

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANDVIÇ KUMAŞLARIN TERMAL KONFOR ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena TERLİKSİZ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANDVIÇ KUMAŞLARIN TERMAL KONFOR ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sena TERLİKSİZ
(503081808)**

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU
Tez Eş Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Selin Hanife ERYÜRÜK**

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503081808 numaralı **Sena TERLİKSİZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“SANDVIÇ KUMAŞLARIN TERMAL KONFOR ÖZELLİKLERİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi



Eş Danışman : **Yrd. Doç. Dr. S. Hanife ERYÜRÜK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Canım babamın aziz hatırasına,

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hale KARAKAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ender BULGUN
Dokuz Eylül Üniversitesi

Prof. Dr. Özcan ÖZDEMİR
Uludağ Üniversitesi



Teslim Tarihi : **19 Aralık 2011**

Savunma Tarihi : **25 Ocak 2012**

Canım babamın aziz hatırasına,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında değerli yardımlarını ve desteklerini benden esirgemeyen danışman hocam Sn. Prof Dr. Fatma KALAOĞLU'na şükranlarımı sunarım. Yine çalışmam kapsamında her tür problemle ilgili yardımına başvurduğum eş danışman hocam Sn. Selin Hanife ERYÜRÜK'e çok değerli yardım ve destekleri için teşekkür ederim. Ayrıca çalışma sürecinde çok değerli manevi desteklerini gördüğüm sevgili annem Ayşe Figen NECEF ve değerli eşim Anıl Suat TERLİKSİZ'e desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Aralık 2011

Sena TERLİKSİZ
(Tekstil Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. UYKU VE EVRELERİ	3
2.1 Fizyolojik Olarak Uyku.....	3
2.2 Uykunun Evreleri	3
2.2.1 NREM/ Hızlı göz hareketlerinin olmadığı uyku.....	4
2.2.2 REM/ Hızlı göz hareketli uyku	4
2.3 Uykunun Önemi	4
3. KONFOR	7
3.1 İnsan Vücudunun Termal Konforu	7
3.2 Vücudun Termoregülasyonu	8
3.2.1 Vücut-çevre ısı değişimi	9
3.2.1.1 Vücuda alınan ısı.....	9
3.2.1.2 Isı kayıpları.....	10
Konveksiyon	10
Işıma	10
Buharlaşma.....	10
3.2.1.3 Vücut-çevre ısı değişiminde etkili faktörler.....	11
Sıcaklık.....	11
Hava nemi	11
Rüzgar hızı	11
Giysi yalıtımı.....	12
3.2.2 Deri yüzeyinde nem değişimi	12
3.2.3 İnsan derisi	13
3.2.3.1 Derinin yapısı	13
3.2.3.2 Termoreseptörler	14
3.2.3.3 Vasküler sistem	14
3.2.3.4 Titreme	15
3.2.3.5 Termal stres	15
3.2.3.6 Uykuda vücut sıcaklığı.....	16
3.3 Tekstil Malzemelerinin Termal Özellikleri:.....	17
3.3.1 Giysi boyunca ısı değişimi	17
3.3.2 Geçici ısı akısı	18
3.3.3 Isıl iletkenlik	19
3.3.4 Isıl yalıtım	19

3.3.5 Termal özelliklerle ilgili parametreler.....	20
3.3.5.1 Kullanılan birimler	20
3.3.5.2 Geçirgenlik indeksi	21
3.3.6 Kumaşların termal iletim özellikleri	21
3.3.7 Birleşik ısı ve kütle transferi	22
3.4 Tekstil Malzemelerinin Nem İletim Özellikleri	23
3.4.1 Kılcallık teorisi.....	24
3.4.2 Sıvı nem transferi	25
3.4.2.1 Islanma	25
3.4.2.2 Sıvı transferi	26
3.4.2.3 Temas açısı.....	29
3.4.2.4 Emicilik	30
3.4.3 Su buharı transferi	30
3.4.4 Birleşik buhar ve sıvı transferi	34
3.5 Tekstil Malzemelerinin Hava Geçirgenlik Özellikleri	35
3.6 Isı ve Kütle Transferi ile İlgili Çalışmalar.....	37
4. YATAK KUMAŞLARI.....	39
4.1 Yatak Üretimi	39
4.2 Sandviç Kumaş.....	41
4.2.1 Sandviç kumaş üretim yöntemleri.....	42
4.2.1.1 Dokuma	42
4.2.1.2 Örme.....	43
Atkılı örme	43
Yuvarlak örme makinalarında sandviç kumaş üretimi.....	44
Düz örme makinalarında sandviç kumaş üretimi	45
Çözümlü örme	47
Örme tekniğine göre sandviç kumaşların avantaj ve dezavantajları	50
4.2.2 Sandviç kumaşların özellikleri	52
4.3 Kapitone Kumaşlar (Üç Katlı Örme kumaşlar).....	53
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	55
5.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler	55
5.2 Metod.....	55
5.2.1 Analizlerin yapılışı	55
5.2.1.1 Gramaj ölçümü	55
5.2.1.2 Kumaş lif türünün belirlenmesi.....	56
5.2.1.3 Su buharlaşma hızının belirlenmesi	56
5.2.1.4 Dikey ıslanma.....	56
5.2.1.5 Transfer ıslanma	57
5.2.1.6 Su buharı geçirgenliği	58
5.2.1.7 Isıl iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık ölçümü.....	58
5.2.1.8 Hava geçirgenliği	60
5.3 Deneysel Sonuçlar	60
5.3.1 Kumaş gramaj ölçümleri	60
5.3.2 Kumaş lif türünün belirlenmesi.....	60
5.3.3 Kumaş su buharlaşma oranının belirlenmesi	63
5.3.4 Dikey ıslanma.....	67
5.3.5 Transfer ıslanma.....	73
5.3.6 Su buharı geçirgenliği	82
5.3.7 Isıl iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık.....	85
5.3.8 Hava geçirgenliği	91

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR	99
EKLER.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

REM	: Rapid Eye Movement
NREM	: Nonrapid Eye Movement
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BS	: British Standards
ISO	: International Organization for Standardization

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Hava geçirgenliği standartları	35
Çizelge 4.1 : Örne tekniğine göre sandviç kumaşların avantaj ve dezavantajları	50
Çizelge 5.1 : Kumaş gramajları ve lif içeriği.....	61
Çizelge 5.2 : Kumaş numunelerinin ortalama su buharlaşma oranı	63
Çizelge 5.3 : Transfer ıslanma sonuçları için korelasyon katsayısı ve p değerleri....	79
Çizelge 5.4 : Her iki yüzü pamuklu kumaşlar için korelasyon katsayısı ve p değerleri	80
Çizelge 5.5 : Kumaşların ortalama su buharı geçirgenlik indeks değerleri	83
Çizelge 5.6 : Kumaş ısı direnç, ısı iletkenlik ve kalınlık değerleri.....	86
Çizelge 5.7 : Isı iletkenlik ve ısı direnç için korelasyon katsayısı ve p değerleri...	89
Çizelge 5.8 : Isı direnç korelasyon katsayısı ve p değerleri	89
Çizelge 5.9 : Isı direnç-dikey ıslanma korelasyon katsayısı ve p değerleri.....	89
Çizelge 5.10 : Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları	892
Çizelge A.1 : May boyuna dikey ıslanma sonuçları.	105
Çizelge A.2 : May enine dikey ıslanma sonuçları.	107
Çizelge A.3 : Transfer ıslanma numune ağırlık değişimleri.	110

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Kılcal yapıda sıvı yükselmesi.....	24
Şekil 3.2 : Tekstil malzemelerinde sıvı transferinin ilüstrasyonu.....	29
Şekil 3.3 : Temas açısı	29
Şekil 3.4 : Nemin transfer edildiği kumaş tabakaları	31
Şekil 4.1 : Sandviç kumaş.....	41
Şekil 4.2 : Dokuma sandviç kumaş üretimi	43
Şekil 4.3 : Dokuma sandviç kumaş yapısı	43
Şekil 4.4 : Düz örme makinasında üretilen sandviç kumaş örnekleri.....	44
Şekil 4.5 : Atkılı örme sandviç kumaş konstrüksiyonu	44
Şekil 4.6 : Yuvarlak örme makinasında üretilen sandviç kumaş yapıları	45
Şekil 4.7 : Jakar desenli yuvarlak örme sandviç tekstiller.....	45
Şekil 4.8 : V yataklı düz örme makinasında üretilen sandviç kumaş uygulamaları ..	46
Şekil 4.9 : Sandviç kumaş üretimi	48
Şekil 4.10 : Raschel makinasında sandviç kumaş üretimi	49
Şekil 4.11 : High Distance Sandviç Tekstiller	50
Şekil 4.12 : Değişken kalınlıklı sandviç kumaş üretimi	50
Şekil 5.1 : Kumaş gramaj kesim aleti	55
Şekil 5.2 : Dikey ıslanma test düzeneği	57
Şekil 5.3 : Transfer ıslanma test düzeneği	57
Şekil 5.4 : Döner platform metoduna göre su buharı geçirgenliği test düzeneği	58
Şekil 5.5 : ALAMBETA test cihazı.....	59
Şekil 5.6 : ALAMBETA cihazının bölümleri.....	59
Şekil 5.7 : Kumaş gramajları	61
Şekil 5.8 : Polyester lifinin mikroskop altında görünüşü	62
Şekil 5.9 : Pamuk lifinin mikroskop altında görünüşü	62
Şekil 5.10 : Viskon lifinin mikroskop altında görünüşü.....	62
Şekil 5.11 : Modal lifinin mikroskop altında görünüşü	63
Şekil 5.12 : Gramaja göre kumaşların su buharlaşma oranı	64
Şekil 5.13 : Kalınlığa göre kumaşların su buharlaşma oranı	64
Şekil 5.14 : Su buharlaşma oranı ve buhar geçirgenliği arasındaki ilişki.....	66
Şekil 5.15 : Ortalama may boyuna dikey ıslanma (mm)	69
Şekil 5.16 : Ortalama may enine dikey ıslanma (mm)	69
Şekil 5.17 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış).....	70
Şekil 5.18 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış).....	70
Şekil 5.19 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış)	71
Şekil 5.20 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış)	71

Şekil 5.21 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış)	72
Şekil 5.22 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış)	72
Şekil 5.23 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış)	73
Şekil 5.24 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış)	73
Şekil 5.25 : 1 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	74
Şekil 5.26 : 2 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	74
Şekil 5.27 : 3 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	74
Şekil 5.28 : 4 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	74
Şekil 5.29 : 5 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	75
Şekil 5.30 : 6 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	75
Şekil 5.31 : 7 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	75
Şekil 5.32 : 8 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	75
Şekil 5.33 : 9 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	76
Şekil 5.34 : 10 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	76
Şekil 5.35 : 11 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	76
Şekil 5.36 : 12 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	76
Şekil 5.37 : 13 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	77
Şekil 5.38 : 14 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	77
Şekil 5.39 : 15 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	77
Şekil 5.40 : 16 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	77
Şekil 5.41 : 17 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer	78
Şekil 5.42 : Her iki yüzü pamuk kumaşların yüzyüze transfer ıslanma oranları	80
Şekil 5.43 : Her iki yüzü farklı kumaşların yüzyüze transfer oranları	81
Şekil 5.44 : Her iki yüzü pamuk kumaşların yüzden arkaya transfer oranları	81
Şekil 5.45 : Her iki yüzü farklı kumaşların yüzden arkaya transfer oranları	82
Şekil 5.46 : Kumaşların ortalama su buharı geçirgenliği (gramaja göre sıralanmış)	83
Şekil 5.47 : Kumaşların su buharı geçirgenliği (kalınlığa göre sıralanmış)	84
Şekil 5.48 : Kumaş ısı iletkenlik değerleri (gramaja göre sıralanmış)	86
Şekil 5.49 : Kumaş ısı iletkenlik değerleri (kalınlığa göre sıralanmış)	87
Şekil 5.50 : Kumaş ısı direnç değerleri (gramaja göre sıralanmış)	87
Şekil 5.51 : Kumaş ısı direnç değerleri (kalınlığa göre sıralanmış)	88
Şekil 5.52 : İletkenlik-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki	90
Şekil 5.53 : Isı direnç-kumaş kalınlık ilişkisi	91
Şekil 5.54 : Gramajına göre sıralanmış kumaşların hava geçirgenliği sonuçları	92
Şekil 5.55 : Kalınlığına göre sıralanmış kumaşların hava geçirgenliği sonuçları	93
Şekil 5.56 : Hava geçirgenlik-gramaj ilişkisi	94

SANDVIÇ KUMAŞLARIN TERMAL KONFOR ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Uyku kişi yaşamı için en temel etkinliklerden biridir ve fizyolojik bir ihtiyaçtır. Uyku sırasında beyin öğrenme, hafıza ve anlayış yaratma ile ilgili yolları oluşturur. Kişinin dinlenmişlik düzeyi sadece toplam uyku süresine değil aynı zamanda gecenin ne kadarını uykuda geçirdiğine ve uyku evrelerinin zamanlamasına bağlıdır. Uyku miktarı ve kalitesinin yetersiz olması ise uyku bozukluklarına yol açmaktadır. Uyku bozuklukları da fiziksel ve ruhsal olmak üzere pek çok hastalığın belirtisi olarak ortaya çıkmaktadır. Fizyolojik bir ihtiyaç olarak uyku gereksinimi karşılanmadığı zaman kişinin yaşam kalitesi ve sağlığı bozulur. Çünkü uyku süreci organizmanın dinlenmesini sağlamak yanında insan vücudunun yenilenmesini sağlar.

İyi bir gece uykusu sağlanması için çevre koşulları çok önemlidir. Parlak ışık ya da gürültü kaynakları, rahatsız yatak ve aşırı sıcak uyku ortamı uyku kalitesini bozarak kişinin yaşam kalitesini etkiler. Vücudun termal konforu günlük yaşamda olduğu gibi uyku sürecinde de çok önemlidir.

Konfor ise memnuniyet ve rahatlık hissi veya fiziksel ya da ruhsal olarak iyi durumu ifade eden bir terimdir. Literatürde çok çeşitli konfor tanımları yapılmıştır. “Acı ve konforsuzluktan bağımsız nötr durum”, “İnsan ve çevre arasındaki fizyolojik uyum” bu tanımlardan en yaygınlarıdır. Termal konfor ise vücudun termal dengesi ve çevre ile giysiye olan dinamik etkileşimi ile ilgilidir. Isı ve nem termal konfor üzerinde büyük rol oynamaktadır.

Bu çalışmada yatak zemininde kullanılan kumaşların termal konfor analizleri yapılarak, uyku süresince termal açıdan konforlu olunması için gerekli yatak kumaşı özellikleri araştırılmıştır. Yatak yüzeyinde yaygın olarak kullanılan kumaşlar tanıtılmış, yatak ve yatak kumaşı üreticilerinin kullandıkları son teknolojiler incelenmiştir. Termal konfor koşullarının değerlendirilmesi amacıyla temin edilen kumaşların gramaj ölçümü, dikey ıslanma ve transfer ıslanma analizleri, buhar geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç, kalınlık ve hava geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda da kişinin yaşamının yaklaşık üçte birini kaplayan uyku süresince termal konfor durumunu etkileyen önemli bileşenlerden biri olan yatak yüzey kumaş özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

THERMAL COMFORT PROPERTIES OF SPACER FABRICS

SUMMARY

Sleep is one of the basic activities for human life and is a physiological need. During sleep duration brain forms paths for learning, memory and perception creation. When physiological need of sleep is not satisfied human health and life quality are deteriorated. Because sleep duration relaxes and renews the human body. Inadequate sleep duration and quality cause sleep disorders. Insomnia or lack of sleep leads to serious health problems. Chronic insomnia increases the risk of obesity, diabetes, cardiovascular disease and infection.

Environment conditions are very important for sleep quality. Bright light or noise sources, uncomfortable bed or extremely hot sleep environment disrupt sleep and affect person's life quality.

Sleep is mainly divided into two periods:

1. NREM (Non rapid eye movement)
2. REM (Rapid eye movement)

NREM sleep is the relaxing and deeper sleep period. It refers to overall decrease in activity in physical and physiological sense. In REM period rapid eye movements are observed and human metabolism, heart and breath rate increase. Main factors influencing the sleep characteristics are the amount of the time it takes to fall asleep, total sleep duration and number of awakenings during the night

Comfort is a term expressing a pleasant and comfortable state mentally and physically. In the literature there are various comfort definitions: "Neutral state independent of pain and discomfort", "Physiological harmony between person and environment" are some common definitions. Thermal comfort is closely related to thermal balance of human body and dynamic interaction between human body and clothing material. It is defined as state of mind expressing satisfaction from the thermal environment. Heat and moisture play major role on thermal comfort.

Overheating or overcooling the whole or a part of body leads to thermal discomfort. Factors determining the thermal comfort of people are divided into environmental and personal factors. Environmental factors are temperature, thermal radiation, moisture and air velocity. On the other hand personal factors are personal activity, physical condition and clothing.

The term "thermoregulation" refers to four mechanisms: sweating, shivering, vasodilatation and vasoconstriction. Sweating increases heat loss by the evaporation of perspiration from the body surface. Shivering leads to heat production by involuntary muscle action. Vasodilatation and vasoconstriction refer to variation in vessel diameters. These changes allow body temperature variation by changing bloodflow. Conductivity under body surface increase by changing bloodflow and internal body heat is transferred to body surface. Perspiration transferred to skin is

transmitted to outer environment by evaporation and convection. In cold environments muscle straining and shivering accelerate heat production and body temperature. Combination of heat loss and heat intake control mechanisms protect internal body temperature interval.

Skin is the first barrier between organism and its environment. It keeps uncontrolled water intake or loss in low level. Furthermore skin includes complex vascular systems and sweat glands which change skin conductivity due to the thermoregulation need of body. Four types of temperature sensitive nerve endings which can detect skin temperature are included in skin. Skin consists of two main layers called dermis and epidermis. Dermis is thicker than epidermis and its thickness changes according to the body part.

Thermal environment is created by four main physical parameters: air temperature, mean radiant temperature, relative air velocity, vapor pressure in air. All of these four factors are controllable. Besides environmental factors activity level and clothing thermal resistance influence thermal comfort.

Internal temperature of resting person's body is kept within a narrow range around 37°C. This temperature remains constant, even in case of major changes in ambient temperature. However internal body temperature varies in different body parts according to the local heat balance. Some organs are cooled and some organs are warmed by the blood flow. During physical activity internal body temperature increases according to the intensity of the activity. Increase in body temperature varies from person to person and depends on the maximum oxygen intake.

When skin touches a surface hot or cold feeling due to transient heat conduction occurs. Lower surface temperature of fabric causes heat outflow from skin. Heat loss results in a decrease in body temperature. As the heat flux increases temperature reduction around thermoreceptors becomes more rapid. Structural characteristics of the fabric, especially the surface structure has an impact on the hot and cold sensation.

In this study thermal comfort analysis of bed surface fabrics are made and fabric properties of thermally comfortable bed fabrics are investigated. Common bed surface fabrics are presented and latest technologies applied by manufacturers are surveyed. In order to evaluate the thermal comfort conditions of supplied fabrics fabric weight measurement, vertical wicking and transfer wicking analysis, water vapor permeability, water evaporation rate, thermal conductivity, thermal resistance, fabric thickness and air permeability measurements are made. Measurement results are statistically evaluated by IBM SPSS 20.

In vertical wicking analysis fabric samples are immersed into distilled water for 10 minutes and water height is recorded. Vertical wicking is governed by capillary pressure. Fibers with small and smooth pores have high capillarity. Vertical wicking property of polyester fiber is good due to its high capillarity.

In transfer wicking test liquid transfer between wet and dry fabric samples that are put in rubber discs is measured. Pressure applied by discs simulate the pressure applied to textile materials during use. In transfer wicking test liquid transfer characteristics of fabrics under pressure are analyzed.

Water evaporation rate is a measure of drying rate of a fabric. The most important parameter for water evaporation rate is the fiber regain. Water vapour permeability is important for determination of fabric comfort features because perspiration is

excreted from body in vapour form. Fabrics touching the skin should be water vapour permeable. In water vapour permeability the most important parameter is the pores between fibers.

Thermal conductivity, thermal resistance and fabric thickness measurements are other tests performed for thermal comfort analysis of a fabric. Thermal conductivity and thermal resistance properties of fabrics used in bed surface are very important for thermal comfort and thermal insulation. Thickness is also critical for thermal comfort and insulation. Thickness has negative effect on thermal conductivity while it has negative effect on thermal resistance. Also weight has positive effect on thermal resistance.

Air permeability is another important comfort property. Materials that are used in beds should be air permeable to provide comfortable sleep environment. In this study light fabrics are observed to have good air permeability.

Comfort conditions in bed directly effect person's sleep and life quality. As a result academic research about sleep environment and bed surface fabrics is of great importance. In this study it is tried to determine the role of textile materials used as bed surface material on thermal comfort of human body. The results obtained from performed analysis are evaluated and properties of ideal sleep surface material is tried to be determined.

1. GİRİŞ

Uyku insanoğlunun hayati ihtiyaçlarından biridir. İnsan ömrünün yaklaşık üçte biri uykuda geçmektedir. Uyku halindeki bilinç durumu uyanık haldeki bilinç durumundan daha farklıdır. Beyin ve vücut işlevleri uyku boyunca aktiftir ve uykunun her aşaması beyin dalgalarının türü ile ilgilidir. Kişinin dinlenmişlik düzeyi sadece toplam uyku süresine değil aynı zamanda gecenin ne kadarını uykuda geçirdiğine ve uyku evrelerinin zamanlamasına bağlıdır. Uyku miktarı ve kalitesinin yetersiz olması ise uyku bozukluklarına yol açmaktadır. Uyku bozuklukları da fiziksel ve ruhsal olmak üzere pek çok hastalığın belirtisi olarak ortaya çıkmaktadır [1,2].

İyi bir gece uykusu sağlanması için çevre koşulları çok önemlidir. Parlak ışık ya da gürültü kaynakları, rahatsız yatak ve aşırı sıcak uyku ortamı uyku kalitesini bozarak kişinin yaşam kalitesini etkiler [2]. Vücudun termal konforu günlük yaşamda olduğu gibi uyku sürecinde de çok önemlidir. Yatak ikliması giysiden ayrı olarak çevre sıcaklığı ve yatak tasarımına bağlıdır. Yapılan çalışmalarda yatak ikliması için termonötral bölge 30° C olarak belirlenmiştir. Nötr çevre sıcaklığının ise 19° C olduğu, bu sıcaklıktan sapma durumunda ise kişilerin konforsuzluk duydukları görülmüştür. Ortamın soğuk olmasının uyku üzerindeki bozucu etkisi ortamın sıcak olmasının bozucu etkisinden daha fazladır [3].

Isı kaynaklı uyku bölünmeleri uykunun ilk safhalarında daha yoğun yaşanmaktadır. İlk uyku aşamalarından sonra iklimada oluşan ısının uyku üzerindeki bozucu etkisi gece boyunca oluşan ısı stresi veya ortam sıcaklığının düşük olması kadar yoğun değildir. Termonötral bölgenin farklı cinsiyet, yaş ve coğrafi bölgelerde yaşayanlar arasında belirgin bir farklılık göstermediği görülmüştür. Bununla birlikte bir çalışmada kişilerin uyku sırasında düşük sıcaklığa gösterdikleri hassasiyetin farklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden yatak tekstillerinden beklenti kişiden kişiye değişmektedir [3].

Bu tez kapsamında uyku ortamının kişinin termal konforu üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu amaçla yatak yüzeyinde kullanılan farklı özelliklere sahip kumaşların kişinin uyku sürecindeki termal konforu üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Bu kapsamda farklı malzemeler kullanılarak üretilmiş konvansiyonel yatak kumaşlarının konfor analizleri yapılacak, elde edilen sonuçlara göre yatak kaplamalarında kullanılan kumaş özelliklerinin termal konfor üzerindeki etkisi belirlenecektir.

2. UYKU VE EVRELERİ

Uyku kişi yaşamı için en temel etkinliklerden biridir ve fizyolojik bir ihtiyaçtır. Uyku sırasında beyin öğrenme, hafıza ve anlayış yaratma ile ilgili yolları oluşturur. Fizyolojik bir ihtiyaç olarak uyku gereksinimi karşılanmadığı zaman kişinin yaşam kalitesi ve sağlığı bozulur. Çünkü uyku süreci organizmanın dinlenmesini sağlamak yanında insan vücudunun yenilenmesini sağlar. Uyku sırasında beyin öğrenme, hafıza ve anlayış geliştirme ile ilgili yolları oluşturur ve uyku gereksinimi yeterli biçimde doyurulmadığında odaklanma ve dikkat eksikliği ile tepkilerde yavaşlama gözlenir. Uyku eksikliği duygudurum bozukluklarına da yol açar. Ayrıca kronik uyku eksikliği obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalık ve enfeksiyon riskini artırmaktadır [2,4].

2.1 Fizyolojik Olarak Uyku

Uyku ve uyanıklık bu süreçleri kontrol eden RAS (Reticular Activating System) ve BSR (Bulbar Synchronizing Region) merkezlerinin inhibasyon ve aktivasyonu ile ortaya çıkar. RAS çeşitli uyarıları anlamlandırır ve aktive edildiğinde uyanıklık oluşur. Uyku üzerinde çeşitli nörotransmitterler rol oynar ve bunlar içinde en önemlisi serotonindir. Serotonin salgılanması sonucunda uyku ortaya çıkar ve BSR aktivitesi azalır. Serotonin seviyesi arttıkça RAS inhibasyonu oluşur. Uygun ortam ve rahat pozisyonda olmak RAS uyarılmasını azaltarak uykuya geçişi sağlar [4].

