun nedeni ribana kumaşın gramajının süprem kumaşınkinden daha düşük olması olabilir.



Şekil 5.8: Numune kumaşlarının kalınlık değerleri (mm).

Bu çalışmada yukarıda belirtildiği gibi konfor ve kalınlık arasındaki etkileşim ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Kumaş kalınlığının; hava geçirgenliği, gramaj gibi parametreler ile birlikte incelendiğinde konforu çok yönlü etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ne 56/1 inceliğine sahip ipliklerden örülen kumaşlar Ne 40/1 inceliğine sahip ipliklerden örülen kumaşlara göre daha fazla gözenekliliğe sahip olmalarından dolayı daha iyi nem yönetim performansı göstermişlerdir.

Ribana kumaşlar en düşük kalınlık ve en düşük sıklık değerlerinden dolayı her iki iplik numarası için de en yüksek nem yönetimi değerlerini almıştır.

İnterlok kumaşlar kalın yapısından dolayı düşük nem yönetimi değerleri almış, Ne 56/1 iplikten üretilen kumaşlar içerisinde dahi en sonda ve Ne 40/1 ribana kumaşlardan düşük OMMC değerine sahip bulunmuştur. Bunun sebebi Ne 56/1 interlok kumaşların kalın bir kumaş yapısına sahip olmasıdır. Ancak Ne 56/1 interlok kumaşının gözenekliliğinin diğer bütün Ne 40/1 kumaşlardan daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen nem yönetimi sonuçlarına göre test edilen deney grubundaki kumaşlar içerisinde Ne 56/1 ribana kumaşların sıvıyı yapısında tutmayarak bir yüzünden diğer yüzüne diğer kumaşlardan daha hızlı bir şekilde ilettiği ve ıslaklığı Ne 56/1 süprem kumaşı dışındaki diğer kumaşlara göre kullanıcıya daha az hissettirdiği yorumu yapılabilir. Çünkü gözeneklilik bazında incelediğimizde en yüksek değere Ne 56/1 süprem kumaşının sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle genel nem yönetimi ve gözeneklilik sonuçlarının beraber ve koordineli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Bu arada sıvının tek yönlü iletimi açısından OMMC değeri yüksek çıkan kumaşlar hemen sıvıyı alt yüzeye iletmış olsalar da diyagramlara bakıldığında Ne 40/1 süprem kumaşların sıvıyı daha geniş alana yaydığı görülmektedir. Bu da sıvıyı direk iletmek yerine önce kendi yapısında yaydığını ve sonrasında yavaş ilettiğini göstermektedir. Öte yandan sıvıyı geniş bir yüzey alanına yayması nem transferi açısından iyi bir özelliktir. Bu kumaşlar için daha uzun sürede sıvı davranışının incelenmesi farklı sonuçlar elde edilmesine sebep olabilir. Çünkü MMT ile kumaşların 120 saniye içerisindeki nem davranışı gözlenebilmektedir.

Genel olarak da % 50 Cupro- % 50 Supima pamuk karışımı kumaşların yaklaşık 0,5-0,75 OMMC aralığıyla iyi bir nem yönetimi özelliğine sahip oldukları ve bakır amonyum liflerinin kumaş yapısında kullanılmasının sıvı nem transferinde avantajlar sağlayabileceği görülmüştür.

İleride yapılacak çalışmalarda bakır amonyum lif içerikli olmak üzere ham madde, ham maddenin karışım oranları, kumaş yapıları ve kumaş yapılarında fiziksel değişimler uygulayarak farklı numuneler üzerinde nem yönetimi testleri yapılabilir.

Bakır amonyum lif içeriği sabit kalmak üzere farklı ham madde içerikleri ile karışım kombinasyonları çeşitlendirilebilir. Örneğin; bakır amonyum-yün, bakır amonyum-bambu, bakır amonyum-ipek ham madde içerikli kumaşlar elde edilebilir.

Farklı karışım oranlarından, içerik yüzdelerinin değiştirilmesi ifade edilmiştir. Örnek olarak % 10 bakır amonyumdan % 90'a kadar artan oranda lif karışımları yapılabilir.

Bakır amonyum liflerinin harman ya da fitil kısmında karıştırılması ile çeşitli örgü tipleri kullanılarak ve konstrüksiyon, sıklık ile iplik numaraları değiştirilerek farklı kumaş yapıları oluşturulabilir.