2.2 Uykunun Evreleri

Uyku iki ana periyoda ayrılır:

1. NREM (Non rapid eye movement/ Hızlı göz hareketlerinin olmadığı uyku)
2. REM (Rapid eye movement/ Hızlı göz hareketli uyku)

Gözlerin kapandığı andan uykuya geçene kadar geçen döneme ise latent dönem denir [4].

2.2.1 NREM/ Hızlı göz hareketlerinin olmadığı uyku

Uykunun dinlendirici evresi NREM uykusudur ve uykunun derin evresini oluşturur. Fiziksel ve psikolojik anlamda aktivitenin azaldığı genel uykuyu ifade etmektedir. Evre I, II, III ve IV şeklinde 4 ana evreye ayrılmaktadır. Evre I uyanıklıktan uykuya geçiş dönemidir ve yarım ila 7 dakika arasında sürer. Evre I'de uyku hafiftir ve çeşitli uyaranlarla uyku bozulabilir. Evre II'de uyku derinleşmiştir ve kalp atım sayısı ve solunum azalırken beden ısısı da düşmektedir. Süresi 10 ila 20 dakika arasındadır. Evre III uykusu ise evre II'den de derindir ve uykuyu kesmek için uyaranların daha şiddetli olması gerekir. Bu evre 15 ila 30 dakika arasında sürerken solunum düzenli ve kalp atımı yavaştır. Kaslar gevşek ve vücut sıcaklığı düşüktür. Evre IV uykusu fiziksel dinlenmenin sağlandığı uyku evresidir. Yine bu evrede kalp atışı ve metabolizma yavaş, kaslar gevşek ve vücut ısısı düşüktür. Horlama ve uyurgezerlik evre IV'te görülebilir. Somatotropin ve büyüme hormonunun salgılandığı uyku evresi de evre IV'tür [4].

2.2.2 REM/ Hızlı göz hareketli uyku

NREM döneminden REM dönemine geçiş uyku başlangıcından yaklaşık 90 dakika sonraya denk gelmektedir. Gece uykusu boyunca da her 90 dakikalık periyod bitiminde yeni bir REM evresi başlar. İlk REM evresi 10 dakika, sonraki REM evreleri 15 ila 40 dakika arasında sürer. Sabaha karşı ise süresi 60 dakikaya kadar uzayabilir. Rüyaların % 80'inin görüldüğü evre REM evresidir. REM evresinde hızlı göz hareketleri görülür. Metabolizma, kalp atışı ve solunum artar [4].

2.3 Uykunun Önemi

Uyku organizmayı korur ve yeniler, gerekli uyku ihtiyacı karşılanmadığı takdirde ise kişinin karar verme ve günlük aktiviteleri yerine getirebilme becerilerinde azalma ortaya çıkar. Uyku eksikliği aynı zamanda kişiyi gerginleştirir. Epitel ve beyin dokusu yenilenmesi NREM uykusu sırasında olur. IV. Evre NREM uykusu sırasında büyüme hormonu salgılanır, protein sentezlenir ve dokular yenilenir. Bu durum özellikle NREM IV. evre uykusu daha fazla olan çocuklarda önemlidir. Uyku sırasında yavaşlayan metabolizma vücut enerjisinin korunmasını sağlar.

REM uykusu özellikle beyin faaliyetleri için önemlidir. REM uykusunun yetersiz olması gergin ve endişeli ruh haline sebep olur. Özellikle kronik uyku yetersizliği

olan kişilerde depresyon gelişme olasılığı yüksektir. Uyku yetersizliği vücudu stres altına sokar ve gün boyunca adrenalin, kortizol ve diğer stres hormonlarının daha fazla salgılanmasına yol açar. Bu hormonlar kan basıncındaki dalgalanmaları engelleyerek kişiyi kalp damar hastalıklarına açık hale getirir. Ayrıca yine uyku eksikliği sonucunda kalp rahatsızlıkları üzerinde rol oynayan proteinlerin üretimi artar.

REM uykusu sırasında görülen rüyalar kişinin duygularının aydınlanmasını sağlar. Görülen rüyaya cevap olarak kalp atım hızı ve nefes hızı artıp azalır ve kan basıncı değişken hale gelir. Gece boyunca kalp, nefes ve kan basıncında yaşanan değişiklikler kişinin kalp damar sağlığının korunmasını sağlar. Uyku ayrıca hormonal sistem üzerinde de etkilidir. Uyku özelliklerini etkileyen başlıca faktörler ise uykuya dalma sırasında geçen sürenin miktarı, gece boyunca uykudan uyanma sayısı ve toplam uyku süresidir [2,4].

3. KONFOR

Konfor, memnuniyet ve rahatlık hissi veya fiziksel ya da ruhsal olarak iyi durumu ifade eden bir terimdir. Literatürde çok çeşitli konfor tanımları yapılmıştır. “Acı ve konforsuzluktan bağımsız nötr durum”, “İnsan ve çevre arasındaki fizyolojik uyum” ve “İnsan vücudu ile çevresi arasında fizyolojik ve psikolojik uyumun memnuniyet verici durumda olması” bunlardan bazılarıdır. Giysi konforu psikolojik, termofizyolojik ve duysal konfor olarak üç ana bölüme ayrılır. Psikolojik konforun diğer bir adı da estetik konfordur ve insan psikolojisini etkileyen giyim malzemesi özelliklerinin duysal olarak algılanan bölümü olarak tanımlanır. Tuşe ve dokunsal özellikler ise ciltle doğrudan temas eden kumaşlar için çok önemlidir. Bu kumaşlarda dokunsal parametreler konforu etkiler, çünkü giyim malzemelerinin oluşturduğu duysal his basınç ve sürtünme kuvvetlerinden doğan uyaranlara bağlıdır. Termal konfor ise vücudun termal dengesi ve çevre ile giysiye olan dinamik etkileşimi ile ilgilidir. Isı ve nem termal konfor üzerinde büyük rol oynamaktadır [5, 6, 7].

3.1 İnsan Vücudunun Termal Konforu

Termal konfor genel olarak termal ortamdan memnuniyeti ifade eden zihin durumu olarak tanımlanır. Vücudun tümünün veya bir bölümünün fazla ısınması ya da soğuması ise termal ortamdan rahatsızlığa yol açar. Kişinin termal konforunu belirleyen faktörler çevresel ve kişisel faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çevresel faktörler sıcaklık, termal radyasyon, nem ve hava hızı iken kişisel faktörler kişisel aktivite ve kondisyon ile giysidir [8,9].

Termal çevre dört ana fiziksel parametre tarafından oluşturulur: hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, bağıl hava hızı, havadaki buhar basıncı. Bunların dördü de kontrol edilebilir faktörlerdir. Kişinin konforu çevresel faktörler dışında aktivite seviyesi ve giysinin termal direncinden etkilenir [10].

Metabolizma tarafından üretilen enerji kısmen mekanik güce çevrilirken büyük bir kısmı iç vücut sıcaklığına harcanır. Farklı aktivite koşullarında vücut iç sıcaklık

üretim hızı farklıdır. İnsan vücudundan ısı kaybının farklı şekilleri vardır. Bunlar difüzyon (E_d), buharlaşma ve salgılama (E_{rs}), gizli solunum (L), kuru solunum (iletim C ve ısıma R) ve giysiden iletimdir (K_{clo}). Buna göre vücudun ısı denge şartları aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$H - E_d - E_{rs} - E_{re} - L = K_{clo} = R + C \quad (3.1)$$

İnsanların farkında olmadıkları nem kaybına hissedilmeyen terleme denir. Bu olayda su cildin alt katmanlarından cilt yüzeyine yayılarak buharlaşır. Sıvıyı buhar formuna getirmek için ısı gerektiğinden cilt yüzeyine yayılan suyun buharlaşması vücudu serinletir. Oda sıcaklığında hareketsiz duran bir kişi toplam vücut ısının %10'unu bu şekilde suyun buharlaşmasıyla kaybeder. Hareketsiz bir kişide toplam nem kaybının üçte ikisi ciltten, üçte biri ise akciğerlerden gerçekleşir. Duyulur terleme ise vücudun iç suyunun buharlaşmasının ve iletim, konveksiyon ve ısımayla gerçekleşen ısı kaybının yetersiz olduğu durumlarda gerçekleşir. Ter miktarı aktivite düzeyinin, hava sıcaklığı ve/veya neminin artışıyla önemli ölçüde artar [11].

3.2 Vücudun Termoregülasyonu

Dinlenme halindeki bir kişinin vücut iç sıcaklığı biyolojik olarak 37° C civarında dar bir aralıkta tutulur. Bu sıcaklık çevre sıcaklığındaki büyük değişimlerde bile sabit kalmaktadır. Ancak vücut içindeki sıcaklık farklı vücut organlarında lokal ısı dengesine bağlı olarak değişir. Bazı organlar kan akışıyla ısınırken diğer organlar kan akışıyla soğutulur. Fiziksel aktivite sırasında vücut iç sıcaklığı fiziksel aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak artar. Sıcaklık artışı kişiden kişiye değişir ve kişinin maksimum oksijen alımına bağlıdır.

Çıplak durumdaki bir kişinin deri yüzey sıcaklığı bölgeden bölgeye değişmektedir. El ve ayak gibi ısı kaynağından en uzakta bulunan bölgeler genel olarak vücudun diğer bölgelerinden daha soğuktur. Isı düzenlemesi ise ısı kaybının ısı üretimine oranına göre otonom sinir sistemi tarafından yapılır. Isı düzenlemesinden sorumlu bölgeler otonom sinir sisteminin yönetiminde büyük önem taşıyan hipotalamusta bulunmaktadır.

Beyindeki sıcaklık sensörleri lokal ısı uyaranlara cevap verirler. Hipotalamustaki diğer hücreler ise derideki termoreseptörlerden veya diğer beyin bölgelerinden bilgi alarak ve sensörlerden aldıkları sinyalleri modifiye ederek termal efektörlerin

alışmasını kontrol eder. Omurilik ve karın lokal sıcaklığa cevap veren termal sensörlerin bulunduğu diğer bölgelerdir [7].

Termoregülasyon genel olarak dört mekanizmayı ifade eder: terleme, titreme, vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon. Terleme terin buharlaşması vasıtasıyla vücuttan ısı kaybını artırır. Titreme ise kasların istemsiz hareketiyle ısı üretilmesini sağlar. Vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon ise kan damarlarının çapındaki değışimi ifade eder. Bu değışiklikler kan akımını değıştirerek vücut sıcaklığının değışmesini sağlar. Kan akımının artmasıyla deri yüzeyinin altındaki iletkenlik artar ve bu şekilde vücut içinden deriye ısı transfer edilir. Deriye taşınan ter buharlaşma ve konveksiyonla deri yüzeyinden dış çevreye aktarılır. Soğuk çevrede ise kasların gerilmesi ve titreme ısı üretimini ve vücut sıcaklığını artırır. Kan akımının azalmasıyla azalan iletkenlik ısınn dış çevreye kaçmasını önler. Isı kaybı ve ısı alım kontrol mekanizmalarının kombinasyonu vücut iç sıcaklığının dar bir sıcaklık aralığında tutulmasını sağlar.

Deride yerleşmiş olan ve sıcak ile soğğa duyarlı sinir uçları sempatk sinir sistemi vasıtasıyla ön hipotalamusa sinyal gönderirler. Ciltte soğuk sensörlerin sayısı sıcak sensörlerinin yaklaşık on katıdır. Ayrıca soğuk sensörler cilt yüzeyine sıcak sensötlerine göre daha yakındır. Eğer vücudun belli bölgeleri ısınır ya da soğursa terleme ve vazokonstriksiyon başlar [11].

3.2.1 Vücut-çevre ısı değışimi

Vücudun sabit ısısının korunması için vücudun aldığı ve kaybettiği ısınn dengelenmesi gerekir.

3.2.1.1 Vücuda alınan ısı

Vücutta ısı üretimi başlıca karaciğer, beyin, kalp ve egzersiz sırasında kaslarda gerçekleşir. Bu ısı dokular ve kan damarları aracılığıyla deriye ve çevreye yayılır. Metabolik ısı üretimi egzersiz seviyesine bağlıdır. Bazal metabolizma oturur durumdaki bir insanın metabolizması olarak belirlenmiştir. Farklı beden ve metabolizmaya sahip kişilerin metabolizmasını tanımlamak üzere “met” kavramı tanımlanmıştır ve “met” bazal metabolizmanın katları olarak ifade edilmektedir.

Beyin metabolizması iyonları nöron hücre zarları vasıtasıyla dağıtmak için kullanılır. Özellikle ağır zihinsel akivitede nöron metabolizması iki katına çıkar. Isı aynı

zamanda çevreden deri vasıtasıyla alınır. Çoğu koşul altında konveksiyon ve buharlaşma metabolik ısıyı vücuttan uzaklaştırırken sıcak rüzgarlar deri sıcaklığını yükseltmektedir [11].

3.2.1.2 Isı kayıpları

İletim:

İnsan vücut yüzeyinden çevre ortama ısının direkt transferi iletimle gerçekleşir. Bu mekanizma insan vücudundan gerçekleşen toplam ısı kaybının % 5'ini oluşturur ve vücut alanına, vücudun temas ettiği cisim ve havanın sıcaklığına ve bunların termal iletkenliğine bağlıdır. İletimle ısı kaybı en çok batma hipotermisinde önemlidir çünkü su ısıyı havadan 30 kat daha hızlı iletir ve suyun spesifik ısı kapasitesi kuru havadan 1000 kat daha fazladır [7, 12].

Konveksiyon:

Isının sıvı ve gazlarda sirkülasyonu ile gerçekleşen ısı kaybıdır. Konveksiyon hava ya da suyun vücut çevresinde blok halinde hareketini ifade eder. Vücuda temas eden hava ya da su ısınır. Hareket ısınan bu hava ya da su kütesini vücuttan ayırır ve yeni bir kütle vücuda temas ederek ısınır.

Konveksiyonla ısı kaybı vücudun toplam ısı kaybının % 15'ini oluşturur ve hava hızının kareköküne bağlıdır [7, 12].

Işıma:

Işıma enerjinin bir ortamdan dalgalarla transfer edilmesidir. İnsan vücudundan gerçekleşen ısı kaybının % 60'ı bu yolla gerçekleşir. Bu şekilde radyant ısı kaybı derideki kan akışı ve vücudun çevreye temas eden yüzeylerine bağlıdır [12].

Buharlaşma

Buharlaşma bir katı ya da sıvının buhar faza geçmesidir. Vücuttan gerçekleşen ısı kaybının % 20'si buharlaşmayla gerçekleşir. Buharlaşmayla ısı kaybı vücudun çevreye temas eden yüzey alanına ve havanın bağıl nemine bağlıdır [12].

3.2.1.3 Vücut-çevre ısı değişiminde etkili faktörler

Sıcaklık:

Hava sıcaklığı ne kadar yüksek ise vücudun konveksiyon, iletim ve ışıma ile kaybettiği ısı da o kadar az olur. Çevre sıcaklığı kişinin deri sıcaklığı üzerine çıkarsa o zaman vücut ısı kaybetmek yerine ısı alacaktır. Isı değişimi ile ilgili üç farklı sıcaklık kavramı vardır:

Hava sıcaklığı: Konvektif ısı kaybı (ortam havasının cilde temasla ya da akciğerlere girerek ısınması) veya ortam hava sıcaklığının vücut sıcaklığını aştığı durumlarda alınan ısı miktarını belirlemektedir.

Radyan sıcaklık: Bu değer ortamdaki duvarların ve cisimlerin ortalama sıcaklığı olarak kabul edilebilir. Radyan sıcaklık ciltle çevre arasında yer değiştirecek ısı miktarını ifade eder. Sıcak cisimlerle dolu bir ortamda radyan sıcaklık kolaylıkla vücut sıcaklığını geçer ve ortamdan deriye radyan ısı transferi başlar.

Yüzey sıcaklığı: Vücudun temas ettiği yüzeylerin sıcaklığı iletimle ısı transferi miktarını belirler. Yüzeyin sıcaklığı dışında yüzeyin iletkenliği, özgül ısı ve ısı kapasitesi iletimle ısı transferi miktarını belirleyen diğer faktörlerdir [13].

Hava nemi:

Çevre havanın nem miktarı (nem konsantrasyonu) buhar haldeki nemin (terin) ciltten çevre ortama salınıp salınmayacağını belirler. Genellikle cilt bölgesinin nem içeriği havadan daha fazladır, böylece ciltten buharlaşmayla ısı kaybı mümkün olur. Terin buharlaşması vücuttaki fazla enerjiyi dağıtmak için en önemli yöntemidir. Çevre neminin cildin nem miktarından fazla olması vücut için büyük stres oluşturur. Burada belirleyici faktör bağıl nem değil nem konsantrasyonudur. Bağıl nem oranı % 100 olan hava sıcaklığına bağlı olarak değişik miktarda nem içerebilir. Bağıl nem miktarının eşit olduğu koşullarda hava sıcaklığı ne kadar yüksekse nem içeriği de o kadar yüksektir. Hava sıcaklığının vücut sıcaklığından az olduğu durumlarda ter % 100 bağıl nem oranında bile deri yüzeyinden buharlaşabilir [11].

Rüzgar Hızı:

Hava hareketinin büyüklüğü hem konvektif hem de buharlaşmayla ısı kaybını etkiler. Her ikisinde de ısı değişimi artan rüzgar hızıyla artar. Soğuk ortamda vücut rüzgar varlığında daha çabuk soğur, çok sıcak ve nemli ortamda da daha çabuk ısınır.

Giysi Yalıtımı:

Giysiler ciltle çevre arasında ısı ve nem transferine dirençli bir katman oluşturur. Bu şekilde vücut aşırı sıcak ve soğuktan korunmuş olur. Aynı zamanda fiziksel efor gerektiren işlerdeki gereksiz ısı kaybını da önler.

Herhangi bir giysi ve faaliyet değişikliği yapılmadığı durumlarda konforlu çevre aralığı oldukça dardır. Hafif giysi ve düşük aktivite seviyesinde bu aralık 3,5°C'dir. Bu aralığı genişletmek için giysi ve aktivitede değişiklikler yapmak gerekir. Aktivite seviyesi ve giysi yalıtımındaki artış konfor aralığını daha düşük sıcaklıklara taşır. Örneğin metabolizma hızındaki 20 Wattlık ve giysi yalıtımındaki 0.2 clo'luk artış konfor aralığını yaklaşık 1° C aşağı çekmektedir.

Fizyolojik olarak konfor deri sıcaklığı ve nemi ile ilgilidir. 33 °C civarındaki sıcaklıklar termal olarak konforlu olarak nitelendirilmektedir [11].

3.2.2 Deri yüzeyinde nem değişimi

Buharlaşmayla atmosfere kaybedilen ısı (E) buharlaşmayla ısı değişimi katsayısı ve deri ve hava arasındaki su buhar basıncı farkı ile hesaplanır.

$$E=h_c w(P_{\text{deri doymuş}}-P_a) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (3.2)$$

h_c =buharlaşmayla ısı transfer katsayısı (W/m² kPa)

w =cilt ıslaklığı (birimsiz)

$P_{\text{deri doymuş}}$ =cilt yüzeyindeki su buhar basıncı (kPa)

P_a =havanın buhar basıncı (kPa)

Çıplak insan vücudunun etrafındaki hava tabakasının evaporatif ısı transfer katsayısı h_e konvektif ısı transfer katsayısı h_c üzerinden Lewis oranı kullanılarak elde edilebilir:

$$LR=h_e/h_c \quad (3.3)$$

Lewis oranı bir yüzeyin konvektif ısı transferi ve kütle transferi arasındaki ilişkiyi ifade eder. Tipik iç mekan koşulları için Lewis oranının yaklaşık değeri 16,5 K/kPa'dır.

Deri yüzeyinden evaporatif ısı kaybı derinin nem miktarı ile deri ve dış çevre arasındaki su buhar basınç farkına bağlıdır.

Cilt ıslaklığı ise aynı koşullar altında cildin evaporatif ısı kaybının tamamen ıslak cildin ($w=1$) maksimum evaporatif ısı kaybı E_{max} 'a oranı olarak tanımlanır. Buharlaşmayla ısı kaybı terin buharlaşmasıyla suyun ciltten doğal difüzyonunun kombinasyonu ile oluşur. Isıl düzenleme sonucu ortaya çıkan terleme dışında difüzyonla ortaya çıkan cilt ıslaklığı normal koşullarda 0,06'dır. E_{max} 'ın yüksek değerlerinde ya da düşük rutubete uzun süre maruz kalma sonucunda cilt ıslaklık değeri 0,02'ye kadar düşebilir.

Gıysili vücut için cilt ıslaklık oranı w 'nin 0,2'den büyük olması konforsuzluğa yol açar. Teorik olarak cilt ıslaklık değerinin 1,0'e yaklaşması mümkün olsa da pratikte 0,8'den yüksek olması zordur [11].

3.2.3 İnsan derisi

3.2.3.1 Derinin yapısı

Deri organizma ve çevresi arasındaki ilk bariyeri oluşturur. Kontrolsüz su alımı ya da kaybını düşük seviyede tutar. Vücudun termoregülasyon ihtiyacına göre iletkenliğini değiştiren kompleks vasküler sistemleri ve ter bezlerini içermektedir. Ayrıca derinin sıcaklığını algılayıp bu algıyı beyne ileten ısıya duyarlı dört çeşit sinir ucu içermektedir. Bazı bölgesel farklılıklar gösterse de vücudun pek çok bölgesinde derinin kalınlığı 2 mmdir. Deri epidermis ve dermis olarak iki ana tabakadan oluşmaktadır. Epidermis daha incedir ve daha kalın olduğu ayak tabanı ve avuç içi dışında genel olarak kalınlığı 0,075-0,15 mm arasında değişmektedir. Epidermisin en dış tabakasına stratum corneum adı verilir ve üst üste gelmiş plaka şeklindeki hücrelerden (korneosit) ve aralarındaki hidrofob yağ tabakasından oluşmaktadır. Stratum corneum 0,01 ila 0,1 mm arasında değişen kalınlığa sahiptir ve cildin su difüzyonuna karşı ilk bariyeridir. Korneositler nem transmisyonuna karşı geçirgen olmadığından nem stratum corneumu geçtikten sonra lipidlerin içinden geçer.

Korneositler çekirdek ve organellerini kaybettikten sonra yaşayamaz. Alttan gelen hücreler yerlerine geçtikçe cilt yüzeyinden düşerler. Korneositler protein hücre duvarı ve yapıyı sertleştiren keratinli fibril matristen oluşur. Suya daldırıldığında ya da yüksek atmosfer nemine maruz kaldıklarında nemi emerler ve % 25 oranında kalınlaşırlar. Stratum corneumun altında epidermal hücreleri üreten gövde hücreleri bulunur.

Dermis tabakası epidermisten daha kalındır ve kalınlığı vücut bölümüne göre değişir. Dermiste damar sistemleri, ter bezleri, ısı düzenlemesinden sorumlu sinirler bulunur. Ayrıca tırnak ve tüy folikülleri bu tabakada bulunur.

Dermisin altında deri altı yağ tabakası bulunur ve kalınlığı kişiden kişiye değişir. Normal bir kişide kalınlığı dermisin 17 katına ulaşmaktadır. Fonksiyonu vücut için besinlerden alınan enerjiyi depolamak ve altındaki kasları dış deri tabakasına iletmle ısı transferinden korumaktır [11].

3.2.3.2 Termoreseptörler

İnsanlar soğuk ve sıcakın farklı seviyelerini algılayabilir. Sinir uçlarının bağlı algısı kişinin termal algısını ve ısı duyu hassasiyetini belirler. Termoreseptörler ağırlıklı olarak deride ve hipotalamusta bulunur, ayrıca omurilik, bağırsaklar, büyük damarların içinde veya etrafında, üst karın ve göğüste de bulunmaktadır. Soğuk reseptörleri dermiste ortalama 0,15 ila 0,17 mm derinlikte bulunurken ılık reseptörleri 0,3 ila 0,6 mm derinlikte yer almaktadır. Buna göre soğuk reseptörleri epidermisin hemen altında yerleşmiş durumdayken ılık reseptörleri dermisin üst tabakasında bulunmaktadır. Soğuk termoreseptörlerin sayısı ılık reseptörlerinden on kat daha fazladır.

Termoreseptörlerin dinamik özellikleri termal duyu ve konforu belirlemektedir. Sıcaklık değişimi anında termoreseptörler uyarılarak yüksek frekansta sinyal gönderirken sıcaklık değişiminin ilk dakikası boyunca uyarı giderek azalarak sonunda sabit bir seviyeye ulaşır. Termoreseptörler sabit sıcaklığa bu seviyeden yanıt verirler [11].

3.2.3.3 Vasküler sistem

Kan sirkülasyonunun temel fonksiyonu besin maddelerini ve oksijeni dokulara ve organlara taşımaktır. Ayrıca kan sirkülasyonu vücut içi termal denge mekanizmalarını destekler. Soğukta deriye doğru kan akışı azalarak ısı vücut içinde tutulur (vazokonstriksiyon) ya da vazodilatasyon ile ısı vücut deriye doğru akışı sağlanır.

Derinin dış bölgelerinde (epidermis ve dermisin dış kısmı) dokuların termal direnci ısı akısını belirler ve derideki küçük kılcal damarlarda kan akışındaki değişkenlik

termal olarak önemli değildir. Ancak bunların altındaki deri altı bölgedeki yoğun damar ağı deri sıcaklığını ve deriden dış çevreye ısı akısını belirler.

Vasküler kontrol sempatik sinir sistemi vasıtasıyla gerçekleşir. Hipotalamusun arka kısmı ya da deri uyarıldığında sinir uyarılarının çevreye transfer hızı vazokonstriksiyon veya vazodilatasyona sebep olur. Parmak, el, ayak ve kulak gibi bölgelerde ise sıcaklık ve ısı kaybının geniş bir aralıkta dağılmasına yol açan ek vasküler kontrol mekanizmaları bulunmaktadır [11].

3.2.3.4 Titreme

Soğuk bölgelerde vücut iç sıcaklığını ilk olarak vazokonstriksiyonla korur. Bu mekanizmanın yetersiz kaldığı durumlarda kas tonusuyla başlayıp istemsiz titreme ile devam eden ek bir metabolik ısı kaynağı oluşturur. Titreme ile metabolik ısı üretimi hareketsiz durumun üç katına kadar çıkabilir. Titreme gövdede başlar ve ardından gövdeye bağlı organlara yayılır.

Soğukta vücut sıcaklığının termoregülasyondaki rolü sıcaktakinden daha fazladır. Vücut yağ kütlesi fazla olan insanlarda yağın yalıtım özelliğinden dolayı titreme daha az görülür. Titreme ile üretilen ısı vücut yağ kitlesinin karesi ile ters orantılıdır. Şişman insanlarda titremenin daha az görülmesinin bir sebebi de vücudun daha fazla ağırlık taşımasından dolayı üretilen metabolik ısıya göre daha fazla olmasıdır [11].

3.2.3.5 Termal stres

Kişi ekstrem koşullara maruz kaldığında (aşırı soğuk ya da aşırı sıcak) termoregülasyon sisteminin sınır değerlerine çok çabuk ulaşılır ve termoregülasyon sistemi üzerindeki kontrol kaybolur. Aşırı sıcak çevrelerdeki aktivite sırasında terleme hızı ve terin buharlaşma hızı vücuttan ısı kaybını kontrol eder. Isı kaybı yetersiz ise iç sıcaklık kontrol edilebilir seviye üzerine çıkar (hipertermi). Bu durum hidrasyonla birleştiği zaman ısı yorgunluğuna yol açar. Bu durumda kişi işine devam edemez, kan basıncı düşer ve kişi bayılır. Bu durum terlemenin durduğu ve iç sıcaklığın çok yüksek seviyelere çıktığı ısı felciyle sonuçlanır.

Termal stresin diğer akut etkileri ısı krampı, dehidrasyon ve ısı ödemidir. Ayrıca termal stres deride isilik ve ter bezlerinin iflası gibi sonuçlara da yol açar. Öte yandan aşırı soğuk çevrelerde ısı kaybı üretilen ısıdan daha fazladır ve bu durum vücut iç

sıcaklığının düşmesine neden olur. Bu durum hipotermi olarak bilinir ve vücut sıcaklığı düştükçe daha da ciddi sonuçlara yol açar. 35-36° C'lik vücut sıcaklıklarında kişinin kafası karışmaya başlar, titreme durur ve vücut sıcaklığındaki azalma devam eder. Vücut sıcaklığı 30 ° C'ye düştüğünde kişi bilinçsiz hale gelir. 27° C'de ise kalp durur. Ancak kişiler yeniden ısıtmayla çok düşük iç sıcaklıklardan bilinçli hallerine geri döndürülebilirler.

Endüstride kısa süreli soğuk ve sıcaktan kaynaklanan zararlarla karşılaşılabilir. Örneğin çelik işletmelerinde ve cam endüstrisinde çalışanlar ısı stresine maruz kalır. Yiyecek üretim endüstrisinde ise soğuk depolar ve dondurucular soğuk konforsuzluğuna ve hipotermiye sebep olabilir. Hipotermi vakaları kendilerini koruyamayacak kadar güçsüz yaşlı kişilerde normal çevre koşullarında bile görülebilmektedir.

Isı yükü iş sırasında sinirliliğe sebep olur ve kardiyovasküler sistem üzerinde gerilim yaratır. Akut ısı hastalıklarının kronik etkileri arasında ısı toleransının azalması, terbezlerinin bozukluğu, terleme kapasitesinde düşüş, kas ağrıları ve sertliği, hareketlilikte azalma, kronik ısı bitkinliği, merkezi sinir sistemi, kalp, böbrekler ve karaciğerde hücre hasarı sayılabilir [7].

Uzun kışlar ve soğuğa uzun süre maruz kalma da kardiyovasküler hastalık sebebiyle ölüm riskini artırır. Hem sistolik hem diastolik kan basınçları oda sıcaklığındaki seviyelerinden daha yüksektir. Akut soğuk sağlıklı ve kondisyonlu insanlarda bile sistolik kan basıncını yükseltmektedir. Soğuğa maruz kalma koroner kalp hastalığı dışında romatoid artrit, astım, kronik bronşit gibi solunum hastalıkları ve cilt hastalığına neden olmaktadır [7].

3.2.3.6 Uykuda vücut sıcaklığı

Uyku ve vücut sıcaklığı birbiriyle çok yakından ilgilidir. Uyku başlangıcı vücut iç sıcaklığında azalmaya sebep olur. Bu durumun tersi olarak periferik ısı kaybı ile ilgili vücut sıcaklığındaki düşüş uyku başlangıcı ve daha derin uyku evrelerine geçişi kolaylaştırır. Uykunun en derin olduğu zaman dilimi ile gece boyunca vücut sıcaklığının minimum olduğu zaman dilimi birbiriyle çakışmaktadır. Uyku sırasındaki ısı kaybını engellemek için insanlar vücutlarını örtüyle örterek 34° C'lik bir mikroklima oluştururlar. Bu sıcaklık uyanırken konforlu hissedilen sıcaklık aralığı olan 28-30° C'den daha yüksektir. Ayrıca cilt sıcaklığını yükselten durumlar

konforsuzluğa sebep olmadıkları sürece kişilerin uyuya kalmasına sebep olur. Ayakların ısıtılması da bu durumda efektif bir yöntemdir [11].

3.3 Tekstil Malzemelerinin Termal Özellikleri:

Literatürde tekstil malzemelerinin termal özellikleri ile ilgili çalışmalar çoğunlukla giyim malzemelerinin termal özellikleri üzerinde yapılmıştır. Giyim malzemeleri dışında vücuda temas eden kumaşların termal konfor özellikleri ile ilgili olarak detaylı çalışma çok fazla bulunmamaktadır. Ancak giyim malzemeleri haricinde vücuda teması olan kumaşların da termal özelliklerinin kişilerin konfor durumu üzerindeki rolü önemlidir. Bu durum özellikle direkt olarak vücuda temas etmeyen ancak ısı ve kütle transferi üzerinde rolü olan döşemelikler ya da yatak kumaşları için geçerlidir. Bu yüzden tekstil malzemelerinin termal özellikleri ile ilgili ağırlıklı olarak bilgiler giyim malzemeleri üzerinden verilecektir.

3.3.1 Giysi boyunca ısı değişimi

İnsan vücut ısısı iletim, konveksiyon, ışıma, buharlaşma ve solunum ile çevreye aktarılır. Vücut yüzeyinde giysi tabakasının varlığı vücuttan iletimle ısı kaybını yavaşlatır. Giysinin yapısı iletimle ısı kaybının miktarını etkiler. Isı değişimi vücut yüzey alanına bağlıdır ve ısı kaybı tipinden bağımsızdır.

İnsan vücutundan çevreye konveksiyonla ısı geçişi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$C=f_{cl}.h_c(T_{cl}-T_a) \quad (3.4)$$

f_{cl} : giysi alan faktörü (clo)

h_c : konveksiyonla ısı transfer katsayısı

T_{cl} : Giysi yüzey sıcaklığı ($^{\circ}$ C)

T_a : Çevre hava sıcaklığı ($^{\circ}$ C)

Isı transfer katsayısı h_c vücuda değen havanın hızı, kişinin pozisyonu ve hava akımına göre doğrultusuna bağlıdır.

Giyim malzemesinden ışımayla ısı transfer hızı çevreleyen ortamın ortalama sıcaklığı, giysinin sıcaklığı ile ortam ve giysinin özelliklerine bağlıdır. Kumaştan radyasyonla ısı transferi aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$R= \sigma .\epsilon_{cl}. f_{cl}F_{vf}. [(T_{cl}+273,15)^4+[(T_r+273,15)^4] \quad (3.5)$$

σ : Stefan-Boltzmann sabiti, sayısal değeri $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

ϵ_{cl} : Giysinin emisivitesi, değeri yaklaşık 1'dir.

T_r : radyan sıcaklık

F_{vf} : Vücudun ışıma için efektif alanı toplam yüzey alanının % 75'idir. Bu alan vücut ve çevreleyen yüzey arasındaki görünüm faktörü ile belirlenir [7].

3.3.2 Geçici ısı akısı

Cilt bir yüzeye değdiğinde geçici ısı iletiminden dolayı sıcaklık ya da soğukluk hissi ortaya çıkar. Deri kumaş yüzeyine değdiğinde kumaş yüzey sıcaklığının deri sıcaklığından az olması ısıнын deri dışına akmasına sebep olur. Isı kaybı vücut sıcaklığının düşmesine neden olur. Isı akısı miktarı arttıkça termoreseptörlerin etrafında sıcaklık düşüşü daha hızlı olur ve serinlik hissi yoğunlaşır. Deriden daha düşük sıcaklıktaki kumaşla temas anında oluşan ısı akısı sıcaklıkta değişime sebep olur ve bu değişim de malzemenin termal ataleti tarafından belirlenir. Termal atalet yoğunluk, spesifik ısı ve termal iletkenliğin fonksiyonudur. Isıyı iyi absorbe eden ve ileten malzemeler ısıyı deriden kolayca çekerek soğuk hisse neden olur. Kumaş yapısal özelliklerinin, özellikle de yüzey yapısının sıcak-soğuk his üzerinde etkisi büyüktür.

Yüzey karakteristiği dışında malzeme tipi de kumaşın sıcak ya da soğuk hissettirmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Bir cisme temas eden kişi tarafından hissedilen sıcaklık/soğukluk hissi deriyle cisim arasındaki ısı akısına bağlıdır. Maksimum ısı akısı q_{max} olarak isimlendirilir ve Kawabata ve arkadaşları tarafından kumaşların oluşturduğu sıcak/soğuk hissini tahminleme için ortaya konmuştur. Bütün kumaş tipleri için q_{max} değeri kumaşın nem içeriğinin yükselmesiyle artmaktadır. Bu da nem içeriği yüksek kumaşların soğuk hissettirmesine neden olur.

Kawabata ve Akagi kumaşların sıcak-soğuk hissi ile ilgili aşağıdaki deneysel sonuçları ortaya koymuşlardır:

- Ölçülen q_{max} değeri ile insanlar üzerinde yapılan duyuusal testlerden elde edilen kumaş sıcak/soğuk hissi arasında yüksek korelasyon olduğu belirlenmiştir.
- Yüksek q_{max} değeri soğuk his oluştururken düşük q_{max} değeri sıcak hissine sebep olur.

- $q_{\max}$ değeri kumaş yüzey durumuna bağlı olup kumaş tabaka sayısı ve kalınlığına bağlı değildir.
- $q_{\max}$ kumaş su içeriği ve yüzey geometrisine duyarlıdır.

Isı iletim özelliği cisimle temastan sonra geçici ısı iletimini yönlendiren önemli bir parametredir. Isı kaynağından materyale ısı akısını yöneten ısı difüzyon hızıdır ve temas alanı, malzemenin yoğunluğu, ısıl iletkenlik, ısıl dağılma ve ısı kapasitesine bağlı olarak değişir [7].

3.3.3 Isıl iletkenlik

Termal iletkenlik konveksiyonun ihmal edilebilir olduğu durumlarda iletim ve ısımanın kombinasyonu sonucu kumaştan ısı akısının termal transfer davranışını tanımlayan bir özelliktir. İletime ısı kaybı kumaşın kalınlığı ve termal iletkenliğine bağlıdır.

Isıl iletkenlik aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$k=(Q/A)/(\Delta T/\Delta L) \quad (3.6)$$

Q: A kesitinden geçen ve ΔL mesafesinde ΔT sıcaklık farkına yol açan ısı miktarı

Q/A : $\Delta T/\Delta L$ ısı gradyanına sebep olan ısı akısı

Tekstil malzemelerinin termal iletkenliğini ölçmek için ISO 8302 standardında belirtilen korumalı sıcak tabaka kullanılır.

3.3.4 Isıl yalıtım

Termal yalıtım giyim konforunu belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Yalıtım özelliği sadece kumaşın fiziksel özellikleri değil aynı zamanda örgü ve dökümlülük gibi yapısal özellikleri tarafından da belirlenir.

Kumaşın termal yalıtım özelliğini belirlemek üzere kullanılacak yöntem ISO 9920 standardında belirtilmiştir. Bu standartta termal yalıtım I_{cl} temel giysi yalıtımı olarak ifade edilir.

$$I_{cl} = \frac{\overline{T_{sk}} - \overline{T_{cl}}}{H} \quad (3.7)$$

H: cilt alanının birim metrekaresine düşen kuru ısı kaybı (W/m^2)

T_{sk} : ortalama cilt sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_{cl} : giyinik bir insan ortalama yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$). Giyinik kişinin ortalama yüzey sıcaklığı sadece giysi yüzey sıcaklığına bağlı değildir aynı zamanda vücudun giyinik olmayan kısımlarının sıcaklığına da bağlıdır.

ISO 8302 standardında korumalı sıcak plaka kullanılarak düz numuneden kararlı durumda ısı transferini belirleyen test metodu tanımlanmıştır. Bir ya da iki numune ile ölçüm yapan iki farklı tip cihaz vardır. Cihazın prensibi korumalı sıcak plakanın kararlı koşulda çok yönlü düzgün yoğunluklu ısı akısı oluşturmaktır. Termal yalıtım kapasitesi numunenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı ölçülerek hesaplanabilir [14].

3.3.5 Termal özelliklerle ilgili parametreler

3.3.5.1 Kullanılan birimler

İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı alışverişi Met ve Clo birimleriyle ifade edilir. 1 Met (metabolic equivalent=metabolik eşdeğer) oturur pozisyonda ve ısıl olarak konforlu bir insanın metabolizmasını ifade eder ve $50 \text{ kcal/m}^2\text{saat}$ değerine eşittir. 'Clo' birimi ise giysi yalıtımını belirtir ve 1 clo birimi normal havalandırılmış bir odada ($0,1 \text{ m/s}$ hava hızı) $21^{\circ}C$ hava sıcaklığında ve % 50'den az bağıl nemde oturur-uzanır durumdaki bir erkeği konforlu hissettiren giysi yalıtımı olarak ifade edilir. Metabolik ısı üretiminin % 24'ü deriden buharlaşmayla kaybedilir. Geriye kalan 38 kcal/m^2 saat giysiden iletim, konveksiyon ve ışıma ile iletilir. Ortalama konforlu vücut sıcaklığı $33^{\circ}C$ 'dir. Giysi ve havanın toplam yalıtımı $I_t = \frac{33 - 21}{38} = 0,32 \text{ m}^2\text{ }^{\circ}C\text{saat/kcal}$ olarak verilir. Yukarıdaki özel koşulda hava yalıtımı $0,14 \text{ m}^2\text{ }^{\circ}C \text{ h} / \text{kcal}$, giysinin yalıtımı ise $0,18 \text{ m}^2\text{ }^{\circ}C \text{ h} / \text{kcal}$ olarak bulunmuştur. 1 clo birimi $0,18 \text{ m}^2\text{ }^{\circ}C \text{ h} / \text{kcal}$ olarak tanımlanır ve $0,155 \text{ m}^2\text{ }^{\circ}C/W$ değerine eşittir. Bu tip giysi yalıtımı efektif yalıtım olarak bilinir.

Tog termal direncin birimidir ve 1 W/m^2 ısı akısında $0,1^{\circ}C$ 'lik sıcaklık gradyanı elde etmek için gereken ısıl direnç olarak tanımlanır. Hafif yazlık giysi 1 tog'luk yalıtım sağlar. ısı yalıtım tog cinsinden ifade edildiğinde giysi boyunca sıcaklık düşüşü tog değeri ile ısı akısının çarpımının onda biri olarak hesaplanır. Isı akısı da sıcaklık düşüşü tog değerinin onda birine bölünerek bulunur [7].

3.3.5.2 Geçirgenlik indeksi

Geçirgenlik indeksi giysinin evaporatif performansının göstergesi olarak Woodcock tarafından geliştirilmiştir. Geçirgenlik indeksi aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$i_m = \frac{R_t}{LR \times R_{et}} \quad (3.8)$$

R_t : giysi ve yüzey hava tabakasının toplam ısı direnci ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

R_{et} : giysi ve hava tabakasının toplam evaporatif direnci ($m^2 \text{ kPa/W}$)

R_t/R_{et} oranı iletilen kuru havaya göre evaporatif ısı iletiminin etkinliğini ifade eder. Lewis İlişkisi (LR) ise evaporatif kütle transfer katsayısı ile konvektif ısı transfer katsayısının bir oranıdır. Tipik uygulamalar için bu oranın $16,65^\circ \text{C/kPa}$ olduğu kabul edilir. Teorik olarak geçirgenlik indeks değeri 0 ile 1 arasında değişir [7].

3.3.6 Kumaşların termal iletim özellikleri

Kumaşların termal iletim özellikleri liflerin morfolojik özellikleri, ipliğin iç yapısı ve kumaşın fiziksel ve yapısal karakteristikleri gibi pek çok faktöre bağlıdır. Tekstil liflerinin termal geçirgenlik özellikleri moleküler yapı, yoğunluk, kristalizasyon seviyesi, kristal oryantasyon açısı, amorf bölgelerde moleküler zincirlerin hareketliliği gibi moleküler yapısal parametreye dayanır. Kumaşların termal iletim özellikleri ayrıca iplik içindeki lif yerleşiminden de etkilenmektedir. Şapeli liflerin paketlenme yoğunluğu lif yerleşimine bağlı olarak değişmektedir.

Üretim tekniklerinden bağımsız olarak tekstil kumaşları birbirine bağlı boşluklardan oluşan yapılardır ve kumaşların ısı geçirgenliği liflerin gözenekliliğinden dolayı değişmektedir. Buna göre kumaş gözenekliliğini etkileyen her parametre onun ısı geçirgenliğini etkilemektedir. Kumaşın termal davranışını en çok etkileyen parametre ise kumaşın kalınlığıdır. Kumaş kalınlığındaki artış kumaş hacmini artırarak kumaş gözenekliliğini etkiler.

Tekstil yapılarının termal yalıtım özellikleri kumaşın lif yerleşiminin rastgele yapısına bağlıdır. Kumaş kalınlığı gibi kumaştaki liflerin yerleşimi de kumaşın termal yalıtım özelliğini belirler. Lif, iplik ve kumaş özellikleri ve kumaşın vücuda uygulanış şekli kişinin termal, fiziksel ve psikolojik konforunu belirler.

İplik yapısal parametreleri iplik boyunca hava ceplerinin varlığı ile termal transmisyon özelliği üzerinde etkilidir. Bir lif bileşeninin iplik içinde kısalmasıyla oluşan hacimli iplikler diğer ipliklerden sadece yapı yönünden değil aynı zamanda mekanik özellikleri, yüzey ve iplik hacmi yönünden de ayrılır. Bu ipliklerden üretilen kumaşların ipliğin hacimliliği tarafından etkilenir. Hacimli ipliklerden üretilen kumaşlar normal ipliklerden üretilen kumaşlardan her yönüyle farklıdır. Hacimli iplik iyi termal izolasyon özelliğine sahip hacimli tekstil ürünleri üretebilmeyi sağlar.

Kesikli bükümsüz ya da boşluklu ipliklerden yapılmış dokuma kumaşların konforla ilgili hava geçirgenliği, ısı iletkenliği, yüzde su buharı geçirgenliği, sıvı çekme ve su emicilik gibi özelliklerinin etkilendiği görülmüştür. Normal iplikten yapılan kumaşlar maksimum termal iletkenlik özelliği gösterirken boşluklu ipliklerden yapılan kumaşların termal iletkenlik değerleri minimumda kalmıştır. Bükümsüz iplikten üretilen kumaş ise ortalama termal iletkenlik özelliği göstermektedir. Boşluklu iplikten üretilen kumaşın termal iletkenlik özelliğinin minimumda kalmasının sebebi boşluklu liflerin hacimli yapısının izolasyon ortamı oluşturmastır. Boşluklarda hava sıkışır ve iç tabakanın ısısı dışarıya verilmez.

İplik tüylülüğündeki azalma kumaşla cilt arasındaki yüzey alanını artırarak daha serin hissedilmesine neden olur. Karde ipliklerden yapılan kumaşların termal direnci penye ipliklerden yapılan kumaşlara göre daha fazladır. Bu durum da karde ipliklerin daha tüylü olmasından kaynaklanmaktadır. Tüylülük arttıkça ısı geçişini engelleyen statik hava tabakası da artmaktadır.

Mikroklima kalınlığındaki artış ile insan vücudundan gerçekleşen toplam ısı akısı azalmaktadır. Bu durum yalıtkan malzeme görevi gören hava tabakasının artışından kaynaklanır. Mikroklima kalınlığındaki artışla ısımanın toplam ısı akısındaki katkısı artar. Işımayla ısı iletimi mikroklima kalınlığından etkilenmemektedir. Mikroklima kalınlığı azaldıkça kumaş kalınlığının etkisi artmaktadır [7].

3.3.7 Birleşik ısı ve kütle transferi

Tekstil materyalinden nem transferinde sadece kütle transferi değil ısı transferi de mutlaka hesaba katılmalıdır. Higroskopik malzemelerde ısı ve nem transferi birbirinden ayrılmaz.

Su moleküllerinin iletimi sırasında bu moleküller kimyasal doğa ve yapılarına göre lif tarafından absorbe edilir. Suyun absorpsiyonu ile absorpsiyon ısısı denilen bir

miktar ısı serbest bırakılır. Isı üretimi sırasında malzeme yüzeyindeki sıcaklık arttıkça nem buhar iletim hızı azalır. Nem sorpsiyonu ve difüzyonunun geçici koşullarında ısı transferine nem transferinin dört farklı şekli eşlik eder. Isı ve nem transferi arasındaki bu bağlantı nem sorpsiyon kapasitesi, lif çapı, su buhar difüzyon katsayısı, yoğunluk ve sorpsiyon ısısına bağlıdır. Selülozik liflerin ıslanma ısısı ise nem içeriği ve kristalin yapısına bağlıdır ve liflerin kristalinitesinin artışına orantılı olarak azalır.

Lifli yapılardaki iki geçici durum tamponlama ve üşütme eş zamanlı ısı ve nem taşınımıyla ilgilidir. Serinletme ya da tamponlama efekti sıcak havada terlemenin, üşütme ise soğuk havalarda egzersizle terlemenin sonucudur. Bağlı nemdeki ani yükselme durumunda kumaşlar nem absorbe ederek mikroklima koşullarını korur ve ısı açığa çıkarırlar [15].

3.4 Tekstil Malzemelerinin Nem İletim Özellikleri

Tekstil malzemelerinden nem iletimi insan vücudunun termofizyolojik konforu üzerinde oldukça önemlidir. Difüzyon, absorpsiyon-desorpsiyon, ter buharının konveksiyonu ile birlikte ıslanma ve sıvı terin emilmesi termofizyolojik konforun sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Belirli bir durumdaki nem transmisyonu kumaşın nem içeriğine, kullanılan malzeme tipine, terleme hızına ve rutubet, sıcaklık ve rüzgar hızı gibi atmosferik koşullara bağlıdır.

Yüksek aktivite seviyesi ve/veya hava sıcaklığında vücut ısı üretimi çok yüksektir ve terbezleri sıvı ter üretimi için uyarılır. Terin buhar formuna hissedilmeyen terleme denir, sıvı ter ise hissedilir terleme olarak adlandırılır. Terin atmosfere transferi sırasında ise vücuttan ısı çekilerek serinleme sağlanır. Bunun için de terin vücuttan dışarıya teransferinin kumaş tarafından engellenmemesi gerekir.

Terleme sırasında eğer ter iletim hızı yavaşsa giysi mikroklimasının bağlı ve mutlak nem seviyesi terin buharlaşmasını baskılayarak ısı stresine sebep olur. Tekstil kumaşlarındaki nem transferi iki ana prensibe ayrılır: nem buhar iletimi ve sıvı ter iletimi. Buhar ve sıvı nem iletiminde etkili olan mekanizmalar birbirinden farklıdır. Tekstil malzemelerinin sıvı nem transfer davranışı yatay sıvı çekme, transvers, transpolar ve dikey sıvı çekme olarak sınıflandırılır. İplik bükümü, iplik

gerginliği, lif kesit şekli, büküm teknolojileri ve tekstüre işleminin sıvı çekme özelliği üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir [7].