Bu çalışmayla, çok uzun zaman önce bulunmasına rağmen özellikleri üzerine güncel çalışmaların az olduğu bakır amonyum liflerinin sıvı nem yönetim özellikleri incelenmiştir. Bulunan sonuçlar bu liflerden üretilen kumaşlar üzerine çalışma yapan araştırmacılar ve üretici firmalar açısından yol gösterici olacaktır.

7. KAYNAKLAR

Baltusnikaite, J., Abraitienė, A., Stygiene, L., Krauledas, S., Rubeziene, V., Zuravliova, S. A., ‘Investigation of Moisture Transport Properties of Knitted Materials Intended for Warm Underwear’, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 22(4), 93-100, (2014).

Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska, Z., Devaux, E., Dupont, D., ‘Evaluation of Thermal and Moisture Management Properties on Knitted Fabrics and Comparison with a Physiological Model in Warm Conditions’, *Applied Ergonomics*, 42, 792-800, (2011).

Clark M., *Handbook of textile and industrial dyeing, Volume 1: Principles, Processes and types of dyes*, England: Woodhead Publishing Limited, 30, (2011).

Cook, J. G., *Handbook of Textile Fibres Vol. II Man-Made Fibres*, England: Woodhead Publishing Limited, 3-73, (2001).

Curtis, M., ‘Asahi Kasei Fibers Expands Bemberg Facility’, *The International Textile Magazine*, (2), 39-40, (2013).

Çil, M.G., Nergis, U. B., Candan C., ‘An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton Acrylic Knitted Fabric’, *Textile Research Journal*, 79(10), 917-923, (2009).

Demiröz Gün, A., Bodur, A., ‘Kumaşların Su Buharı Geçirgenliği’, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(3) , 20-34, (2014).

Eichhorn, S. J., Hearle J. W. S., Jaffe, M. and Kikutani, T., *Handbook of Textile Fibre Structure, Volume 2: Natural, regenerated, inorganic and specialist fibres*, UK: Woodhead Publishing Limited, (2009).

Fourné, F., *Synthetic Fibers*, Munich: Hanser Gardner Publications Inc., (1999).

Güneşoğlu, S., Meriç, B., Güneşoğlu, C., ‘Thermal Contact Properties of 2-Yarn Fleece Knitted Fabric’, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 13(2), 46-50, (2005).

Güneşoğlu, S., Meriç, B., ‘Giysi ve Kumaşlarda Termal Temas Hissi’, *Tekstil ve Mühendis*, 13(64), 33-37, (2006).

Haghi, A. K., *Heat & Mass Transfer in Textiles*, Montreal: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Press, (2011).

Harmancıoğlu, M., *Tekstil Maddeleri II: Rejenere ve Sentetik Lifler*, İzmir: Ege Üniversitesi Matbaası, 1-67, (1981).

Hatch, K. L., *Textile Science*, Minneapolis: MN: West Publishing Co., (1993).

Hes, L., ‘Fundamentals of Design of Fabrics and Garments with Demanded Thermophysiological Comfort’, *Textile Congress 2001*, Liberec, 94-95, (2002).

Hu, J., Li, Y., Yeung, K. W., Wong, A., Xu, W., ‘Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties’, *Textile Research Journal*, 75(1), 57-62, (2005).

Jhanji, Y., Gupta, B., Kothari, V. K., ‘Moisture Management Properties of Plated Knit Structures with Varying Fiber Types’, *The Journal of The Textile Institute*, 106(6), 1-11, (2015).

Li, Y., Zhou, L., Feng, X., Du, Y., *Clothing Biosensory Engineering*, England: The Textile Institute Woodhead Publishing Limited, (2006).

Mather, R. R., Wardman R. H., *The Chemistry of Textile Fibres*, UK: The Royal Society of Chemistry, 126-132, (2015).

Marmaralı, A., Dönmez Kretschmar, S., Özdil, N., Gülsevin Oğlakcıoğlu, N., ‘Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler’, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (4), 241-246, (2006).

Milenkovic, L., Skundric, P., Sokolovic, R., Nikolic, T., Comfort Properties of Defence Protective Clothing, *The Scientific Journal Facta Universitatis*, 1 (4), 101-106, (1999).

Moncrieff, R. W., *Man-Made Fibres*, London: Butterworth&Co (Publishers) Ltd., 224-231, (1975).

Okur, A., Küçüka, S., Kaplan, S. ‘Giysi Termal Konforunun Belirlenmesine Yönelik Bir Yöntem Geliştirilmesi’, Proje No: 107M200, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir, 1-32, (2008).