3.4.1 Kılcallık teorisi

Kılcal bir yapıda sıvı sıvı-katı arayüzünde net pozitif ΔP kuvvetine göre yükselir.

$$\Delta P = P - \delta gh \quad (3.9)$$

δ : g/cc cinsinden sıvı yoğunluğu

g : yerçekim ivmesi ($980,7 \text{ cm/s}^2$)

h : cm cinsinden sıvı yüksekliği

Kılcal basınç P kılcal alandaki (πr_i^2) iç ıslatma kuvveti (F_{wi}) olarak tanımlanır:

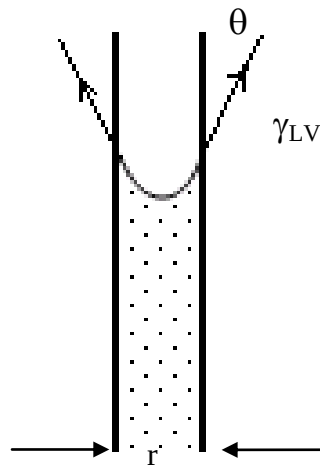
$$P = \frac{F_{wi}}{\pi r_i^2} = \frac{2\pi r_i \gamma \cos \theta}{\pi r_i^2} = \frac{2\gamma \cos \theta}{r_i} \quad (3.10)$$

γ : dyne/cm cinsinden sıvı yüzey gerilimi

r_i : cm cinsinden kılcal yarıçap

θ : sıvı-katı temas açısı

Kılcal basınç P sıvı ağırlığı δgh 'dan büyük olduğu zaman pozitif kuvvet sıvıyı yukarı taşır. $P = \delta gh$ olduğu zaman sıvının yükselmesini sağlayan ΔP sıfır olur ve sıvı yükselmesi denge yüksekliğinde durur [16].



Şekil 3.1 : Kılcal yapıda sıvı yükselmesi [15].

3.4.2 Sıvı nem transferi

Tekstil malzemelerinde sıvı nem transmisyonu lif yüzeyinde lif-sıvı moleküler etkileşimi sonucunda oluşur ve yüzey gerilimi ile kılcal gözenek dağılımına bağlıdır. Gözenekli bir yapıda sıvı transferi iki aşamalı bir prosestir: ıslatma ve sıvının iletimi [7].

3.4.2.1 Islanma

Islanma tekstil işlemleri için olağanüstü öneme sahip bir kavramdır. Kissa ıslanmayı katı-hava arayüzünün katı-sıvı arayüzüyle değişimi olarak tanımlamaktadır. Islanma dinamik bir prosestir. İhtiyari ıslanma sıvının katı bir yüzey üzerinde termodinamik denge yönüne doğru yer değişimidir. Kuvvet altında ıslanma dış hidrodinamik veya mekanik kuvvetler vasıtasıyla katı-sıvı arayüzünün artmasıdır.

Liflerin ıslanması ise lif-hava arayüzünün lif-sıvı arayüzüyle değişimidir. Kumaş gibi liflerden oluşan bir topluluğun ıslanması kompleks bir işlemdir. Böyle bir proseste yayılma, batma, adhezyon, kılcal penetrasyon gibi farklı ıslatma mekanizmaları eş zamanlı olarak işleyebilir.

Katı-sıvı sınırında dengesiz kuvvetler Young-Dupré eşitliğinde aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\gamma_{KB}-\gamma_{KS}=\gamma_{SB} \cos\theta \quad (3.11)$$

γ : arayüz gerilimi

S:sıvı

K:katı

B:buhar

θ : temas açısı

$\gamma_{LV} \cos\theta$: adhezyon gerilimi ve spesifik ıslanabilirlik

Young-Dupré eşitliği ıslanma ve sıvı iletim olayını açıklamak üzere kullanılmaktadır.

Temas açısı γ_{SV} , γ_{SL} ve γ_{LV} arayüz gerilimlerine göre değişir. Eğer γ_{SV} γ_{SL} 'den daha büyükse $\cos \theta$ pozitif olur ve temas açısı 0 ile 90° arasında değer alır. . Eğer γ_{SV} γ_{SL} 'den daha küçük olursa temas açısı 90 ile 180 ° arasında olur. Islanabilirliğin artışıyla temas açısı küçülür $\cos \theta$ ise büyür. Temas açısı sıfıra yaklaştığında ıslanabilirlik maksimum seviyeye çıkar.

Temas açısı terimi sıvı-hava (buhar) ve katı-sıvı arayüzünün teğetleri arasında kalan açıdır. Temas açısı üç arayüzün (katı-buhar, katı-sıvı, sıvı-buhar arayüzleri) kesiştiği temas çizgisinde oluşur. Gerçek temas açısı katı üzerinde temas çizgisinden çok kısa uzaklıktaki açıyı ifade eder. Denge temas açısı ideal bir sistem için Young-Dupré eşitliğinde ifade edilen tek değerli gerçek temas açısını gösterir. Ancak gerçek katı-sıvı sisteminde pek çok farklı sabit temas açısı gözlenir. Deneysel olarak gözlenen temas açısı görünen temas açısıdır ve makroskopik düzeyde ölçülür. Gerçek temas açısını ölçmek çok zor olsa da sert yüzeylerde görünür ve gerçek temas açıları arasında önemli fark görülebilir.

Tekstil yüzeyleri ideal yüzeyler olmadığı için ıslanma özellikleri yüzey pürüzlülüğü, heterojenlik, sıvının adsorpsiyonu veya yüzey enerjisi değişken yüzey aktif maddeler yüzünden karmaşılaşır. Bu tip ideal olmayan yüzeylerde ölçülen temas açısı θ 'da histerezis görülür.

Liflerin ıslanabilirliği lif yüzeyinin kimyasal yapısı, ve lif geometrisi, özellikle yüzey pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Liflerin ıslanabilirliği Wilhelmy tekniği, lifi çevreleyen damlanın şekli, yansıyan ışık demetiyle temas açısı ölçümü, sıvı membran metoduyla ıslanma kuvvetlerinin ölçümü, batma-yüzme metodu ve dinamik metodlar kullanılarak değerlendirilir.

Eğer tekstil yapısı ile etkileşime giren sıvı yüzey aktif madde içeriyorsa adsorpsiyon ve lif yüzeyindeki oryantasyon arayüz gerilimini ve ıslanabilirliği etkiler [17].

3.4.2.2 Sıvı transferi

Sıvı transferi (wicking) sıvının lif yüzeyi boyunca aktarılacak lifin içine absorbe edilmediği durumda gerçekleşmektedir. Sıvı transferi sıvının gözenekli bir yapıda kılcal kuvvetlerin etkisiyle spontan akışıdır. Gözenekli yapıda bu tip bir akış sıvının, sıvı-yapı arasındaki yüzey etkileşiminin ve yapı içindeki gözeneklerin geometrik konfigürasyonunun özellikleri tarafından yönetilir [18]. Sıvının iplik ya da kumaş

gibi bir lif topluluğunda transferi dış kuvvetler veya kılcal kuvvetlerden kaynaklanabilir. Gözenekli bir yüzeye verilen sıvının kılcal kuvvetler sayesinde spontan transferi “sıvı transferi” olarak adlandırılır. Islanma ile ortaya çıkan kılcal kuvvetler spontan ıslanma sonucunda sıvı transferini sağlar.

Sıvı transferi ve ıslanma farklı olaylardır. Sıvı transferinin ön koşulu ıslanmadır. Lifleri ıslatamayan bir sıvının iletilmesi de sözkonusu olamaz. Sıvının iletilmesi lifleri birleştiren kılcal boşlukların sıvı tarafından ıslatılması ile gerçekleşir. Bu ıslanma sonucunda ortaya çıkan kılcal kuvvetler sıvının kılcal boşluklarda ilerlemesini sağlar.

Kılcal sistemlerde nem transferi katı-hava arayüzünün katı-sıvı arayüzüyle kendi kendine yerdeğiştirmesi olarak gözlenir. Kılcal tüpte sıvı transferi kılcal sistem boyunca sıvı-hava arayüzü çok küçüktür ve sıvı transferi boyunca değişmez. Bu durumda gözlenen en önemli değişiklik katı-sıvı arayüzünün artışı ve katı-hava arayüzünün azalışıdır. İşlemin kendi kendine olması için serbest enerjinin kazanılması ve penetrasyon işinin pozitif olması gerekir. Bu durum buharla (havayla) temas eden lif yüzeyinin arayüz enerjisi γ_{SV} 'nin sıvı ve lif yüzeyi arasındaki arayüz enerjisi γ_{SL} 'yi geçtiği zaman gerçekleşir:

$$W_p = \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (3.12)$$

Penetrasyon işi kılcal penetrasyon için gereken enerjinin bir ölçüsüdür. γ_{SV} ve γ_{SL} 'nin birbirinden bağımsız olarak ölçümü zor olduğu için yapılan çalışmalarda yüzey enerjisi sıvılarla etkileşim sonucu indirekt olarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Young-Dupré eşitliğinde $\gamma_{SV} - \gamma_{SL}$ spontan kılcal penetrasyon için pozitifdir. γ_{LV} her zaman için pozitif olduğundan $\cos\theta$ 'nın da pozitif ve temas açısının da buna bağlı olarak 0 ile 90° arasında olması gerekir.

Sıvı kılcal yapının duvarlarını ıslattığı zaman bir menisküs oluşur. Sıvının yüzey gerilimi sıvı-hava (buhar) arayüz eğrisinde ΔP şeklinde bir basınç farkı oluşturur. ΔP , Laplace denkleminde aşağıdaki gibi verilir:

$$\Delta P = \gamma_{LV} (1/R_1 + 1/R_2) \quad (3.13)$$

Dairesel kesite sahip bir kılcal yapıda eğrisel arayüzün yarıçapları R_1 ve R_2 birbirine eşittir:

$$\Delta P = 2\gamma_{LV} / R \quad (3.14)$$

Kılcal duvar sıvı tarafından tamamen ıslandığında R r'ye (kılcal yarıçapa) eşit olur.

$$\Delta P = 2\gamma_{LV} / r \quad (3.15)$$

Kılcal duvar tamamen ıslanabilir değilse;

$$r / R = \cos \theta \quad (3.16)$$

Bu eşitlik denklem 3.16'da yerine konduğunda

$$\Delta P = 2\gamma_{LV} \cos \theta / r \quad (3.17)$$

elde edilir.

Kılcal basıncın pozitif olması için $\cos \theta$ 'nin pozitif ve θ açısının da 0 ile 90° arasında olması gerekir. Kılcal basınç kılcal yarıçap ile ters orantılıdır. Kumaşta kılcal boşluklar düzgün değildir ve yarıçap r yerine indirekt olarak tanımlanmış olan efektif kılcal yarıçap r'nin kullanılması gerekir.

Sıvı transferi kumaş kısmen ya da tamamen sıvıya daldırıldığında veya sınırlı miktarda sıvıyla temas ettiğinde gerçekleşir. Sıvının kılcal penetrasyonu sonsuz ya da sonlu rezervuardan gerçekleşebilir. Sonsuz rezervuardan sıvı transferi daldırma, transplanar sıvı transferi, dikey sıvı transferi iken sonlu rezervuardan sıvı transferi kumaş yüzeyine damlatılan damla şeklinde örneklendirilebilir.

Bu dört sıvı transfer şekli kendi içinde dört kategoriye ayrılır:

Sıvı transferi: Polyester kumaşta iletilen hidrokarbon yağda olduğu gibi lif yüzeyine önemli derecede difüzyon gerçekleşmez. kılcal penetrasyon işleyen tek mekanizmadır.

Lif ya da lifin üzerindeki terbiye maddesine sıvı difüzyonuyla transfer: pamuklu kumaşta sıvı transferi ve liflerin içine sıvı difüzyonu. Kılcal penetrasyon ve sıvının liflere difüzyonu şeklinde iki proses eş zamanlı olarak işler.

Life adsorpsiyonla beraber sıvı transferi: polyester kumaşta iletilen sulu yüzey aktif madde solüsyonu. Pek çok proses eş zamanlı olarak işler: lifin kılcal penetrasyonu, yüzey aktif maddenin sıvıda dağılması, yüzey aktif maddenin liflere adsorpsiyonu

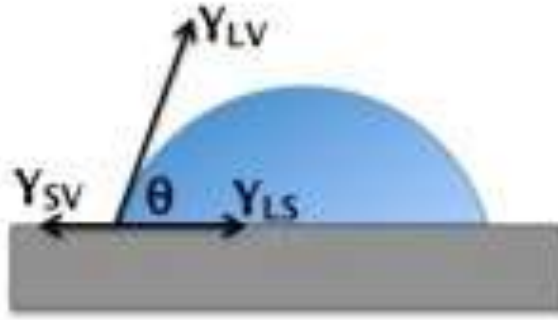
Life adsorpsiyon ve difüzyonu içeren transfer: pamuklu kumaşta iletilen sulu yüzey aktif madde solüsyonu. Kılcal penetrasyon, sıvının liflere difüzyonu, yüzey aktif maddenin sıvıda dağılması, yüzey aktif maddenin liflere adsorpsiyonu [17].



Şekil 3.2 : Tekstil malzemelerde sıvı transferinin ilüstrasyonu [18].

3.4.2.3 Temas açısı

Sıvının pürüzsüz, homojen bir yüzey üzerinde oluşturduğu temas açısı sıvının yüzey enerjisine bağlıdır. 1960'lı yıllardan beri temas açısı ölçüm metodları geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda yüksek enerjili yüzeylerin temas açısının küçük olduğu ve daha iyi ıslanabildiği görülmüştür.



Şekil 3.3 : Temas açısı [19].

Katı bir yüzey üzerinde duran bir sıvı damlası yüzeyle bir açı oluşturur. Bu şekilde denge durumunda hakim olan üç kuvvet bulunur: katıyla sıvı arasındaki, katıyla buhar arasındaki ve sıvı ile buhar arasındaki arayüz gerilimleri. Sıvı faz içindeki açı temas açısı ya da ıslanma açısı olarak adlandırılır. Katının yüzey gerilimi sıvının yayılmasına katkıda bulunurken sıvı yayılımı katı-sıvı arayüz gerilimleri ve katı yüzey düzlemindeki sıvı yüzey gerilim vektörü tarafından engellenir [14]:

3.4.2.4 Emicilik

Emicilik kumaşın nem çekme kapasitesini gösterir. Kumaşın cilt konforu, statik elektriklenme, yıkama sonrası çekme, su iticilik ve kırışıklıkların açılması gibi diğer özelliklerini etkileyen çok önemli bir kavramdır [7].

3.4.3 Su buharı transferi

Tekstil materyalinin su buharı geçirgenlik özelliği malzemenin fizyolojik konfor ve performans karakteristiklerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir [14]. Ağır iş sırasında veya sıcaklığın yüksek olduğu koşullarda malzemenin buhar geçirgenliğinin yüksek olması ciltten atmosfere sıvı transferini desteklemektedir. Konforlu bir kumaşın vücudun aktif olarak terlediği süreçte nem buharını iletmesi, terleme durduğunda cilt yüzeyindeki nemi azaltmak için nem buharını atmosfere geçirmesi gerekir [20].

Nem buhar iletimi lifler arası ve iplikler arası boşluklar tarafından yönetilen bir kumaş özelliğidir. Buhar lifler arasındaki boşluklara yayılır. Nispeten açık kumaş yapısı difüzyon prosesini hızlandırır. Nem buharının tekstil malzemesinden geçişi sırasında nem buhar difüzyonuna direnç farklı tabakalarda gözlenir. Bu tabakalar buharlaşan sıvı tabakası, cilt ve kumaş arasındaki sınırlı hava tabakası, sınır hava tabakası, çevre hava tabakasıdır. Nem buhar direnci kumaşın hava geçirgenliğine bağlıdır ve üretilen terin transfer edilebilme kapasitesini belirler. Kumaşın ortaya koyduğu direnç dış sınır tabakasından ve ciltle kumaş arasındaki iç sınırlı hava tabakasından daha azdır.

Buhar formundaki nem tekstil malzemesi içinden aşağıdaki mekanizmalarla geçer:

- Lifler arasındaki hava boşlukları içinden su buharı difüzyonu
- Su buharının lifler tarafından absorpsiyon, desorpsiyon ve iletimi
- Su buharının lif yüzeyine tutunarak yüzey boyunca ilerlemesi
- Zorunlu konveksiyonla su buharının iletimi [7]

Bir tabakadan difüzyon şu mekanizmalarla açıklanabilir: katı içinden moleküler difüzyon (polimerik faz), lif boyunca yüzeye tutunmuş moleküllerin yüzey difüzyonu, kumaşın hava boşlukları içinden moleküler difüzyon. Buhar kumaşın bir

yüzünden diğerine basınç gradyanındaki farklılıktan dolayı yayılır. Gözenekli bir yapıda difüzyon prosesi Fick kanununa göre gerçekleşir:

$$J_{AX} = D_{AB} \frac{dC_A}{dx} \text{ g cm}^{-2} \text{ sn}^{-1} \quad (3.18)$$

J_{AX} nem akı hızı, $\frac{dC_A}{dx}$ konsantrasyon gradyanı ve D_{AB} difüzyon katsayısı ya da bir ortamdan diğerine yayılan bir bileşenin yayılma kuvveti olarak bilinir.

Dış hava tabakası
Sınır hava tabakası
Kumaş tabakası
Buharlaşan sıvı tabakası
İnsan cildi

Şekil 3.4 : Nemin transfer edildiği kumaş tabakaları [7].

Su buharı tekstil yapısından lifler ve iplikler arasındaki ve lifin kendi içindeki hava boşluklarından basit difüzyonla geçebilir. Lif boyunca difüzyon durumunda su buharı lifin iç yüzeyinden lif yüzeyine yayılır ve lifin içi ve dış yüzeyi boyunca ilerler. Belirli bir konsantrasyon gradyanında tekstil malzemesindeki difüzyon hızı malzemenin gözenekliliği ve lifin su buharı yayabilme kapasitesine bağlıdır. Su buharının havada difüzyon katsayısı $0,239 \text{ cm}^2/\text{sn}$, tekstil malzemesinde ise $10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sn}$ 'dir.

Hidrofilik lif yapılarında buhar difüzyonu Fick kanununa uymamaktadır. Bu durumda anormal difüzyon görülür. Bu proses iki aşamalıdır; birinci aşama Fick difüzyonuna uyarken ikinci aşama birinci aşamadan çok daha yavaştır ve konsantrasyon gradyanıyla buhar akısı arasında üstel bir ilişki görülür.

Difüzyon prosesi liflerin şişmesiyle açıklanabilir. Hidrofilik lif moleküllerinin su buharına afinitesinden dolayı lifli yapıya buhar difüzyonu gerçekleştikçe buhar lifler

tarafından absorbe edilir, liflerin şişmesine yol açar ve hava boşluklarını küçülterek difüzyonu geciktirir.

Su buharı difüzyonu kumaşın hava geçirgenliği ile çok yakından ilgilidir. Gözeneklilik arttıkça kumaşın hava geçirgenliği artar. Gözenekliliğin artması aynı zamanda kumaşın hava boşluklarından geçen nem miktarı artar. Kumaşa uygulanan terbiye işleminin difüzyon prosesi üzerinde büyük bir etkisi yoktur. Su buharının havada difüzyon katsayısı sıcaklık ve basıncın fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi verilebilir:

$$D = 2,20 \times 10^{-5} \left[\frac{\theta}{\theta_0} \right]^2 \left[\frac{P_0}{P} \right] \quad (3.19)$$

D: su buharının havada yayılma katsayısı (m²/sn)

θ: mutlak sıcaklık (K)

θ₀: standart sıcaklık 273,15 K

P: atmosferik basınç

P₀: standart basınç

Genelde liflerdeki su konsantrasyonu arttıkça difüzyon katsayısı da artar. Bu durumun istisnası yüksek derecede hidrofob olan polipropilen lifinde görülür. Kumaşlarda su buharı iletimi kumaşın nem içeriğindeki artış ve suyun yoğunlaşmasına bağlıdır.

Absorpsiyon-desorpsiyon prosesinde nem çeken kumaş atmosferde nem kaynağı gibi davranır. Aynı zamanda sabit buhar basıncı sağlayan bir tampon özelliği de gösterir. Buhar basıncı yükselip sıcaklık düştükçe absorbe edilen miktar artar. Buhar basıncındaki yükselme kimyasal potansiyelde dengesizliğe yol açar ve dengeyi sağlamak için daha çok buhar transfer edilir.

Kumaşlar tarafından absorbe edilebilen su buharı miktarı lif nem içeriği ve atmosfer nemine bağlıdır. Pamuk, rayon gibi emici liflerde nem sorpsiyon özelliği sadece lif nemi ve atmosfer nemine bağlı değildir, aynı zamanda sorpsiyon histerezi, ısı etkisi, boyutsal değişiklikler ve elastik geri toplamaya da bağlıdır. Şişme sırasında lif makromolekülleri veya mikrofibriller emilen su tarafından birbirinden ayrılır. Bu da lifler ve iplikler arasındaki gözenek boyutunu küçültür ve kumaştan su buharı iletimini azaltır. Lifler arasındaki kılcal kanallar bloke olduğundan sıvı iletimi de azalır.

Şişme ile ortaya çıkan bozulma nem emilimini etkileyen iç gerilimlere sebep olur. Liflerdeki mekanik histerezis adsorpsiyon histerezisini artırır. Adsorpsiyon histerezi si de lif hidrofilitesindeki artış ile artar.

Konveksiyon nem tabakası üzerinden hava akımı olduğunda gerçekleşen nem transfer prosesidir. Bu prosesteki kütle transferi atmosfer ve nem kaynağı arasındaki konsantrasyon farkı tarafından kontrol edilir. Proses aşağıdaki denkleme göre gerçekleşir:

$$Q_m = -Ah_m(C_a - C_\alpha) \quad (3.20)$$

Q_m : konveksiyonla gerçekleşen kütle akışı

A: alan

C_a : kumaş yüzeyi üzerindeki buhar konsantrasyonu

C_α : havadaki buhar konsantrasyonu

Akış konsantrasyon farkı ($C_a - C_\alpha$) ve konvektif kütle transfer katsayısı h_m tarafından kontrol edilir. h_m sıvı özellikleri ve hıza bağlıdır. Rüzgarlı bir ortamda ciltten atmosfere nem iletiminde konveksiyon önemli rol oynar.

Buharlaşma ve yoğunlaşmanın da nem iletiminde önemli etkisi vardır. Bu prosesler gözenekli tekstil yağlarında sıcaklık ve nem dağılımına bağlıdır. Sıvı terin buharlaşmasında vücuttan alınan ısı soğumayı sağlar. Atmosfer sıcaklığındaki artış termal denge üzerinde buharlaşmayla ısı transferinin rolünü daha da önemli hale getirir. Böyle durumlarda ciltle çevre arasındaki sıcaklık gradyanı düşük olduğu için iletim ve konveksiyonla ısı transferi azdır. Ciltle çevre arasındaki negatif sıcaklık gradyanı oluştuğunda buharlaşmayla ısı transferi vücut sıcaklığını düşürmenin tek yolu olur. Rüzgar buharlaşmayla ısı transferini artırır ve ilave serinleme sağlar. Kararlı koşulda buharlaşmayla kaybedilen ısı suya atmosferden gelen ısıya eşittir. Bu durumda havasuyar yüzünde enerji denge denklemi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$q_{conv} = q_{evap} \quad (3.21)$$

q_{conv} : çevreden suya konvektif ısı transferi

q_{evap} : buharlaşmayla sudan alınan ısı [15]

Nem buharının yoğunlaşması kumaşın sıvı tere doymasının sonucudur ve lokal buhar basıncı doymuş buhar basıncı seviyesine çıktığında oluşur. Yoğunlaşma atmosferik

basınç çok düşük olduğu zaman ortaya çıkar. Vücuttan çıkan nispeten sıcak ve nemli hava daha soğuk olan kumaş yüzeyiyle temas ettiği zaman kumaş yüzeyi soğuk duvar gibi davranır ve nem yoğunlaşır. Yoğunlaşmanın 10°C 'nin altındaki çevre sıcaklığında olduğu gözlenmiştir.

Kuru lifli yapılarda nem yoğunlaşması üç safhada gerçekleşir. İlk safhada malzemede yoğunlaşma başlar. İkinci safhada sıvı içeriği yavaş yavaş artar ancak miktarı azdır, sıvı miktarı eşik değeri geçince damlalar birleşir ve yüzey gerilimi ve yerçekimi etkisi altında hareket etmeye başlar. kumaşın her iki yüzündeki buhar konsantrasyonu doyma seviyesine geldiğinde tüm kumaş kalınlığı boyunca nem yoğunlaşır. Eğer belirli bir sıcaklıkta her iki yüzdeki buhar konsantrasyonu doyma seviyesinin altındaysa yoğunlaşma kumaşın sadece belirli bir bölgesinde gerçekleşir. Bu durumda yoğunlaşma iki kuru bölge tarafından ayrılan ıslak bölge şeklinde olur. Islak bölgenin oranı nem buharının yoğunlaşmasıyla artar [7].

3.4.4 Birleşik buhar ve sıvı transferi

Nemli geçici koşulda tekstil malzemelerinden nem hem sıvı hem de buhar formunda geçer. Li ve arkadaşları nemli geçici koşullarda sıvı iletiminin üç safhada gerçekleştiğini belirtmiştir. İlk safhada lifler arası boşlukları dolduran havaya sıvı su ve su buharı difüzyonu gerçekleşir. Bu süreç boyunca iki yüzey arasındaki konsantrasyon farkından dolayı su buharı kumaşa yayılır. bu arada yüzey gerilimi nedeniyle sıvı su da sıvı içeriği çok olan bölgelerden kuru bölgelere doğru akar. İkinci süreç boyunca liflerin nem sorpsiyonu ilk safhadan çok daha yavaştır ve sıvı transfer prosesine göre tamamlanması birkaç dakikadan birkaç saate kadar sürebilir.

Sıvı su kumaşa yayıldıktan sonra lif yüzeyleri üzerlerindeki su filminden dolayı suya doyar. Üçüncü safhada nem ve ısı transferi kararlı koşullara ulaşır. Bu durumda sıcaklık dağılımı, su buharı konsantrasyonu, lif su içeriği, sıvı hakim fraksiyonu ve buharlaşma hızı zamandan bağımsız hale gelir. Sıvı su buharlaşması ile sıvı su kılcal kanallardan yüzeye itilir. Terleme durumunda birleşik sıvı su ve su buharı iletimi çok önemlidir. Düşük nem içeriğinde sıvı taşınımı buhar difüzyonuyla karşılaştırıldığında çok küçükken, saturasyon ve kılcal sıvı transferi nem iletiminin başlıca mekanizmalarıdır [11].

3.5 Tekstil Malzemelerinin Hava Geçirgenlik Özellikleri

ASTM hava geçirgenliğini bilinen bir alanda malzemenin yüzleri arasında öngörölmüş hava basınç farklılığı altında dik olarak geçen hava akım oranı olarak tanımlamıştır. $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ veya $\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$ birimleriyle ifade edilir. Hava geçirgenliği kavramı özellikle yağmurluk, çadır ve üniforma gibi son kullanım alanları için çeşitli kumaşların “nefes alabilirlik” özelliklerinin karşılaştırılması için kullanılır [14].

Bir kumaşın hava geçirgenliği konfor özelliklerini de pek çok açıdan etkiler. İlk olarak hava geçirgen bir malzeme buhar ya da sıvı fazdaki su için de geçirgendir. Nem buharı transferi ve sıvı nem transferi hava geçirgenliği ile yakından ilgili kavramlardır. Ayrıca kumaşın termal direnci kapalı durgun havaya bağlıdır ve bu da kumaş yapısı ve dolayısıyla hava geçirgenliğinden etkilenir. Çok açık yapıdaki kumaş soğuk rüzgarlı havada ciddi yaşamsal problemlere yol açan rüzgar üşütmesine neden olur. Son olarak giysiler için hava geçirgenliği yüksek olan kumaş şeffaf ya da çok açık yapıda olabilir, bu da psikolojik ve fiziksel açıdan konforsuzluğa yol açar [21].

Çizelge 3.1 : Hava geçirgenliği standartları.

Standart	Tanım
ASTM D 737-96	Tekstil Kumaşlarının Hava Geçirgenliği için Standart Test metodu
ASTM F 2298-03	Dinamik nem geçirgenlik hücresi kullanılarak giyim malzemelerinin su buharı difüzyon direnci ve hava akım direnci için standart test metodu
BS EN ISO 9237	Tekstil- Kumaşların hava geçirgenliğinin belirlenmesi
ASTM D 6476	Hava yastığı kumaşlarının dinamik hava geçirgenliğinin belirlenmesi için standart test metodu
BS 3424-16: 1995	Kaplama kumaş testleri-Bölüm 16 Metod 18. Hava geçirgenliğinin belirlenmesi

Hava geçirgenliğinin ölçümü için kullanılan cihazlar ikiye ayrılmaktadır. Bir sistemde numune kumaşın farklı yüzleri arasındaki basınç farkı sabit tutulur ve malzeme içinden geçen hava akımı ölçülür. Diğer sistemde ise malzeme içinden geçen havanın hızı sabit tutulur ve basınç farkı ölçülür.

Tekstil endüstrisinde kumaş hava geçirgenliği ölçümünde kullanılan ölçüm prensibi kumaşın belirli bir alanına havanın gönderilmesidir. Hava akımının hızı kumaşın ön ve arka yüzleri arasındaki basınç farkının belirlenen değerine göre ayarlanır. Hava akımı ölçülerek kumaşın hava geçirgenliği hesaplanır [7].

Gibson ve ark. (1999) tekstil malzemelerinde rutubetli ortamlarda lif şişmesinin hava geçirgenliği değerinde yaptığı değişikliği incelemişlerdir. Çalışmalarında higroskopik dokuma kumaşların hava geçirgenliğinin bağıl neme bağlılığını değerlendirmişlerdir. Özellikle koruyucu giysilerde buhar ya da aerosol formdaki zehirli maddelerin kumaştan geçmemesi gerektiği için hava geçirgenliğinin rutubet karşısındaki davranışı önemlidir.. Çalışma kapsamında dokuma kumaş, nonwoven votka ve electrospun nonwoven kullanarak bu kumaşların bağıl rutubet değişimiyle geçirgenliklerinin nasıl değiştiği değerlendirilmiş, ayrıca geçici koşullar altında hava geçirgenliğini ölçen bir test metodu geliştirilmiştir [22].

Çift yüzlü örme kumaşların hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği gibi özellikleri Halgas ve arkadaşlarının çalışmasında (2006) incelenmiştir. Farklı hammaddelerde düz ve kanallı astarlı örme kumaşlar üretmiş ve bu kumaşların yüzey gözenekliliği, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği ölçülmüştür [23].

Zupin ve ark. (2011) tek katlı dokuma kumaşlarda kumaş konstrüksiyonundaki ve kumaş yapısal parametrelerindeki değişikliğin kumaşın gözenekliliği ve dolayısıyla hava geçirgenliği değerlerine nasıl yansıdığını incelemişlerdir. Çalışmalarında aynı kumaş yoğunluğunda dişi dokuma kumaşların bezayağına göre % 25 daha fazla hava geçirgenlik özelliğine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca atkı ve çözgü yoğunluğunun gözenek boyutu ve şeklindeki etkisi dolayısıyla hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir [24].

3.6 Isı ve Kütle Transferi ile İlgili Çalışmalar

Hsieh (1995) lif yüzey özellikleri ve gözenek yapısının lifin sıvı iletimi ve sıvı tutma kapasitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Gerekli kılcal basıncı, sıvı iletimi için gerekli bağlantılar ve suyu tutmak için gerekli toplam gözenekliliğin elde edilmesi için lifler arası gözeneklerin uygun boyutta olması gerekir. Gözeneklerin küçülmesi kılcal basıncı ve lifin yayılma mesafesini artırmaktadır. Lifin gözenek boyutu küçültülerek sıvının yayılma mesafesi artırılabilirken, su tutma kapasitesi toplam gözenekliliğe bağlıdır. Küçük gözeneklerde sıvı ilerlemesi daha fazlayken sıvı tutulumu daha azdır. Büyük gözeneklerde tutulan sıvı miktarı daha fazladır ancak burada da sıvı ilerlemesi sınırlıdır. Bundan dolayı hızlı sıvı ilerlemesi küçük, düzgün dağılmış ve birbirine bağlı yapılarda ortaya çıkarken tutulan sıvı miktarı bu gözeneklerin sayısının ve toplam gözenek hacminin artışıyla artmaktadır [16].

Fan ve diğ. (2000) gözenekli yapılarda sorpsiyon ve kondensasyon ile ısı ve nem transferi için dinamik bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde gözenekli lifli yapılarda su içeriğinin efektif termal iletkenlik ve sınır sıcaklıklarda önemli fark olduğu zaman önemli bir ısı transfer mekanizması haline gelen ışımayla ısı transferi üzerindeki etkisi ilk defa dikkate alınmıştır. Modelin sayısal sonuçları lifin higroskopikliği arttıkça yoğunlaşmanın daha az olduğunu göstermiştir. İç kumaşın su buharı direnci artırılarak, dış kumaşınki ise azaltılarak vatkanın gözenek dağılımı değiştirilerek yoğunlaşma azaltılabilir [25].

Fohr ve diğ. (2002) çalışmalarında lamine, yapıştırılmış ya da dikimli kumaşlar gibi çok tabakalı tekstil yapılarında dinamik ısı ve sıvı transferi üzerinde çalışarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde sıvı difüzyonu ve sorpsiyonu ile çok tabakalı kumaşın hangi kısımlarında suyun biriktiği belirlenmektedir [26].

Fukazawa ve diğ. (2003) yüksek bölgelerde giyilen giysilerde buhar yoğunlaşmasını inceleyerek yoğunlaşma miktarını belirlemek üzere analitik bir ifade geliştirmişlerdir. Ayrıca buhar konsantrasyon farklılığı gösteren kumaşlarda birleşik ısı ve buhar transfer deneyleri yapmışlardır. [27]

Hong ve Kim (2007) pamuk polyester karışımli kumaşların konfor özelliklerini araştırmışlardır. Bu kapsamda farklı kumaş yapısındaki örme kumaşlarda akış hızı, dikey sıvı transferi ve kılcal basınç karakteristikleri test edilmiştir. 100 % pamuk

kumaşların yüksek yüzey gerilimi kumaşın kılcal basıncını artırarak sıvı transferinde kumaş tarafından emilen sıvı miktarını artırmıştır. Kumaş yapısındaki polyester oranı arttıkça kılcal basınç düşerek geçirgenlik artmaktadır. 100 % polyester kumaşta yüzey gerilimi en düşük, geçirgenlik ise en yüksektir. Dikey sıvı transfer testinde kumaşın ilk ilerleyişi oldukça hızlıdır ancak yerçekimi kuvvetinin etkisiyle ilerleme yavaşlar [28].

Wu ve Fan (2008) sıfır derecenin altındaki çevresel koşullarda kullanılan ve içinde çift katlı lif tabakası barındıran kışlık giysilerde biriken nem miktarını, transfer edilen nem miktarını ve bunlar üzerinde lif tipi ve tabakadaki lif yerleşiminin etkisi üzerinde çalışmışlardır. Bunun için terleyen korumalı sıcak plaka test cihazını sıfır derecenin altındaki atmosfer koşullarını canlandıracak şekilde modifiye etmişlerdir. Lif tabakalarında yün, polyester ve kaz tüyü kullanılmış, ölçüm sonuçlarına göre çok soğuk iklim koşullarında kullanılacak giysilerde yün lifinin lif tabakasının vücuda yakın olan iç kısmında kullanımının tabaka üzerinde biriken nem miktarını azaltıp dışarıya transfer edilen nem miktarını azaltacağı tespit edilmiştir [29].

Ding ve diğ. (2011) tek tabakalı kumaş ve hava boşluğundan oluşan kumaş sisteminde birleşik ısı ve kütle transferini inceleyerek matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model deneysel sonuçlarla uyum göstererek belirli bir kumaş tip için termal direnç ve evaporatif direncin tahminlenerek termal konfor koşullarının belirlenmesini sağlamaktadır [30].

Ding ve diğ. (2011) çalışmalarının ikinci bölümünde ilk çalışmada geliştirdikleri modeli kullanarak çevresel koşulların, hava tabakası ve malzeme özelliklerinin kumaşın termal ve evaporatif direnci üzerindeki etkilerini araştırmışlardır [31].

Malikarjunan ve diğ. (2011) hastane yataklarından kaynaklanan yatak yaralarının önlenmesi için yatak kaplama kumaşı olarak kullanılabilecek çok katlı kumaşların konfor ve termofizyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Farklı malzeme ve konstrüksiyonla örme ve dokuma kumalar üreterek bu kumaşların hava geçirgenlik, ısı iletkenlik, düzlemsel sıvı iletimi, su emicilik ve sıkıştırılabilirlik özelliklerini ölçmüşlerdir. Analiz sonuçlarına göre Lyocell havlı ve dimi konstrüksiyondaki kumaşlar hastane yatakları için en uygun özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir [32].

4. YATAK KUMAŞLARI

Ev tekstili sektöründe önemli bir yer kaplayan yatak kumaşları için tercih edilen başlıca kumaşlar, havlı ve velur kumaşlar ile piyasada “kapitone” olarak tabir edilen çok katlı örme kumaşlardır. Çok katlı örme kumaşlar yumuşak tuşe ve hacimli kumaş yapısına sahiptir. Yüksek hava geçirgenliği dolayısıyla bu kumaşlar konforlu bir yapı oluştururlar. Bu kumaşlar dışında yeni nesil yataklarda üç boyutlu sandviç (spacer) kumaşlar da kullanılmaya başlanmıştır. Sandviç kumaşın yapısından barındırdığı boşluk sayesinde hava geçirgenliği yüksektir.

Bu bölümde özellikle son yıllarda fonksiyonel uygulamalar için kullanımı giderek artan ve ev tekstilinde kullanımı da yaygınlaşmaya başlayan sandviç kumaşlar ve yatak kumaşı olarak kullanımı daha yaygın olan çok katlı örme kumaşlar hakkında bilgi verilecektir.

4.1 Yatak Üretimi

Teknolojik gelişmelerin yatak üretimindeki rolü giderek artmaktadır. Ağırlaşan yaşam koşullarının uyku kalitesi üzerindeki etkisini hafifletmek amacıyla yatak üreticileri tarafından sürekli olarak yeni teknolojiler geliştirilmektedir.

Yatak üretiminde kullanılan teknolojiler yataktan beklenen özelliklere göre değişmektedir. Üretilen yataklar yaylı yatak ve sünger yataklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çift yüzlü yatakların yazlık yüzlerinde pamuk vatka, kışlık yüzlerinde ise yün vatka kullanılmaktadır. Yaylı yataklarda yayların altında ve üstünde destek sünger katmanı bulunmaktadır. Yay sistemi olarak ortopedik yay ve paketlenmiş yay sistemleri kullanılmaktadır. Sünger yataklarda vücut yüzeyine göre şekil alan özel süngerler kullanılmaktadır.

Yatak yüzeyinde ise yine yataktan beklenen özelliklere göre üretilmiş kumaşlar kullanılmaktadır. Buna göre son dönem yataklarda kullanılan malzeme, kumaş ve teknoloji özellikleri aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Mikrokapsülleme teknolojisiyle yatak kumaşına istenen koku ve bitki özünün uygulanması
- İçerdikleri faz değiştiren materyallerle yatak kumaşlarına soğuk ortamda ısıtma, sıcak ortamda soğutma özelliğinin kazandırılması
- Özel metal ipliklerle kazandırılan elektromanyetik kalkanlama özelliği
- Nanoteknoloji ya da patentli teknolojilerle yatak kumaşına leke tutmama özelliğinin kazandırılması
- Gümüş uygulaması ya da doğal antibakteriyel özelliğe sahip lif kullanımıyla antibakteriyel yatak kumaşı üretimi
- Tamamen geri dönüşümlü malzemelerden yatak kumaşı üretimi
- Uygun malzeme kullanımıyla akarlar ve mikroorganizmalara karşı dirençli yatak kumaşı üretimi
- Uygun malzeme kullanımıyla koku ve leke oluşumuna dirençli yatak kumaşı üretimi
- Trevira gibi tutuşmaya dirençli lif kullanımı ile alev almaya dayanıklı yatak kumaşı üretimi
- Nanoteknoloji ile yatak kumaşına kendi kendini temizleme özelliğinin kazandırılması
- Kumaşlara sivrisinek ve tahtakurularına karşı koruyuculuk özelliklerinin kazandırılması
- Oluklu, boşluklu kesite sahip lif kullanımıyla termal özellikleri gelişmiş kumaş üretimi
- Uygun malzeme kullanımıyla anti-stress ve antistatik kumaş üretimi
- Vücut tipine göre destek sağlayan yatak tasarımı ve yatak yüzeyinde hareket transferinin minimuma indirgenerek özellikle eşlerin uyku sırasında birbirini rahatsız etmesinin engellenmesi [33, 34, 35].

4.2 Sandviç Kumaş

Sandviç kumaşlar bağlayıcı tabaka ile birleştirilen iki ya da daha fazla yüzey tabakasından oluşan üç boyutlu yapılardır. İki ayrı kumaş yüzeyinin aralarındaki üçüncü bir tabaka tarafından birbirine bağlanması sonucu oluşmaktadır. Popülaritesi son yıllarda artmış olsa da sandviç kumaş teknolojisinin gelişimi yeni değildir. Kumaşın patenti ilk olarak 1868 yılında Matthew Townsend tarafından iki iğne yataklı el tezgahında bağlayıcı ipliklerle örülen örme şilteler için alınmıştır. Günümüzde pazarda yaygın olan sandviç kumaşlar kumaş yüzeylerine dik yerleşen hav tabakası tarafından birbirinden ayrılan iki kumaş tabakasından oluşur.

Sandviç kumaş teknolojisinin son yıllarda yeniden ilgi çekmeye başlaması ise 1982 yılında A.W. Fischer tarafından dolgulu sütyen üretimi için aldığı patentle gerçekleşmiştir. Bu yenilik özellikle deformasyon ve bozulmaya açık, aynı zamanda yokedilmesi büyük sorun oluşturan köpük ve diğer katmanlama malzemelerinin eliminasyonuna imkan sağlamıştır [36,37].

Sandviç kumaşlarda kumaş yapısındaki boşluk kumaşın hava, ısı ve nem transfer özelliklerinin iyi olmasını sağlar. Ayrıca bu kumaşların basma dayanımı, esneklik, kimyasallara karşı dayanım, eğilme mukavemeti ve dökümlülük özellikleri de oldukça iyidir [38].

Üç boyutlu sandviç tekstil yapıları giderek artan sayıda son kullanım alanı için uygun olan özellikleri, son kullanım alanına göre modifiye edilebilir yapıları nedeniyle tekstil sektöründe büyük ilgi çekmektedir [39].



Şekil 4.1 : Sandviç kumaş [40].

Sandviç kumaş üretim teknolojisinde farklı lifler kullanılabilir. Dokuma sandviç tekstillerde iki kumaş tabakası arasındaki bağlantı tabakasının uzunluğu 10 mm ile 100 mm arasında değişmektedir. Düz örme tekniğiyle üretilen sandviç kumaşlarda bağlantı tabakası uzunluğu ise ek tertibat gerektirmeden en fazla 2 cm

olabilmektedir. 2 cm'den fazla kalınlıklarda ise örme makinasına ek tertibat takılması gerekir. Yuvarlak örme tekniğinde ise bağlantı tabakası uzunluğu 1,5 mm ile 5,5 mm arasında değişebilirken çözümlü örmede çift iğne yataklı Raşel makinalarında 1,5 mm'den 160mm'ye kadar bağlantı tabakası mesafesi olan sandviç kumaşlar üretilebilmektedir. Bağlantı tabakası uzunluğu 20 mm'den fazla olan çözümlü örme kumaşlar “High Distance “ sandviç kumaş olarak adlandırılmaktadır [41].

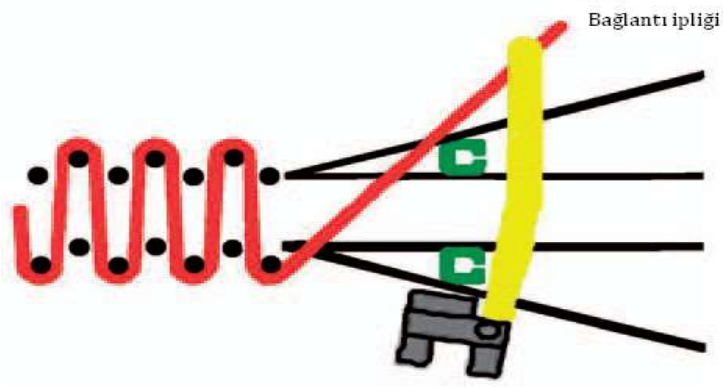
Sandviç kumaşın hava, ısı ve nem geçirgenliği gibi ısı özelliklerini etkileyen başlıca kumaş özellikleri kumaş kalınlığı ve bağlantı tabakasında kullanılan ipliklerin sayısı ve özellikleridir. Sandviç kumaşlar özgün kumaş özellikleriyle otomotiv, medikal tekstiller, teknik tekstiller, jeotekstiller, spor giyim ve diğer giyim ürünleri, çevre koruma ve güvenlik gibi pek çok uygulamada kullanım imkanı bulmaktadır [37, 38].

4.2.1 Sandviç kumaş üretim yöntemleri

Sandviç kumaş üretiminde dokuma, çözümlü örme ve atkılı örme teknolojileri kullanılmaktadır. Üretim yöntemi kumaşın kullanım yeri ve kumaştan istenen özelliklere göre belirlenir [38, 41].

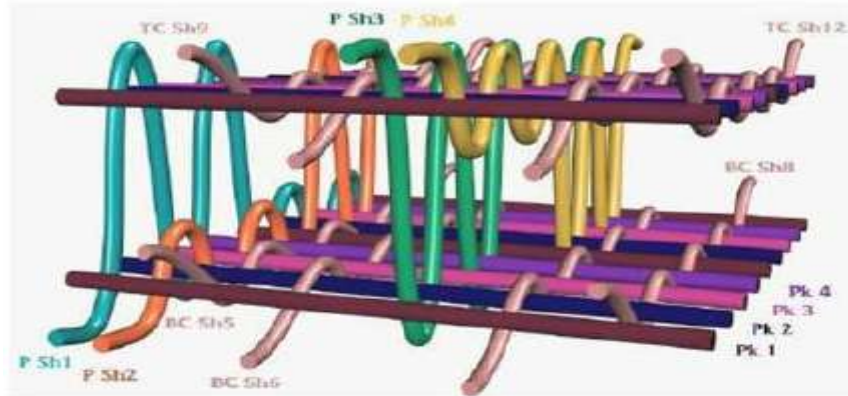
4.2.1.1 Dokuma

Sandviç kumaşların dokuma tekniğiyle üretimi için Van de Wiele tezgahlardaki yüzyüze kadife dokuma teknolojisi kullanılır. Bu tezgahların çalışma prensibi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Bu prensibe göre yüzey kumaşları simultane olarak dokunurken bağlantı tabakasını oluşturan çözgü ipliği yüzey tabakaları arasında gezinmektedir. Bir seferde birden fazla atkı ve çözgü yapısıyla kumaş üretilir ve bağlayıcı yapı olarak atkı ya da çözgü ipliği işlev görür. Bağlayıcı hav tabakasındaki iplik uzunluğu, iplik konstrüksiyonu ve yapısı kumaşın mukavemet ve katılığını etkilemektedir [41, 42].



Şekil 4.2 : Dokuma sandviç kumaş üretimi [43].

Sandviç kumaş üreten dokuma makinalarında ağızlık açma mekanizması olarak armür ve jakar mekanizmaları kullanılır. Alt ve üst yüzey örgüsü için ise çoğunlukla bezayağı ve 2/2 dimi kullanılır. Bağlantı tabakasında ise W veya V bağlantı uygulanır. Dokuma sandviç tekstillerin kalınlıkları 10 mm ile 100 mm arasında değişmektedir. Sandviç kumaş üretiminde dokuma teknolojisinin kullanılmasının avantajları verimliliğin yüksek olması ve farklı monofilament iplik tiplerinin kullanılabilmesidir. Bu kumaşlar otomobil iç bileşenlerinde, ses izolasyon malzemeleri ve cerrahi implantlarda kullanılmaktadır [41].



Şekil 4.3 : Dokuma sandviç kumaş yapısı [43].

4.2.1.2 Örme

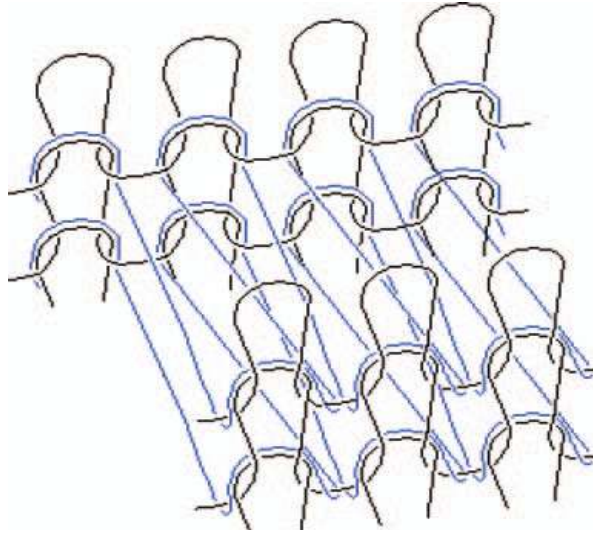
Atkılı örme

Atkılı örme sandviç kumaş iki kat örme kumaşın birbirine bağlanmasıyla oluşan 3 boyutlu bir kumaş konstrüksiyonudur. İki örme kumaş tabakası arasındaki mesafe

bağlantı iplikleri tarafından oluşturulur. Bağlantı iplikleri ilmek formundadır ve yapının tabakalar arası kayma mukavemeti yüksektir [47].



Şekil 4.4 : Düz örme makinasında üretilen sandviç kumaş örnekleri [46].



Şekil 4.5 : Atkılı örme sandviç kumaş konstrüksiyonu [49].

Yuvarlak örme makinalarında sandviç kumaş üretimi

Yuvarlak örme sandviç kumaşlarda yüzey kumaşları arasındaki mesafe kapak iğnelerinin yüksekliğinin değiştirilmesiyle ayarlanır [40]. Kumaşın ön yüzü silindirik iğneleri arka yüzü ise kapak iğneleri tarafından örülür. Ön yüz ve arka yüz kumaşları ise bağlantı ipliklerinin silindirik ve kapakta askı yapmasıyla birleşir. Bağlantı ipliklerinin yaptığı askı hareketi bu ipliklerin kumaşın ön ve arka yüzünden belirgin bir şekilde görülmesini engeller. Bu durumun avantajı bağlantı ipliği olarak kullanılan sert polyester poliamid monofilament ipliklerin kumaş tuşesine olumsuz etki yapmasının önlenmesidir. Sert ve rijit olan monofilament iplikler kumaş stabilitesinin sağlanması ve kumaşın yük altında deformasyona uğramasının engellenmesi açısından önemlidir. Ancak bu ipliklerin bir dezavantajı makinadaki iğne ve iplik kılavuzlarının aşınmasına sebep olmalarıdır [45].

Kumaşın ön ve arka yüzünde kullanılacak iplik cinsi son ürünün kullanım alanına göre değişir. Fonksiyonel yüzey olan ön yüzde istenen özelliği sağlayacak fonksiyonel iplikler kullanılabilirken düz olan arka yüzde daha ucuz iplikler kullanılabilir [45].



Şekil 4.6 : Yuvarlak örme makinasında üretilen sandviç kumaş yapıları [38].

Sandviç kumaş üretiminde sert monofilament iplik kullanımı durumunda ipliğin iğneden kaçma riskini önlemek için kumaş üretim boyunca gerilim altında tutulmalıdır. Ayrıca sarım silindirindeki baskı kuvveti kumaşın sarım esnasında çarpılmasını önlemek için iyi ayarlanmalıdır.