Onofrei, E., Rocha, A. M., Catarino A., ‘The Influence of Knitted Fabrics’ Structure on the Thermal and Moisture Management Properties’, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(4), 10-22, (2011).

Önder, E., Sarier, N., ‘Sıcaklık Düzenleme İşlevi Olan Akıllı Tekstil Ürünlerinin Tasarımı’, TÜBİTAK Proje No: MİSAG-238, (2006).

Öner, E., ‘Dokuma Kumaşların Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma’, Yüksek Lisans, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, 1-47, (2008).

Öner, E., Okur, A., ‘Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri’, *Tekstil ve Mühendis*, 17(80), 20-29, (2010).

Öner, E., Okur, A., ‘The Effect of Different Knitted Fabrics’ Structures on the Moisture Transport Properties’, *The Journal of The Textile Institute*, 104(11), 1164-1177, (2013).

Öner, E., Atasagun, H.G., Okur, A., Beden, A.R., Durur, G., ‘Evaluation of Moisture Management Properties on Knitted Fabrics’, *The Journal of The Textile Institute*, 104(7), 699-707, (2013).

Özışık, N., *Basic Heat Transfer*, USA: McGraw-Hill Book Company, (1977).

Prescott, J., ‘Cool Luxury’, *Twist*, (75), 40-41, (2015).

Saville, B. P., *Physical Testing of Textiles*, England: The Textile Institute Publications, 310, (2000).

SDL Atlas Nem Yönetim Cihaz Kataloğu, (2005).

Seventekin, N., ‘Tekstil Mamullerinin İnsan Vücudu Isısını Düzenlemedeki Rolü’, *Tekstil ve Makina Dergisi*, 2(11), 246-250, (1988).

Slater, K., *Human Comfort*, New York: Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher, (1985).

Song, C. Y., ‘The Development of a Perspiring Fabric Manikin for the Evaluation of Clothing Thermal Comfort’, Phd Thesis, *The Hong Kong Polytechnic University*, Hong Kong, (2003).

Süpüren, G., Oğlacioğlu, N., Özdil, N., Marmaralı, A., ‘Moisture Management and Thermal Absorptivity Properties of Double-Face Knitted Fabrics’, *Textile Research Journal*, 81(13), 1320-1330, (2011).

Szokolay, S. V. (Ed.), *Thermal Comfort*, PLEA: Passive and Low Energy Architecture International in Association with Department of Architecture, The University of Queensland Brisbane 4072, (2007).

Taştan Özkan, E., Meriç Kaplangiray, B., ‘Askeri Giyimde Kullanılan Dokuma Kumaşların Nem İletimi Özelliklerinin İncelenmesi’, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20(1), 51-63, (2015).

Turan, B., Okur, A., ‘Kumaşlarda Hava Geçirgenliği’, *Tekstil ve Mühendis*, 15(72), 16-25, (2008).

Turan, B., ‘Kumaşların Geçirgenlik Özellikleri ile Yapısal ve Geometrik Özellikleri Arasındaki İlişkiler’, Doktora, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir, 1-90, (2012).

TS 391 EN ISO 9237, *Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü- TSE, Ankara, (1996).

Url 1<hucreningizlidunyasi.blogspot.com.tr>, alındığı tarih, 31.10.2016.

Url2<www.cirfs.org/KeyStatistics/WorldManMadeFibresProduction.aspx>, alındığı tarih 07.11.2016.

Url 3<<http://www.textileweb.com>>, alındığı tarih 17.11.2016.

Url 4<<http://www.topkapiplik.com.tr/urunlerimiz/supima-pima-mako-els-pamuk>>, alındığı tarih 20.11.2016.

Wardinarsih, W., Troynikov, O., ‘Influence of Cover Factor on Liquid Moisture Transport Performance of Bamboo Knitted Fabrics’, *The Journal of The Textile Institute*, 103(1), 89-98, (2012).