Jakarlı yuvarlak örme makinalarında elektronik iğne seçimi ile kumaş yüzeyinde farklı desenler uygulanabilir. Silindir iğnelerinin kontrolü jakarla yapıldığından kumaş yüzeyinde desenli bir yapı elde edilir. Arka yüzü oluşturan kumaş düzdür, ön yüz ve arka yüz kumaşları da silindir ve kapak iğnelerinde askı yapan bağlantı ipliği tarafından birbirine bağlanır [45].

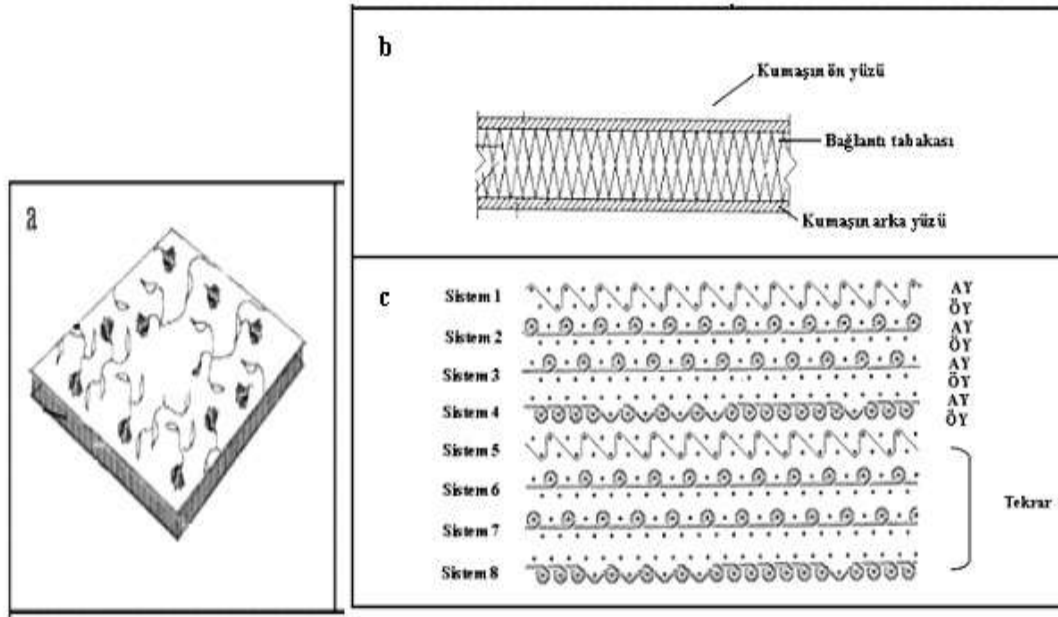


Şekil 4.7 : Jakar desenli yuvarlak örme sandviç tekstiller [38]

Düz Örme Makinalarında Sandviç Kumaş Üretimi

Düz örme makinalarında bağlantı iplikleri kullanılarak iki kumaş yüzeyinin birbirine bağlanması ile sandviç kumaş yapısı elde edilir. Ancak bu yöntemin başlıca kısıtlaması kumaş tabakaları arasındaki boşluğun iğne yatakları arasındaki mesafeye bağlı olması ve bu mesafenin de sadece 2-10 mm arasında değişebilmesidir. Düz

örme makinalarının üretim hızı düşüktür. üretim esnasında dikkat edilmesi gereken husus monofilament ipliklerin iğne kancalarından çıkması riskidir [38].



Şekil 4.8 : V yataklı düz örme makinasında üretilen sandviç kumaş uygulamaları[38].

Şekil 4.8’de desenli sandviç kumaşa örnek gösterilmektedir. Oluşturulan kumaş tabakaları askılarla birbirine bağlanmaktadır. Sistem 1 iplikleri ön ve arka yatak iğnelerinde dönüşümlü olarak askı yaparken Sistem 2 ve 3 arka yatak iğnelerinde ilmek oluşturmaktadır. Sistem 4 ise ön yüzde görülen jakar desenini oluşturmak üzere ilmek ve askı yapmaktadır [40].

Düz örme makinalarında bağlantı tabakasında örme yapıları kullanılan sandviç kumaşlar üretilebilir. Esasında bu yöntemde ön ve arka iğne yataklarında yüzey kumaşları örülür, belirli bir noktada yüzey kumaşlarının örgüsü durdurularak belirli iğneler bağlantı tabakasını örmeye başlar. Bağlantı tabakası için genellikle 1x1 rib konstrüksiyonu kullanılır. Bağlantı tabakası kısa ise bu iğneler yüzey kumaşlarının üretiminde de kullanılabilir. Ancak eğer bağlantı tabakası uzun ve kompleks bir yapıya sahipse sadece bağlantı tabakasının üretiminde kullanılırlar [46].

Düz örme makinalarında sandviç kumaş üretilirken bağlantı tabakaları iki şekilde üretilir:

a.Tek bağlantı tabakası: bağlantı tabakası tek iğne yatağında veya her iki iğne yatağında rib ya da interlok yapıda üretilebilir. Bağlayıcı tabaka yüzey kumaşlarına dik ya da eğimli olarak uzanabilir.

b.Çift bağlantı tabakası: yüzey kumaşları her iki iğne yatağında ayrı ayrı üretilir ve belirli bir noktada rib sırası ile birbirine bağlanır. Bu durumda yüzey kumaşlarına belirli miktarda sıra örüldüğü taktirde bağlantı tabakası X şeklini alır. Rib bağlantı sırasının sayısını artırmak da mümkündür.

Bağlantı tabakalarının uzunluğu sandviç kumaşların kalınlığına göre sınıflandırılmasında kriter olarak kullanılabilir:

- kalınlığı 2 cm'e kadar olan kumaşlar: kumaş üretimi kolaydır, üretim için herhangi bir ekstra tertibata ihtiyaç duyulmaz. Bu kumaşlar standart kumaş olarak sınıflandırılabilir.
- 2 cm'den kalın kumaşlar: bağlantı tabakası için özel çekim tertibatına ihtiyaç vardır. Bu tip kumaşların kalınlıkları 10 cm'e kadar çıkabilir.

Karmaşık şekilli sandviç kumaşların tasarımında izlenen üç yol vardır:

- Değişken uzunlukta bağlantı tabakası kullanımı
- Değişken şekilli bağlantı tabakası kullanımı
- Desenli yüzey kumaşları kullanımı [46]

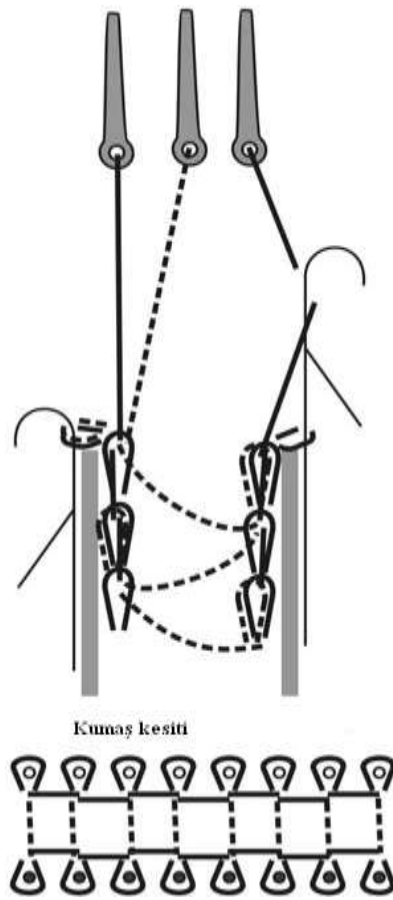
Çözümlü Örme

Çözümlü örme sandviç kumaşlar iki ayrı kumaş tabakasının birbirine bağlanmasıyla meydana gelir. Kumaş tabakalarının yapıları ya da malzemeleri birbirinden farklı olabilir. Bağlantı tabakası kumaş tabakalarını doğrudan doğruya birbirine tutturabilir ya da arada bir miktar boşluk bırakabilir. Çözümlü örme sandviç kumaşların en önemli özelliği kumaş kalınlığının istenildiği gibi değiştirilebilmesidir [47].

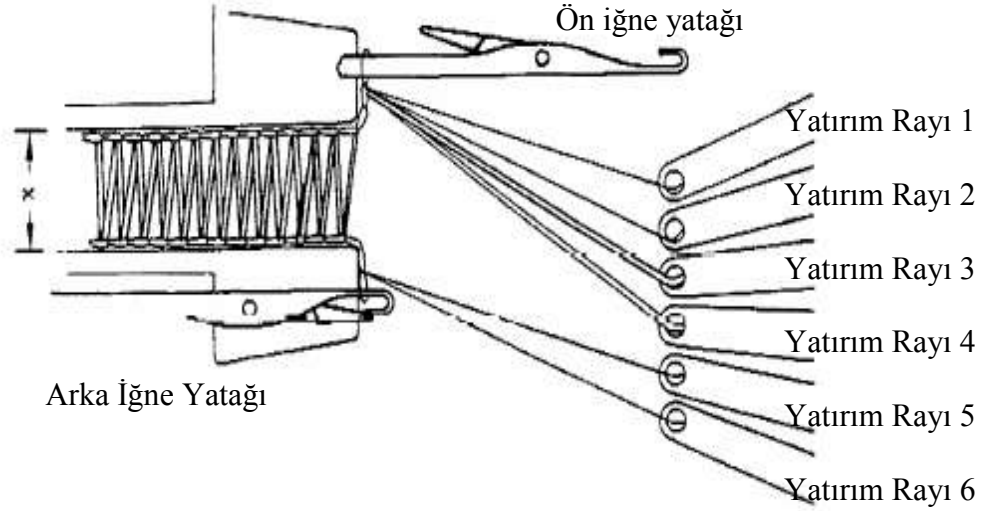
Sandviç kumaşların çift iğne raylı Raschel makinalarında üretimi mümkündür ve bağlantı tabakası tarafından bağlanan kumaş tabakalarının ön ve arka iğne yataklarında üretildiği düz örme tekniği ile benzerlik gösterir. Raschel makinalarında her iki yüzey kumaşı aynı anda farklı iğne raylarında üretilir, bu yüzden yüzey kumaşlarında farklı iplikler ve yapılar kullanılabilir. Yüzey kumaşları sistematik olarak iğne rayları arasında geçiş yapan hav ipliği tarafından birbirine bağlanır.

Raschel sandviç kumaşlar geniş bir iplik numarası aralığında yüksek hızlarda üretilir. İğne rayları arasındaki mesafenin ayarlanabilir olması da kumaş kalınlığının değiştirilmesine imkan sağlar [40].

Çift iğne raylı Raschel makinalarında üretilen sandviç kumaşın nihai özelliklerine göre en az 4, genel olarak da 5 ila 7 adet yatırım rayı kullanılır. Üretilen kumaşın yüzey özellikleri de yine son ürünün kullanılacağı yere bağlı olarak aynı veya birbirinden farklı, desenli ya da düz, açık ya da kapalı yapılı ya da farklı gözenek büyüklüğüne sahip olarak üretilir.



Şekil 4.9 : Sandviç kumaş üretimi [48].



Şekil 4.10 : Raschel makinasında sandviç kumaş üretimi [45].

Bağlantı tabakasında genellikle monoflaman iplikler kullanılırken, multiflaman iplikler ve eğrilmiş iplikler de kullanılabilir. Bağlantı tabakasında kullanılacak iplikler son kullanım alanına bağlı olarak stabil ve basmaya dayanıklı malzemelerden seçilir. Çoğunlukla polyester ve poliamid monoflaman iplikler bağlantı tabakası olarak kullanılırken cam lifi de bağlantı tabakasında kullanılabilir.

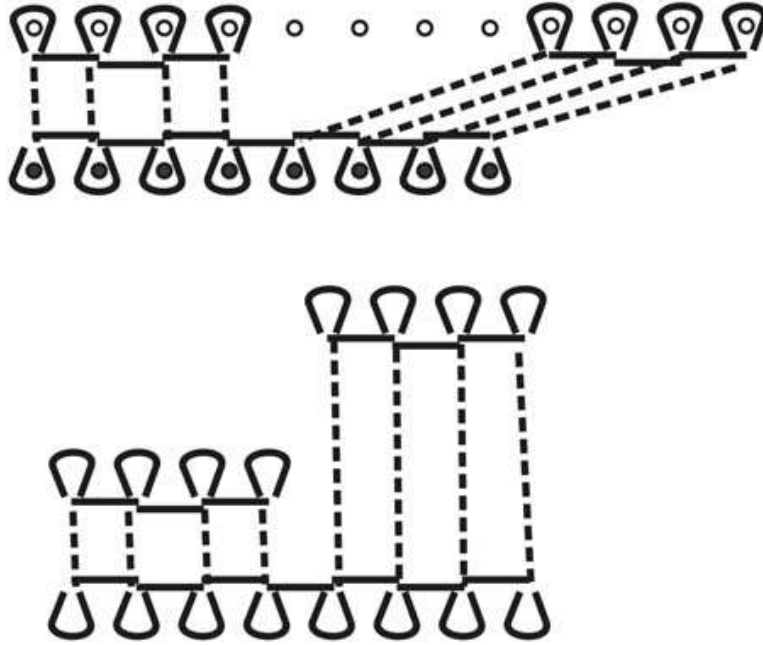
Raschel makinalarında üretilen sandviç kumaş kalınlıkları 1,5 mm ile 60 mm arasında değişir. Kumaş kalınlığı 20 mm’ye kadar olan kumaşlarda makine üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek yoktur. Ancak 20 mm’den kalın kumaşlar “High Distance Sandviç Tekstil” kategorisine girer ki bu kumaş tipini üretmek için makine üzerinde bazı modifikasyonlara ihtiyaç duyulur.

Çözümlü örme tekniğiyle üretilen sandviç kumaşların yapılarında bulunan boşluk tabakası sayesinde fizyolojik konfor özellikleri oldukça iyidir ve bu sayede tıbbi tekstillerde kullanılırlar. Aynı zamanda bağlantı iplikleri kumaşın basma dayanımını iyileştirmekte ve bu nedenle basma dayanımının yüksek olmasını gerektiren teknik uygulamalarda sandviç kumaşların kullanımı giderek artmaktadır [41].



Şekil 4.11 : High Distance Sandviç Tekstiller [38].

Çözümlü örme makinalarında değişken kalınlıkta sandviç kumaş üretimi mümkündür. Bu prosesle ilgili patent Helbig ve ark. tarafından alınmıştır. Kumaş bölümler halinde örülür ve son kumaş formu örme süreci sonunda verilir. Ön ve arka iğne yatakları arasındaki bağlantı ipliğinin uzunluğu o bölümdeki kumaş kalınlığını belirler [48].



Şekil 4.12 : Değişken kalınlıklı sandviç kumaş üretimi [48].

Örme tekniğine göre sandviç kumaşların avantaj ve dezavantajları

Çizelge 4.1 : Örme tekniğine göre sandviç kumaşların avantaj ve dezavantajları [37].

Sandviç Kumaş Tipi	Avantaj	Dezavantaj
	Yırtılma ve sökölme görülmez	Pahalı ekipman

Raschel	Yapıştırma ve laminasyon gerektirmez	Geniş alan kaplama
	Katlanabilir, esnektir ve şeklini korur	Düşük makina üretimi
	Boyutsal olarak sabittir ve esnektir	Makine başına yüksek işgücü ihtiyacı
	Kalınlık ve hacim ayarlanabilir	Desen aralığının sınırlı olması
	Hava ve buhar geçirgenliği kontrol edilebilir	Düzleşme ve çökmeye yatkınlık
	Nem geçirgenliği efektiftir	
	Vücut bölümlerine uygundur	
	Yalıtım özelliği iyidir	
	Geniş enlerde üretilebilir	
Düz Örme	Belli şekil ve boyutta üretilebilir	Düşük üretim hızı
	Kumaş kesilmediği için iplik ve kumaş telefı oluşmaz	Besleme ve sistem sayısının düşük olması
	Her iplik tipiyle çalışılabilir	Karmaşık ve pahalı ekipman
	Kumaş yüzeyleri arasına dolgu ipliği eklenebilir	Parça üretimin ekonomik olmaması

	Jakar desenlendirme	Yırtılabilir ve sökülebilir
Yuvarlak Örne	Yüksek numara iplik kullanabilme imkanı dolayısıyla düşük iplik maliyeti	Tek ende üretilebilir
	Az alan kaplama	Düşük boyutsal sabitlik
	Yüksek beceri seviyesi gerektirmez	Monoflaman kullanılığı zaman rijittir
	Eğrilmiş iplik kullanılabilir	Sınırlı dikiş seçimi
	Hızlı makine kurulum süresi	Sınırlı kalınlık seçeneği (2-10 mm)
	Geniş desen aralığı	Yırtılabilir ve sökülebilir
	Şekillendirilebilen yumuşak kumaş	

4.1.2 Sandviç kumaşların özellikleri

Bruer çalışmasında (2005) sandviç kumaşların özelliklerini aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Yüksek sıkıştırılabilme
- Nefes alabilirlik/hava geçirgenlik
- Tamponlama
- Yalıtım
- Yüksek eğilme direnci
- Dökümlülük
- Ayarlanabilir buhar transferi

- Geri dönüşüm
- Uzun kullanım ömrü
- Steril olması
- Yüzey direnci
- Yıkama direnci
- Isı regülasyonu
- Hafiflik
- Geniş yüzey tasarım özellikleri
- Kesim ve dikim işlemine ihtiyaç duyulmaması
- CAD kullanımı
- İplik çeşitliliği [37]

4.3 Kapitone Kumaşlar (Üç Katlı Örmek kumaşları)

Bu kumaşlar başlangıçta tekstil kompozitlerinde preform olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak üretiminin hızlı olması, renk ve desen konusundaki çeşitlilik, düşük miktarda üretimin mümkün olmasından dolayı ev tekstili sektöründe yatak kaplama kumaşı, yatak örtüsü ya da pike olarak kullanılabilir. Üretimi çift plaka jakarlı yuvarlak örmek makinelerinde gerçekleştirilebilir. Üretim sırasında kumaşın ön ve arka yüzleri örülürken orta tabakaya hacimli sürekli flamen sentetik iplikler beslenerek dolgu tabakası oluşturulmaktadır. Yatak kumaşında kullanım durumunda kumaşın yüzeyinde kesikli lifler kullanılırken arka yüzeyde genellikle polyester gibi flamen iplikler kullanılır. Ortadaki dolgu amaçlı tabakaya hacimli polyester, naylon ve polipropilen iplikler beslenir. Bu kumaşlar yapılarının dolgunluğu ve yumuşaklığı ile yüksek hava geçirgenlikleri sayesinde uyku konforunun yüksek olmasını sağlamaktadır [34,45].

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada konvansiyonel olarak üretimi yapılan ve yatak kaplama kumaşı olarak kullanılan jakarlı double jersey kapitone kumaşlar kullanılmıştır. Temin edilen kumaşların ön yüzlerinde pamuk, polyester, modal lifleri, arka yüzlerinde pamuk, polyester ve viskon lifleri kullanılmıştır.

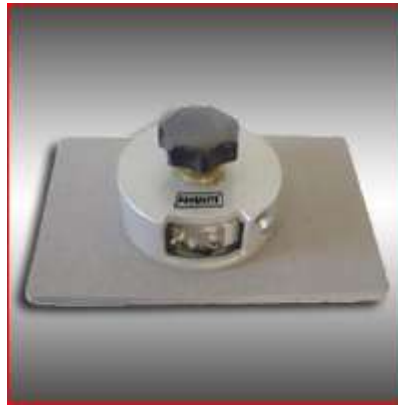
5.2 Metod

Çalışma kapsamında temin edilen kumaşların gramaj ölçümü, dikey ıslanma ve transfer ıslanma analizleri, buhar geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç, kalınlık ve hava geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçların istatistiksel analizi için IBM SPSS 20 kullanılmıştır.

5.2.1 Analizlerin yapılışı

5.2.1.1 Gramaj ölçümü

Kumaş gramaj ölçümü için gramaj kesim aletiyle 100 cm²'lik daire numuneler kesilerek elde edilen parçaların ağırlıkları korunaklı hassas terazide ölçülür. Elde edilen parçalar 100 cm²=1 dm² olduğu için kumaşın gr/m²cinsinden gramajını elde etmek için numune ağırlıkları 100 ile çarpılır.



Şekil 5.1 : Kumaş gramaj kesim aleti [50].

5.2.1.2 Kumaş lif türünün belirlenmesi

Kumaş lif türünün belirlenmesi için kumaşın her iki yüzünden çekilen iplikler yakılarak kokusuna, çıkardığı dumanın rengine ve yandıktan sonra bıraktığı kalıntıya göre değerlendirilmiştir. Ayrıca pamuk ve viskon gibi yanma özellikleri aynı olan liflerin ayırdedilebilmesi için mikroskop altında inceleme yapılmıştır. Bunun için kumaşın her iki yüzünden çekilen liflerin boyuna görünüşleri incelenmiştir.

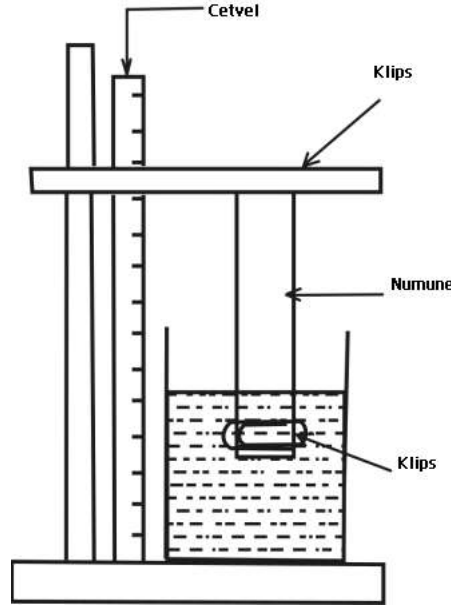
5.2.1.3 Su buharlaşma hızının belirlenmesi

Su buharlaşma hızının tayini Fanguiero ve diğ. tarafından yapılan çalışmada kullandıkları prensibe göre yapılmıştır. Kumaşlardan su buharlaşma hızının belirlenmesi için her kumaştan üçer adet 80 mm x 80 mm'lik kare numuneler kesilir. Bu numunelerin kuru ağırlıkları ölçülerek w_f olarak kaydedilir. Kuru numune ağırlığının % 30'u kadar su numunelere eklenerek numune ıslatılır. Bunun sonucunda kumaş ağırlığı tekrar ölçülerek bu değer de w_0 olarak kaydedilir. Test numuneleri ızgara üzerinde kurumaya bırakılır. 120 dakikalık test süresi boyunca numuneler her 5 dakikada bir hassas terazide tartılarak ağırlıkları w_i olarak kaydedilir. Her ölçüm sonunda suyun buharlaşma hızı aşağıdaki formüle göre hesaplanır [51]:

$$WER(\%) = \left(\frac{w_0 - w_i}{w_0 - w_f} \right) \times 100 \% \quad (5.1)$$

5.2.1.4 Dikey ıslanma

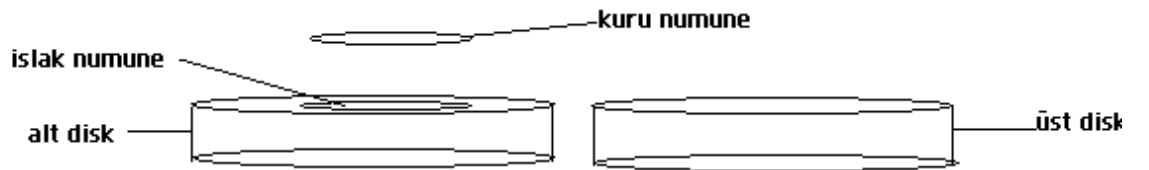
Kumaşların dikey ıslanma analizleri yine Fanguiero ve diğ. tarafından yapılan çalışmada kullandıkları metoda göre yapılmıştır. Buna göre her kumaş tipinden üçer adet may enine, üçer adet de may boyuna olmak üzere 200 mm x 25 mm'lik numuneler kesilir. Kesilen numunelerin alttan 30 mm'lik bölümü ölçülerek işaretlenir ve numuneler bu işaret hizasına kadar saf suya batırılır. Suyun seviyesini sabitlemek amacıyla kumaşın alt ucuna küçük bir klips takılır. On dakika boyunca suyun yükselmesi izlenerek dakikada bir suyun kumaştaki yükselmesi kaydedilir [51]. Dikey ıslanma test düzeneği şematik olarak Şekil 5.2'de gösterilmiştir:



Şekil 5.2 : Dikey ıslanma test düzeneği [51].

5.2.1.5 Transfer ıslanma

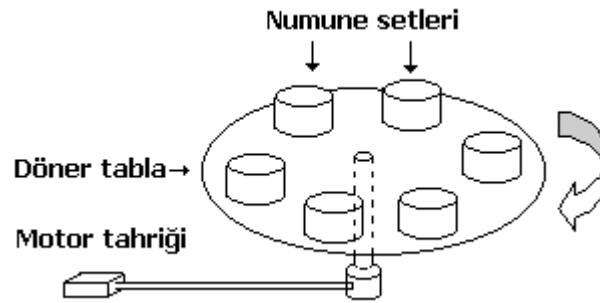
Transfer ıslanma analizinde 74,5 mm çapında 6 çift dairesel numune kesilir. Her numunenin ağırlığı ıslanma öncesinde ölçülür. Her numune çiftinden birer numune saf su ile tamamen ıslatılır. Numune çiftindeki diğer kumaş ise kuru bırakılır. Islatılan numuneler ızgara üzerine konarak her bir yüzü 2’şer dakika süre ile kurutulur. Ardından ıslak numune ön yüzü üstte kalacak şekilde kauçuk disk üzerine yerleştirilir. Kuru numuneler ıslak numuneler üzerine yerleştirilir. 3 numune çifti kuru numunenin yüz kısmı ile ıslak numunenin yüz kısmı temas edecek şekilde, 3 numune çifti de kuru numunenin arka yüzeyi ıslak numunenin yüz kısmına temas edecek şekilde hazırlanır. Numune çiftleri bu şekilde hazırlandıktan sonra üzerlerine ikinci kauçuk disk kapatılarak sandviç benzeri bir yapı oluşturulur. 30 dakikalık test süresi boyunca her 5 dakikada bir numune ağırlıkları hassas terazide ölçülerek ıslak numuneden kuru numuneye sıvı transferi incelenir.



Şekil 5.3 : Transfer ıslanma test düzeneği

5.2.1.6 Su buharı geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği testi BS 7209:1990 standardına göre Döner Platform metoduna göre yapılmıştır. Her kumaştan üçer adet numune kesilerek ağırlıkları ölçülür. Test süresince kumaşların yerleştirileceği test kaplarının ağırlıkları da ölçülür. Deney kapları standart su seviyesine kadar saf su ile doldurularak tekrar tartılır. Kumaş numuneleri ön yüzleri üstte kalacak şekilde deney kaplarına yerleştirilerek deney bilezikleriyle sabitlenir. Deney kapları döner platform üzerine konur. 5 saatlik deney süresi sonunda numuneler deney kaplarından çıkarılarak tartılır. Deney kapları da içlerindeki su ile beraber tartılır [54].



Şekil 5.4 : Döner platform metoduna göre su buharı geçirgenliği test düzeneği [52].

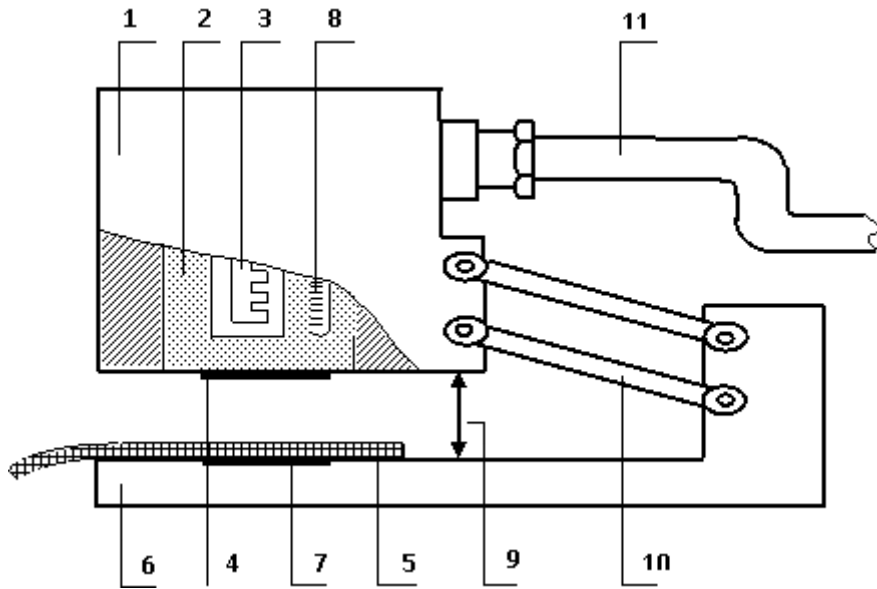
5.2.1.7 Isıl iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık ölçümü

Bu çalışmadaki ısı iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık ölçümleri ALAMBETA cihazında ISO 11092 standardına göre yapılmıştır. Hes tarafından geliştirilen bu cihazın geliştirilme amacı ısı absorpsiyonun ölçülmesidir. Cihaz ölçüm kafası ve numunelerin yerleştirildiği bir tabandan oluşur.

Testin başlamasıyla üzerinde ısı akış sensörü bulunan ölçüm kafası aşağı inerek alt tabandaki numuneye temas eder. Aynı anda numune yüzeyindeki sıcaklık değişir ve ısı akış değerleri kaydedilir. Fotoelektrik sensör tarafından da numune kalınlığı ölçülür [53].



Şekil 5.5 : ALAMBETA test cihazı [53].



Şekil 5.6 : ALAMBETA cihazının bölümleri [53].

- 1.Ölçüm kafası
- 2.Metal blok
- 3.Elektrikli ısıtıcı
- 4.İsı akış sensörü
- 5.Tekstil malzemesi
- 6.Metal taban
- 7.Plaka
- 8.Termometre
- 9.Ter akışının simüle edildiği ıslak kumaş arayüzeyi
- 10.Kafa kaldırma mekanizması
- 11.Bağlantı borusu [53]

5.2.1.8 Hava geçirgenliği

Hava geçirgenliği ölçümleri TS 391 ISO 9237'ye göre yapılmıştır. Standartta tanımlanan ölçüm alanları 5, 20, 50 ve 100 cm²'dir. Bu deneyde 5 cm²'lik alan kullanılmıştır. Yine standartta deney alanından kullanılacak basınç farkları 50, 100, 200 ve 500 Pa olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan basınç farkı ise 100 Pa'dır.

Numuneler dairesel numune tutucuya yerleştirilir. Emme fanı başlatılarak tanımlanan basınç farkına ulaşıncaya kadar kademeli olarak artırılır. 1 dakika sonra hava akımı kaydedilmeye başlanır ve kararlı koşullara ulaşıncaya kadar ölçümler alınır.

Hava geçirgenliği ise aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \times 167 \quad (5.2)$$

$\bar{q}_v$: litre/dk cinsinden ortalama hava akış hızı

A: cm² cinsinden test edilen kumaş alanı

167: litre/dakika/cm²'den mm/sn'ye dönüşüm katsayısı

Açık yapılı kumaşlar veya nonwovenlarda

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \times 0,167 \quad (5.3)$$

formülünde de hava geçirgenliği R m/sn birimi üzerinden hesaplanır [58].

5.3 DeneySEL Sonuçlar

5.3.1 Kumaş gramaj ölçümleri

Gramaj kesim aletiyle kesilen numuneler hassas terazide tartılarak gramaj değerleri elde edilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen gr/m² cinsinden ortalama gramaj değerleri Çizelge 5.1 ve Şekil 5.7'de verilmektedir.

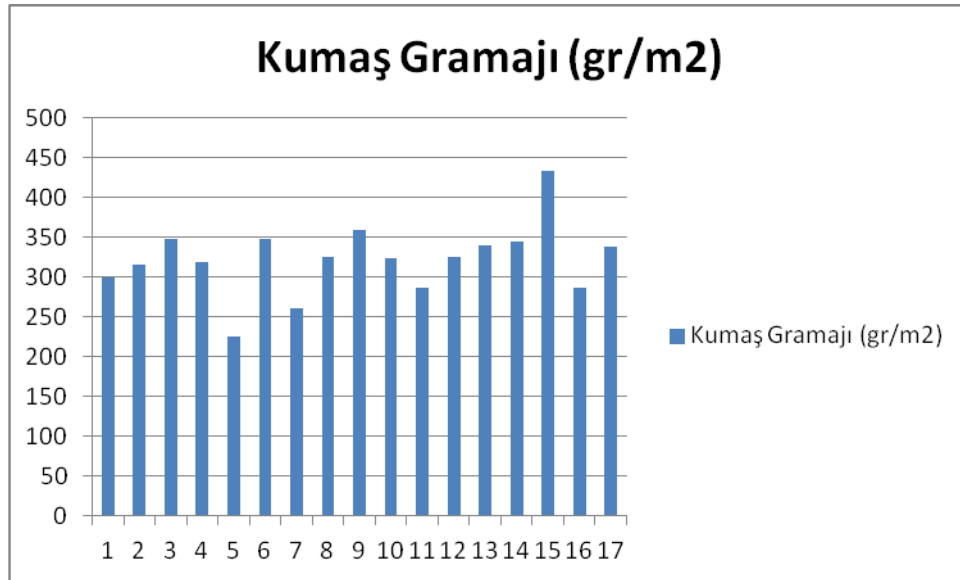
5.3.2 Kumaş lif türünün belirlenmesi

Kumaş ön yüzü ve arka yüzünden çıkarılan iplikler ilk etapta yakılarak çıkan koku, duman ve kalan kalıntı kontrol edilmiştir. Pamuk, modal ve viskon lifleri yakıldığında yanmış kağıt kokusu, siyah duman ve kül bırakır. Polyester lifi yakıldığında

zaman kendine has aromatik bir koku çıkarırken, dumanı siyah renklidir ve boncuk şeklinde siyah, sert bir kalıntı bırakır.

Çizelge 5.1 : Kumaş gramajları ve lif içeriği.

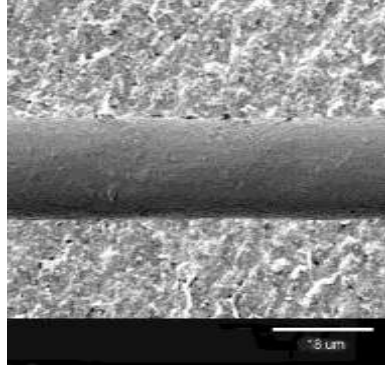
Kumaş No	Ön Yüz Lif Türü	Arka Yüz Lif Türü	Kumaş Gramajı (gr/m ²)
1	Polyester	Pamuk	299,3
2	Pamuk	Pamuk	315,63
3	Pamuk	Pamuk	347,28
4	Pamuk	Pamuk	319,3
5	Pamuk	Pamuk	225,49
6	Pamuk	Pamuk	347,34
7	Pamuk	Pamuk	261,02
8	Pamuk	Pamuk	325,27
9	Pamuk	Pamuk	359,07
10	Pamuk	Pamuk	323,65
11	Pamuk	Pamuk	287,34
12	Pamuk	Pamuk	324,73
13	Pamuk	Pamuk	340,13
14	Polyester	Polyester	345,00
15	Pamuk	Polyester	434,07
16	Modal	Pamuk	286,95
17	Viskon	Polyester	337,73



Şekil 5.7 : Kumaş gramajları.

Modal ve pamuk yanarken aynı şekilde davrandıkları için yakarak analizle ayırıcı bir sonuç elde edilemez. Bundan dolayı lifler aynı zamanda mikroskop altında da incelenerek mikroskop altındaki görüşlerine göre lif tipi yorumlanmıştır. Pamuk

mikroskop altında görüntülendiğinde lif kendi çevresine kıvrılmış, kurdeleye benzer ve boğumlu bir yapıdadır. Viskon ise mikroskop altında dairesel bir yapıya sahiptir ve üzerinde sık çizgiler bulunur. Polyester ise mikroskop altında pürüzsüz bir çubuk gibi görünür. Kumaş lif içerikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.8 : Polyester lifinin mikroskop altında görünüşü [55].



Şekil 5.9 : Pamuk lifinin mikroskop altında görünüşü [56].



Şekil 5.10 : Viskon lifinin mikroskop altında görünüşü [57].



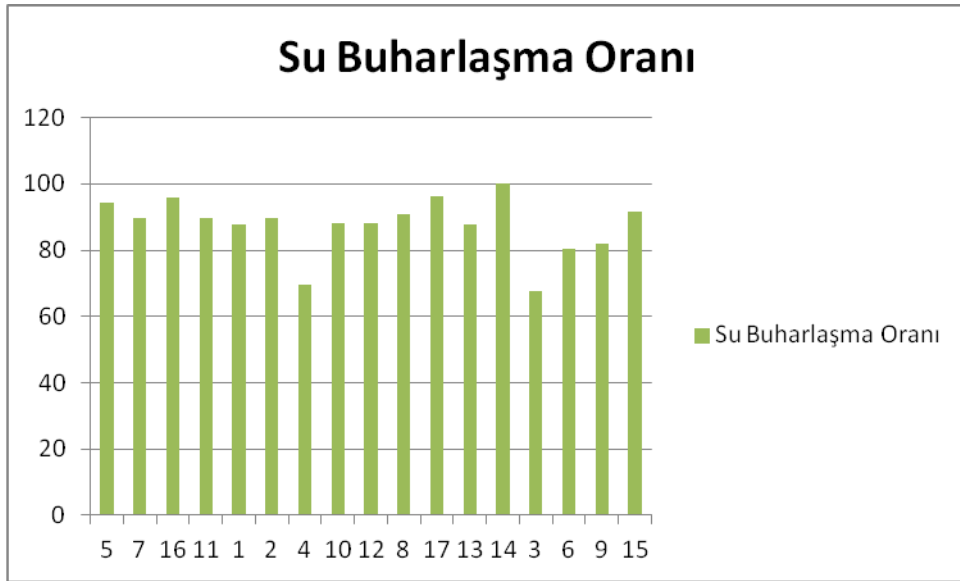
Şekil 5.11 : Modal lifinin mikroskop altında görünüşü [57].

5.3.3 Kumaş su buharlaşma oranının belirlenmesi

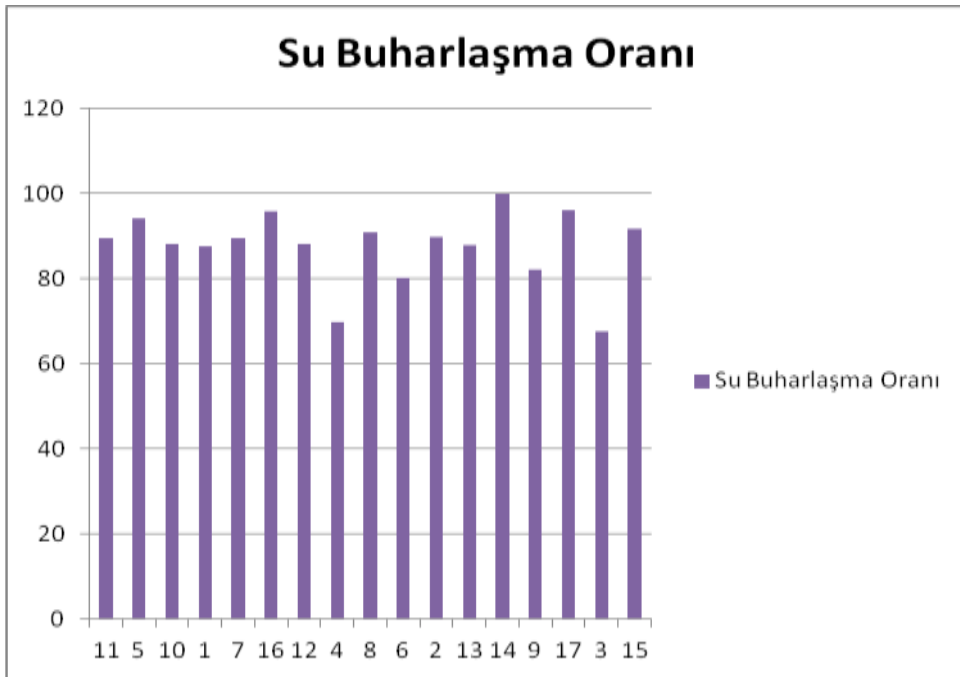
Su buharlaşma oranı deneyinde ölçümleri yapılan üçer adet numunenin 120 dakika sonunda Denklem 5.1'e göre hesaplanan ortalama su buharlaşma oranı (Water Evaporation Rate-WER) Çizelge 5.2'de verilmiştir. Gramaja ve kalınlığa göre küçükten büyüğe sıralanmış olarak Şekil 5.12'de ve Şekil 5.13'te verilmektedir.

Çizelge 5.2 : Kumaş numunelerinin ortalama su buharlaşma oranı.

Kumaş No	WER (%)	Kumaş No	WER (%)
1	87,723	10	88,139
2	89,754	11	89,538
3	67,575	12	88,065
4	69,749	13	87,930
5	94,206	14	100,035
6	80,291	15	91,705
7	89,541	16	95,757
8	90,867	17	96,146
9	82,000		



Şekil 5.12 : Gramaja göre kumaşların su buharlaşma oranı.



Şekil 5.13 : Kalınlığa göre kumaşların su buharlaşma oranı.

Fanguiero ve diğ. kumaşın sıvı transfer yeteneği ve lifin barındırdığı nem miktarının su buharlaşma oranı üzerinde önemli rol oynadığını gözlemlemişlerdir. Buna göre düşük nem içerikli liflerde sıvı iletim özelliği daha iyi olan lifleri içeren kumaşlarda su buharlaşma oranı daha yüksek çıkmaktadır [51].

Deney sonuçları incelendiğinde en yüksek su buharlaşma oranının 14 numaralı kumaşta gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuç Fanguiero ve diğerlerinin çalışmalarında elde ettiği bulgularla uyumludur. Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da

gösterilen dikey ıslanma sonuçlarında yüksek sayılabilecek sonuçlar ortaya koyan 14 numaralı kumaş özellikle sentetik polyester lifinin barındırdığı düşük nem oranından dolayı su buharlaşma oranı açısından diğer kumaşlara göre daha yüksek sonuçlar vermektedir.

Su buharlaşma oranı yüksek olan diğer bir kumaş ise 337,73 gr/m² gramajlı ön yüzü viskon arka yüzü polyester olan 17 numaralı kumaştır. Normalde viskonun nem içeriği polyesterden yüksektir, bu durum da polyester lifine göre viskonun kuruma hızını azaltmaktadır. 17 numaralı kumaşta da su buharlaşma oranını iyileştiren polyester içeriğidir. Polyester içeren bir diğer kumaş olan 15 numaralı numunenin su buharlaşma oranı incelendiğinde % 91, 7 ile iyi bir su buharlaşma oranı gösterdiği görülür. Ancak bu kumaşın içeriğindeki pamuk su buharlaşma oranını düşürmektedir.

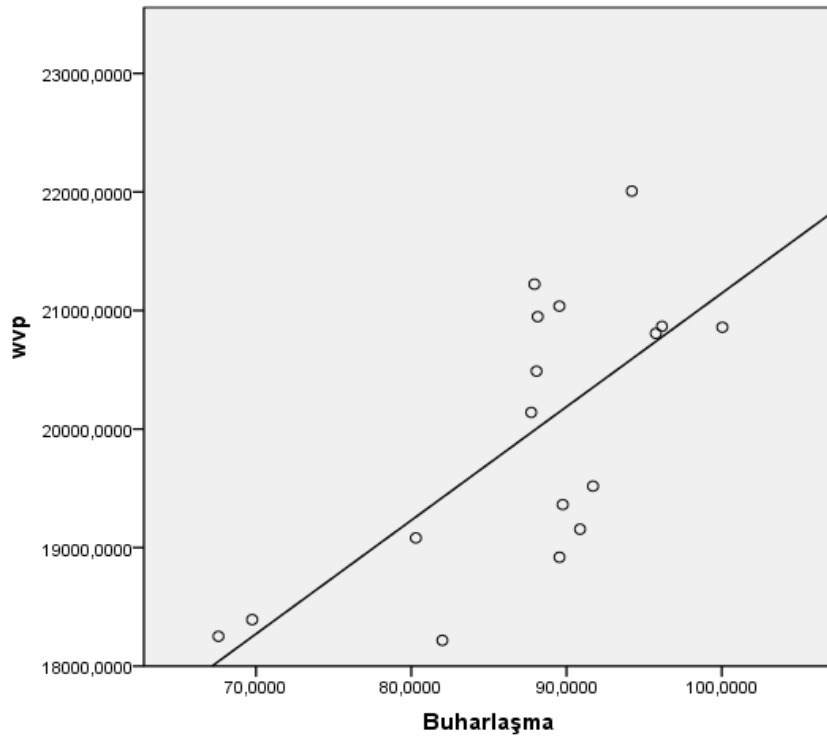
Hong ve diğ. çalışmalarında polyester lifinin şişmemesinden dolayı suyun lifin moleküler yapısı içerisine nüfuz edemediğini belirtmişlerdir. Oysa ki pamuk lifi şiştiği için moleküler yapısı içine sıvıyı emer. Life emilen sıvı hidrofilik moleküler bölgelere bağlanarak lif içinde tutulmaktadır. Bu durum da pamuğun polyestere göre daha uzun sürede kurumasına sebep olmaktadır. 16 numaralı ön yüzü modal arka yüzü pamuk numunede de su buharlaşma oranının yüksek olduğu görülmektedir. Bu kumaşta su buharlaşma oranı 17 numaralı viskon polyester kumaşla çok yakındır. Viskon polyester kumaşla kıyaslandığında ise pamuğun yüksek nem içeriği bu kumaşın su buharlaşma oranını düşürmektedir.

Polyester lif içeriği 1 numaralı kumaş haricindeki diğer kumaşlarda su buharlaşma oranını artırırken ön yüzü polyester olan 1 numaralı kumaşta belirgin bir iyileşmeye yol açmamıştır. 1 numaralı kumaş aynı gramaj aralığındaki pamuk kumaşlar gibi davranmaktadır. Burada ön yüzündeki deseni aynı olan 1,5,7 ve 13 numaralı kumaşlarda ölçüm sonuçları dikkat çekici derece birbirine yakın çıkmıştır. Özellikle 1,7 ve 13 numaralı kumaşların sonuçlarının aynı aralıkta çıkması, gramaj, kalınlık ve lif içeriklerinin birbirinden farklı olması su buharlaşma oranı üzerinde kumaş yüzey yapısının etkili olduğunu da düşündürmektedir.

Su buharlaşma oranı en düşük olan 3 ve 4 numaralı kumaşlar iki yüzü pamuk olan diğer kumaşlardan daha düşük bir oran sergilemektedir. Kalınlık ve gramaj açısından diğer kumaşlardan belirgin farklılığı olmayan 3 ve 4 numaralı kumaşlardaki bu

farklılığın yine kumaş yüzey yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. 3 ve 4 numaralı kumaşlar ufak desenli daha sıkı bir yüzey yapısına sahiptir. Bu kumaşların desen yapılarındaki bu farklılık ayrıca su buharı geçirgenliği test sonuçlarıyla büyük oranda tutarlılık göstermektedir.

Su buharlaşma oranı ölçüm sonuçlarının korelasyon ve regresyon analizleri sonucunda su buharlaşma oranı ile kumaşların buhar geçirgenliği arasında 0,702 Pearson korelasyon katsayısı tespit edilmiştir. $p=0,002$ ($<0,05$) değeri ölçümlerin tutarlı ve anlamlı olduğunu gösterir. Korelasyon indisleri R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri sırasıyla % 49,2 ve % 45,8'dir. Yani buna göre su buharlaşma oranı üzerinde buhar geçirgenliğinin % 49,2'lik bir payı bulunmaktadır. Regresyon denklemi de $WER=0,005wvp-14,960$ şeklinde yazılır.



Şekil 5.14 : Su buharlaşma oranı ve buhar geçirgenliği arasındaki ilişki.

Her iki yüzü de pamuk olan kumaşlar için korelasyon analizi yapıldığında ise gramaj ile su buharlaşma oranı arasında negatif korelasyon görülmektedir (Pearson korelasyon katsayısı= $-0,577$, $p=0,05$). Öte yandan buhar geçirgenliği ile su buharlaşma oranı arasında da pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Pearson korelasyon katsayısı= $0,678$, $p=0,015$).

5.3.4 Dikey ıslanma

Kumaş numunelerinin dikey ıslanma testi sonuçları Ekler bölümünde Çizelge A.1 ve A.2’de verilmektedir. 10 dakikalık test süresi boyunca may boyuna ve may enine ortalama dikey ıslanma sonuçları ise grafik olarak Şekil 5.15 ve 5.16’da verilmektedir. Şekil 5.17 ile 5.24 arasındaki grafiklerde ise test sonunda iki yüzü aynı ve farklı kumaşların gramaja ve kalınlığa göre sıralanmış sonuçları verilmektedir. Dikey ıslanma testi sırasında 1 numaralı (ön yüz polyester, arka yüz pamuk), 14 numaralı (ön yüz polyester, arka yüz polyester), 15 numaralı (ön yüz pamuk, arka yüz polyester) ve 17 numaralı (ön yüz viskon, arka yüz polyester) numunelerde kumaşın ön yüzüyle arka yüzü arasında belirgin sıvı yüksekliği farkı gözlemlendiğinden bu kumaşlarda ön yüz ve arka yüz için ayrı ayrı dikey ıslanma testi yapılmıştır. 14 numaralı numune haricindeki diğer kumaşlarda ön yüz ve arka yüzde kullanılan lifler birbirinden farklıdır. 14 numaralı kumaşta ise ön yüz ve arka yüz lifleri birbiriyle aynı olduğu için dikey ıslanma test verilerinin normalde her iki yüz için aynı olması beklenir. Ancak bu kumaş desen yapısı itibariyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Kumaşın ön yüzündeki sıvı yükselmesinin arka yüzdeki sıvı yükselmesinden az oluşu kumaşın ön yüzündeki desenin arka yüzden daha karmaşık oluşu dolayısıyla kılcallığın azalmasıyla açıklanabilir.

Dikey ıslanmada sıvı yükselmesi kılcal basınç tarafından yönetilir. Kılcal basınç farkı ise gözenek boyutuna bağlıdır. Küçük gözeneklerde sıvı yükselmesi büyük gözeneklerde sıvı yükselmesinden daha fazladır. Gözenegin geometrisi ve devamlılığı da aynı şekilde sıvı yükselmesini etkileyen faktörlerdir. Özellikle doğal liflerde kesikli lif yapısından, lif yüzeyinin pürüzlülüğü ve kesit şeklinden dolayı gözenekler düzensiz yapı gösterir. Tekstüre filamentlerde ise gelişigüzel filament yerleşimi kılcallığı azalttığı için sıvı yükselmesini azaltır [7]. Doğal liflerin yüksek nem içeriği de dikey ıslanmayı azaltır.