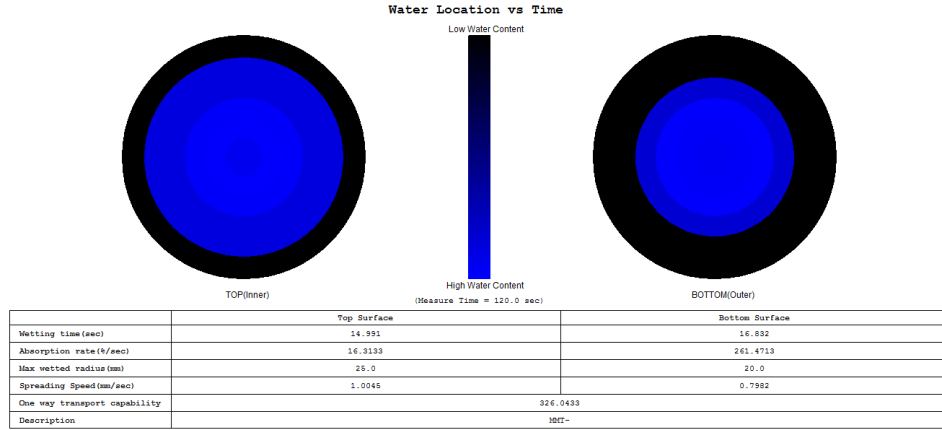
Wulfhorst, B., Gries, T., Veit, D., *Textile Technology*, Munich: Hanser Publishers, 13-53, (2006).

Zhou, L., Feng, X., Du, Y., Li, Y., ‘Characterization of Liquid Moisture Transport Performance of Wool Knitted Fabrics’, *Textile Research Journal*, 77 (12), 951-956, (2007).

EKLER

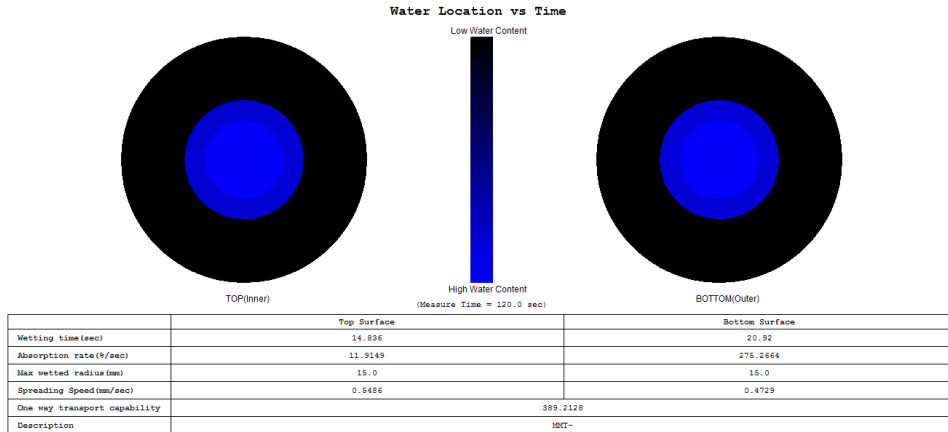
8. EKLER

EK A.1 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, Süprem)



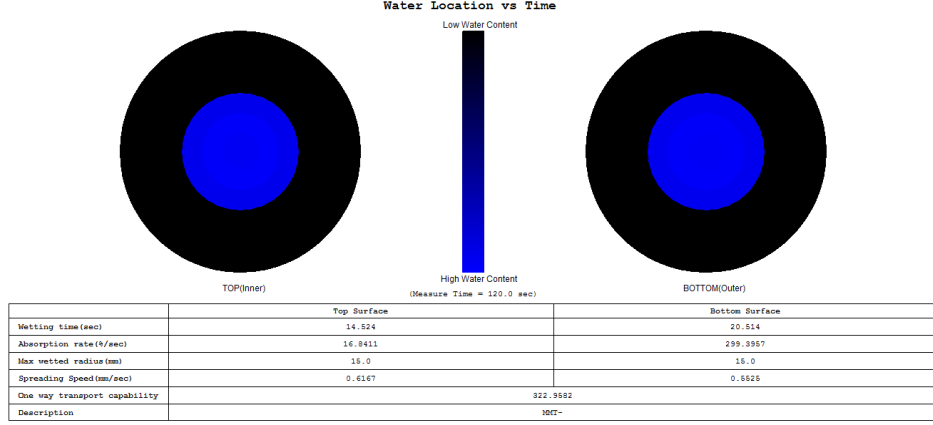
Şekil A.1: Ne 40/1 süprem kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

EK A.2 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, Ribana)



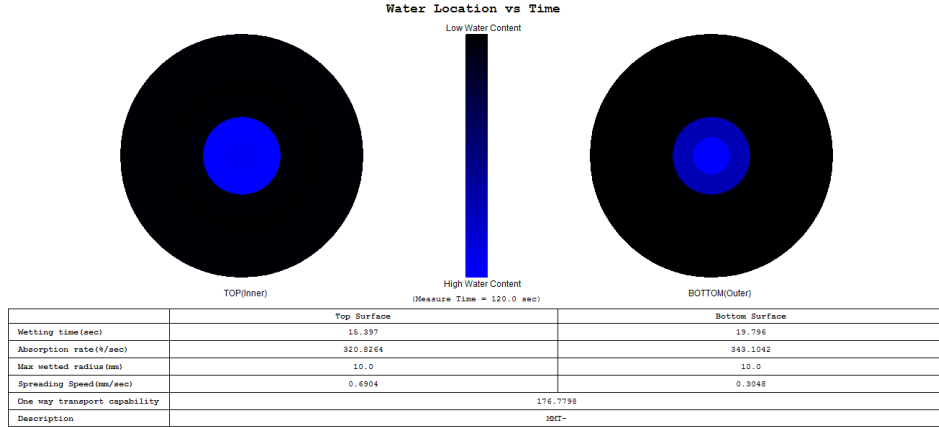
Şekil A.2: Ne 40/1 ribana kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

EK A.3 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 40/1, İnterlok)



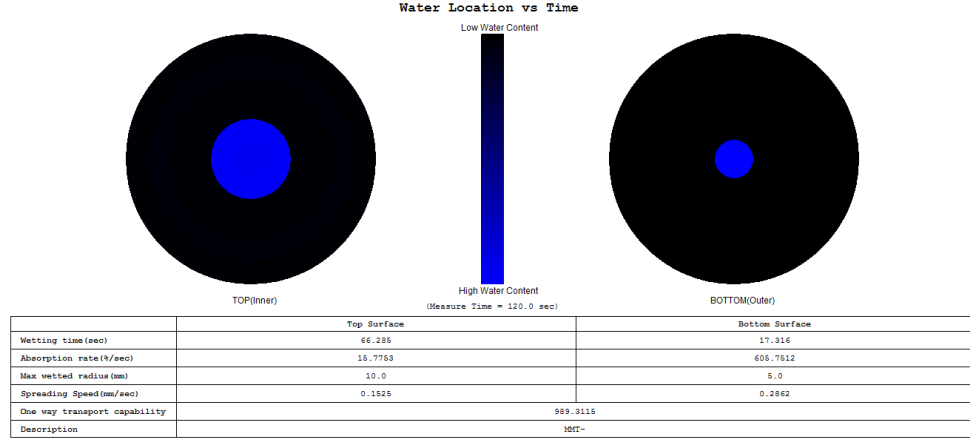
Şekil A.3: Ne 40/1 interlok kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

EK A.4 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, Süprem)



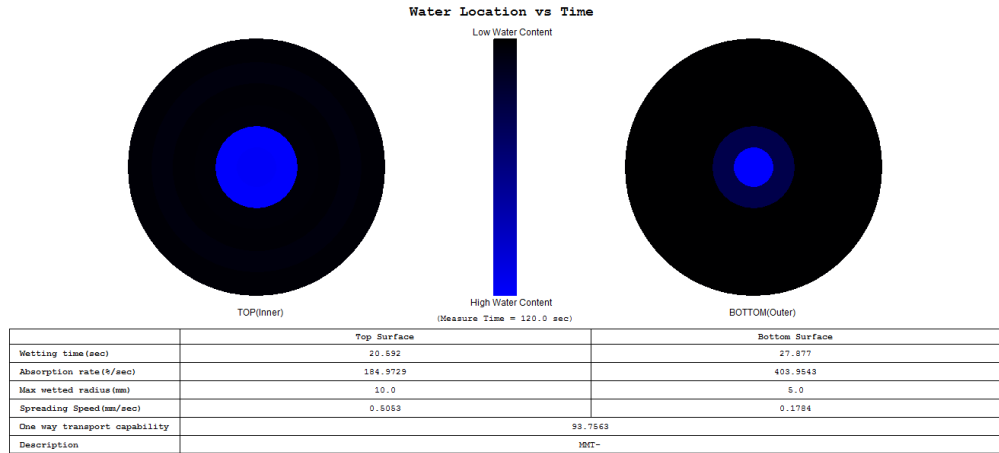
Şekil A.4: Ne 56/1 süprem kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

EK A.5 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, Ribana)



Şekil A.5: Ne 56/1 ribana kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

EK A.6 Zamana Göre Nem Değişim Diyagramı (Ne 56/1, İnterlok)



Şekil A.6: Ne 56/1 interlok kumaşı için zamana göre nem değişim diyagramı.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gizem Gündüz

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli, 11/05/1990

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Elektronik Posta : g_tekstil_90@hotmail.com

İletişim Adresi : 0 554 462 98 07