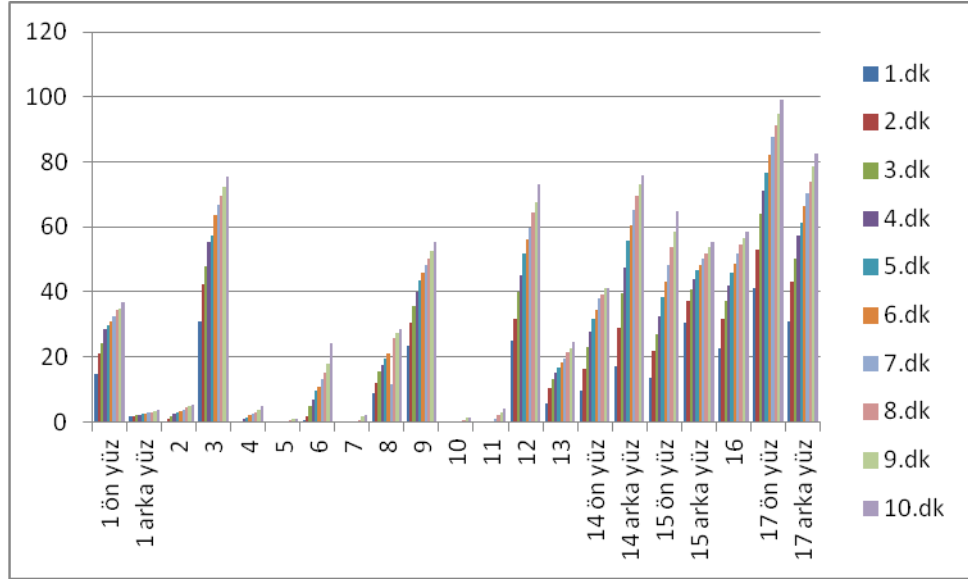
Test sonuçlarına bakıldığında dikey ıslanma testinde may boyuna en fazla sıvı yükselmesini 17 numaralı numunenin viskon ön yüzü göstermiştir. Normalde viskonun hidrofilik yapısı dikey ıslanma özelliğini azalttığı için dikey ıslanmasının bu derecede iyi olması beklenmez. Burada viskonun gösterdiği dikey ıslanma özelliği ise kumaş yapısının etkisini düşündürmektedir. Bu kumaşın ön yüzü ve arka yüzü noktasal bağlantılarla birleşmektedir ve bağlantı yapılan noktalar haricinde kumaş ön ve arka yüzü serbest ve gevşek bir yapıya sahiptir. Aynı kumaşın polyester olan arka

yüzeyinin de dikey ıslanma özelliği çok iyidir. Bu durum polyesterin düzgün gözenek yapısından dolayı kılcallığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek kılcallık sıvı yükselmesini artırmaktadır. Aynı durum sıvı yükselmesinin iyi olduğu her iki yüzü de polyester olan 14 numaralı numune için geçerlidir. Her iki yüzeyi pamuk olan 3 ve 12 numaralı numunelerin de dikey ıslanma özelliklerinin iyi olduğu görülmüştür. Normalde pamuk lifinin yüksek nem içeriği ve düzensiz gözenek yapısı nedeniyle dikey ıslanma özelliği zayıftır. Bu kumaşların gevşek ve az desenli yapılarının dikey ıslanmalarını iyileştirdiği düşünülmektedir.

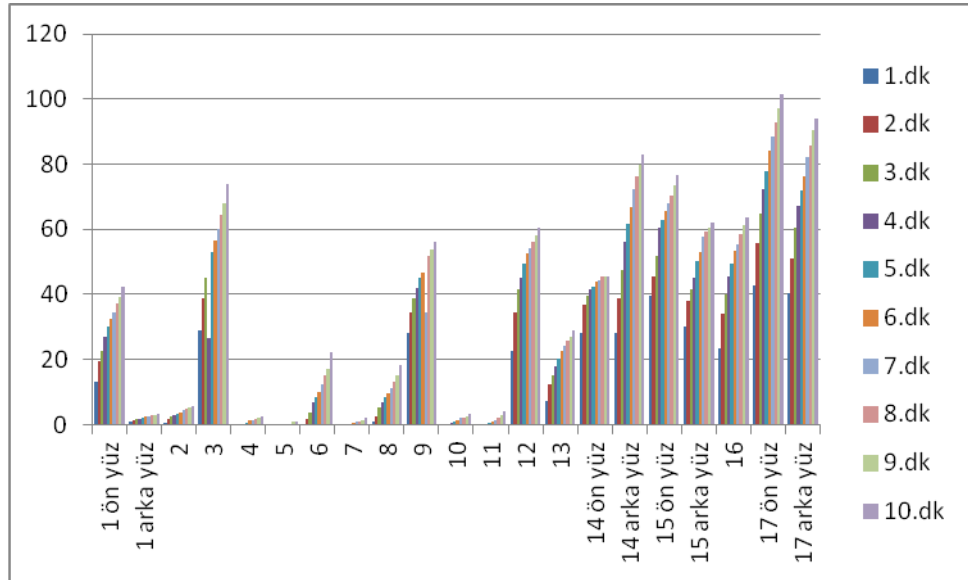
Deneylerde may enine dikey ıslanma ve may boyuna dikey ıslanma arasında belirgin fark görülmemiştir.

Deney sonuçlarının istatistiksel analizine göre kumaş kalınlığının kumaş ön yüzünde may boyuna dikey ıslanmaya etkisi dikey ıslanmaya etkisi 0,01 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,008$, Pearson korelasyon katsayısı= $0,620$). Yine may boyuna numunelerde kumaş arka yüzünde kumaş kalınlığının dikey ıslanma ile korelasyonu pozitif ve 0,05 seviyesi için istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,014$, Pearson katsayısı= $0,582$). May enine dikey ıslanma sonuçlarının korelasyon analizinde kumaş yüzünde (0,01 seviyesinde $p=0,003$, Pearson katsayısı= $0,669$) ve kumaş arka yüzünde (0,01 seviyesinde $p=0,002$, Pearson katsayısı= $0,706$) kalınlığın dikey ıslanmaya etkisi anlamlıdır ve pozitiftir. Bu durum Küçükali ve diğ. tarafından artan kumaş kalınlığının kılcal boşluklar ve basınca bağlı olarak daha çok sıvı taşınımını sağlamasıyla açıklanmıştır [60]. Bu çalışmadaki dikey ıslanma test sonuçları da bu açıklamaya uygun çıkmıştır.

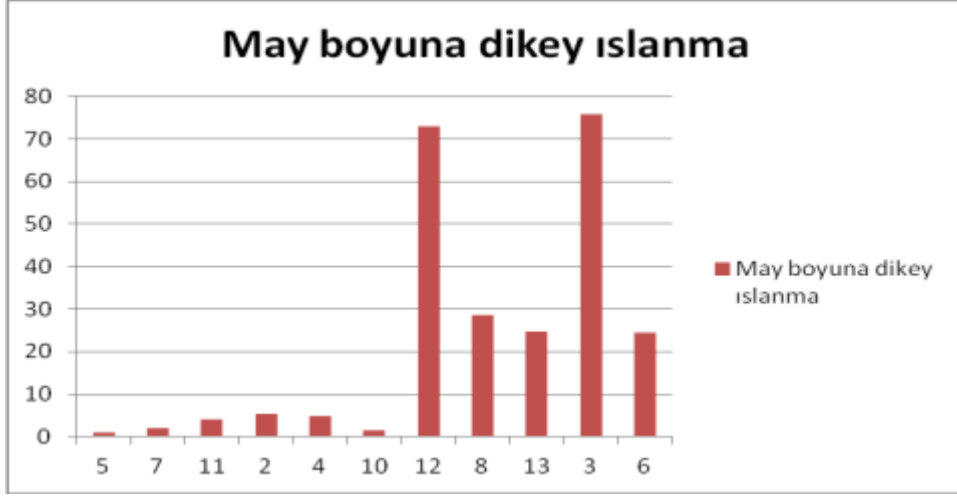
Her iki yüzü pamuklu kumaşlarda ise gramaj ile ön yüzde may boyuna dikey ıslanma (Pearson korelasyon katsayısı= $0,591$, $p=0,043$), arka yüzde may boyuna dikey ıslanma (Pearson korelasyon katsayısı= $0,589$, $p=0,044$), ön yüzde may enine dikey ıslanma (Pearson korelasyon katsayısı= $0,617$, $p=0,033$) ve arka yüzde may enine dikey ıslanma (Pearson korelasyon katsayısı= $0,617$, $p=0,033$) arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir.



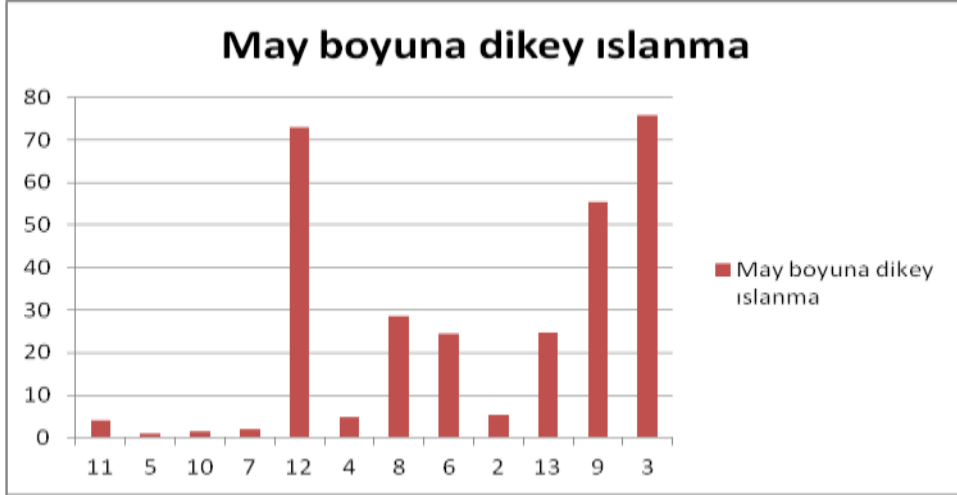
Şekil 5.15 : Ortalama may boyuna dikey ıslanma (mm).



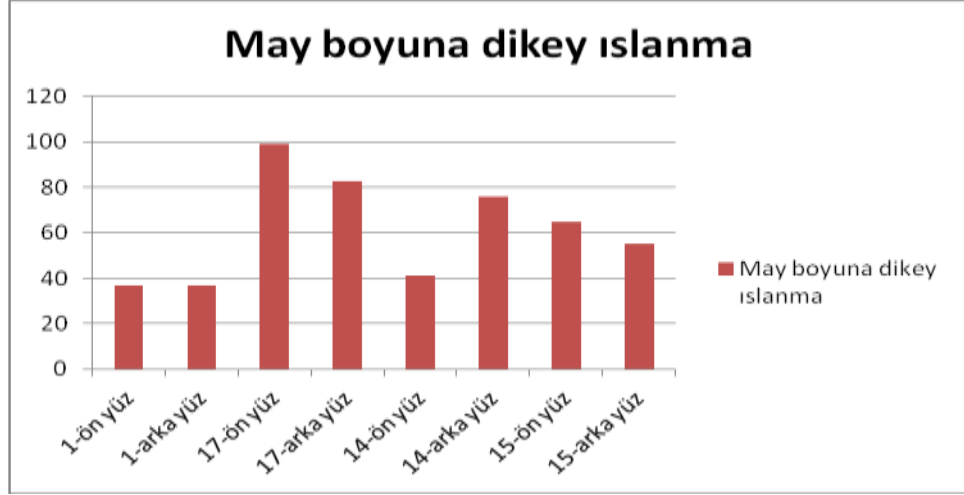
Şekil 5.16 : Ortalama may enine dikey ıslanma (mm).



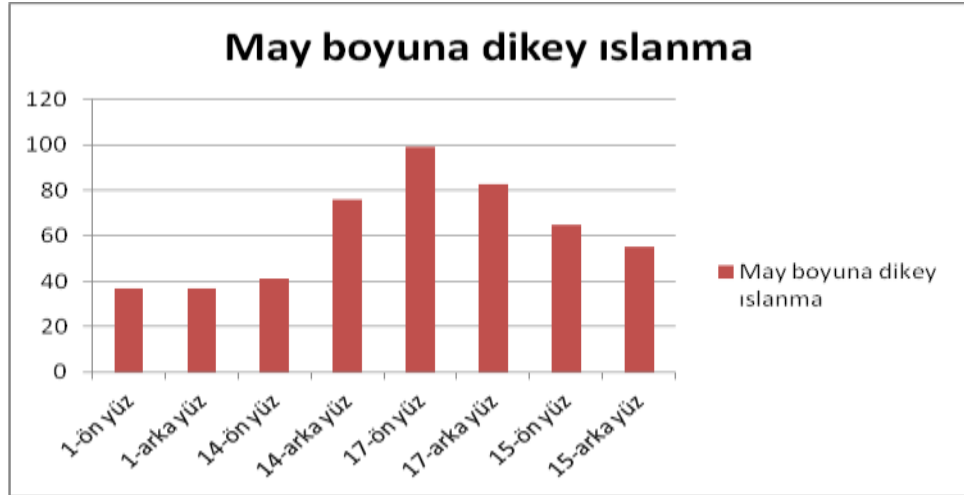
Şekil 5.17 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış).



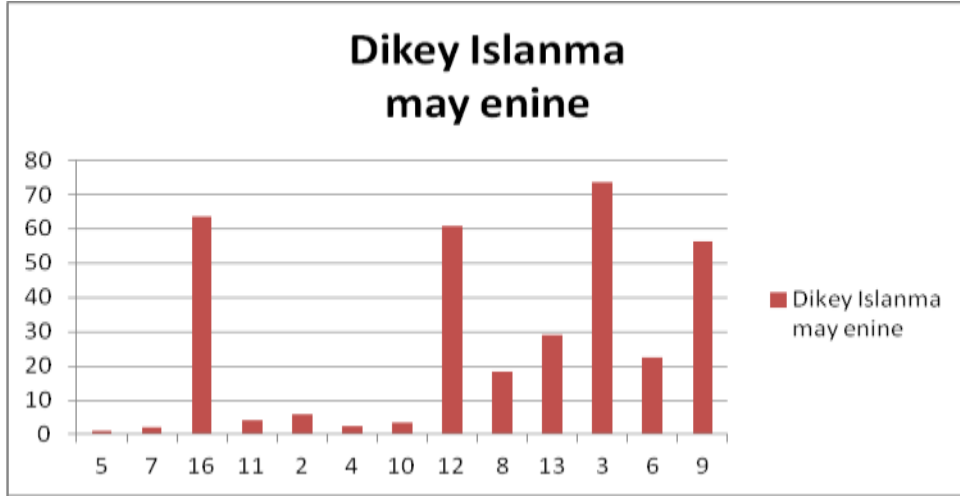
Şekil 5.18 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış).



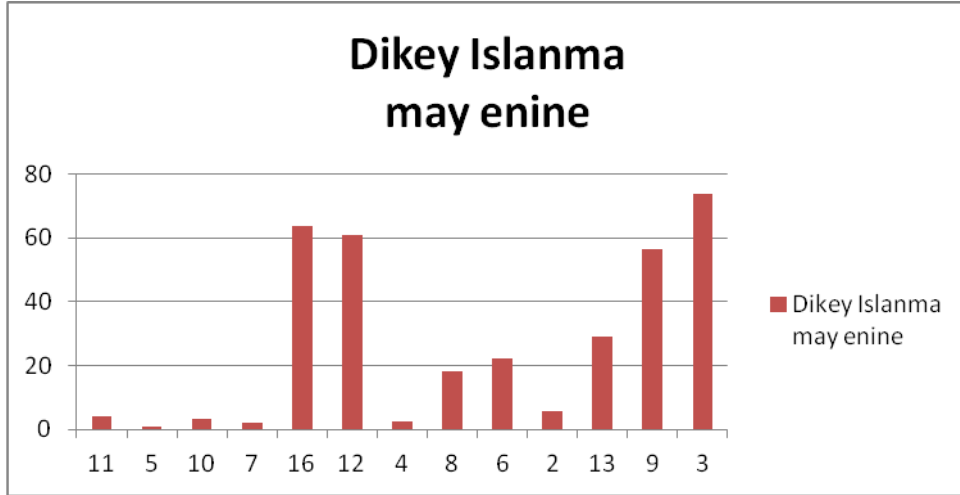
Şekil 5.19 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış).



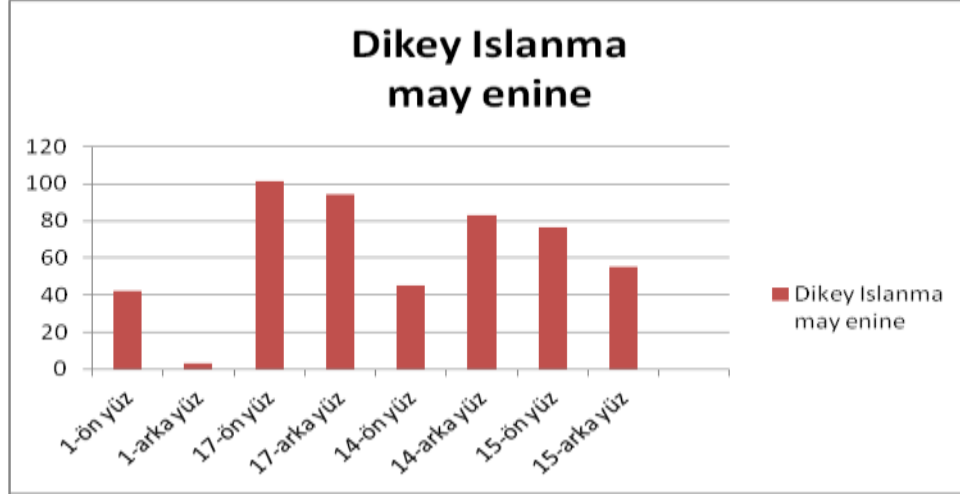
Şekil 5.20 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may boyuna dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış).



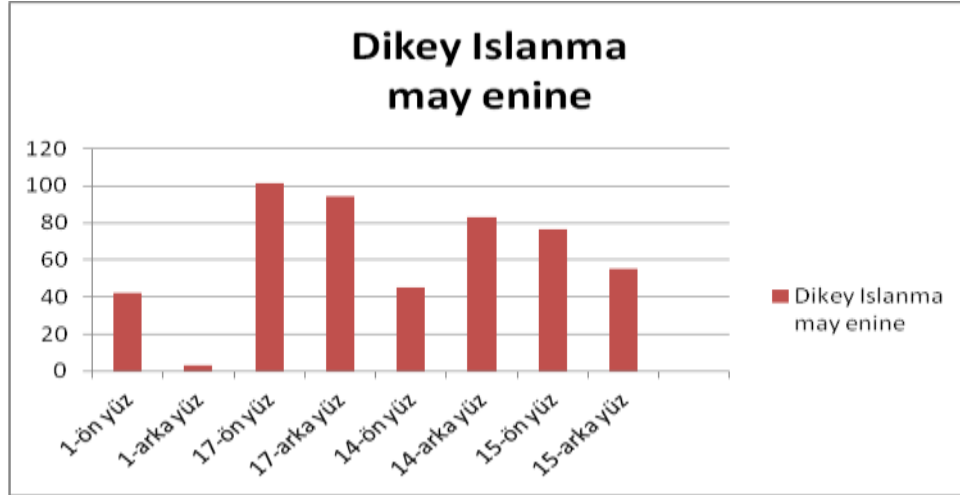
Şekil 5.21 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış).



Şekil 5.22 : Her iki yüzü de pamuk kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış).



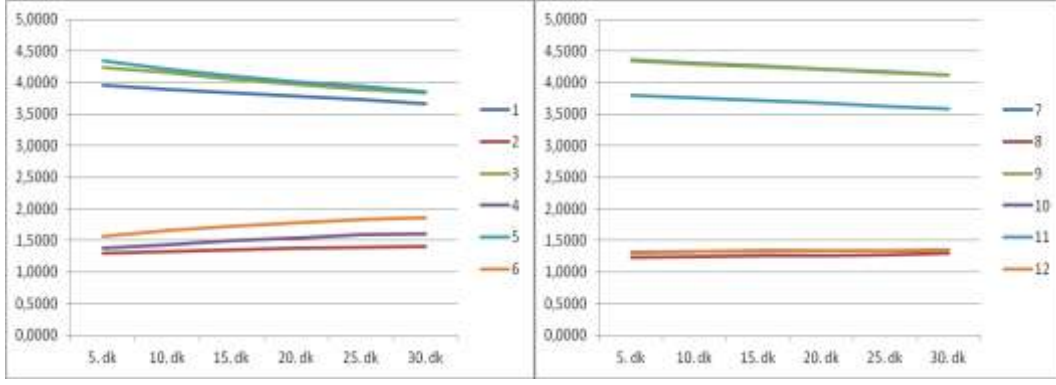
Şekil 5.23 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (gramaja göre sıralanmış).



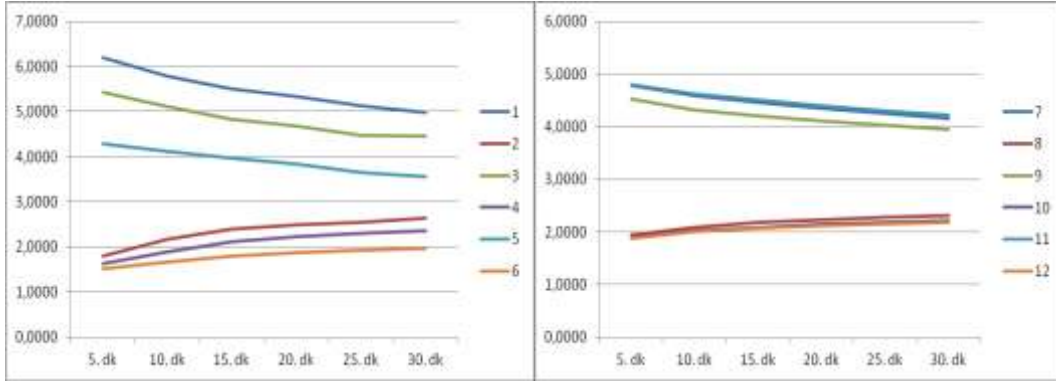
Şekil 5.24 : Yüzleri farklı kumaşların test sonunda may enine dikey ıslanma sonuçları (kalınlığa göre sıralanmış).

5.3.5 Transfer ıslanma

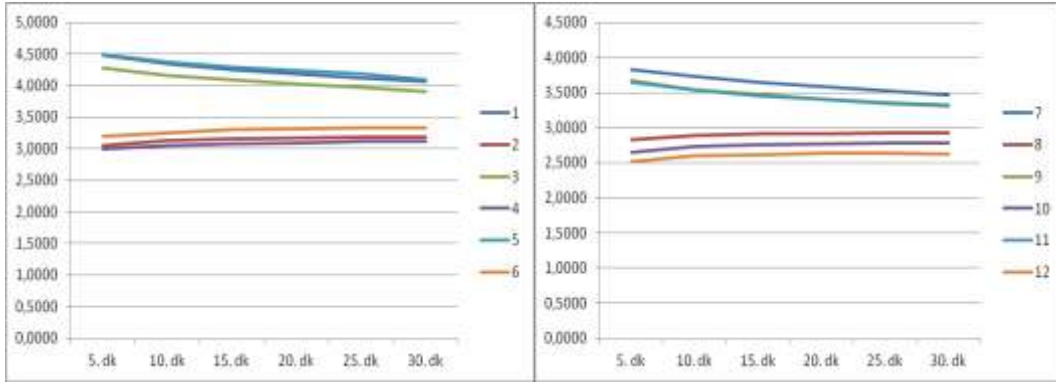
Her kumaş tipi için kumaş yüzünden kumaş yüzüne sıvı iletimi ve kumaş yüzünden numune çiftini oluşturan diğer kumaşın arka yüzüne sıvı iletimi incelenmiştir. Aşağıda verilen grafiklerde her kumaş tipi için sıvı transferinden kaynaklanan ağırlık değişimi gösterilmektedir. Transfer ıslanma numune ağırlık değişimleri de Ekler bölümünde Çizelge A.3'te gösterilmektedir.



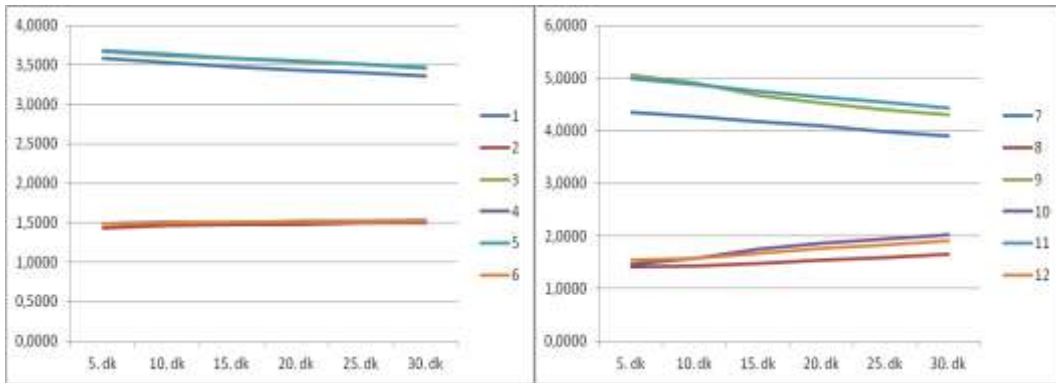
Şekil 5.25 : 1 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



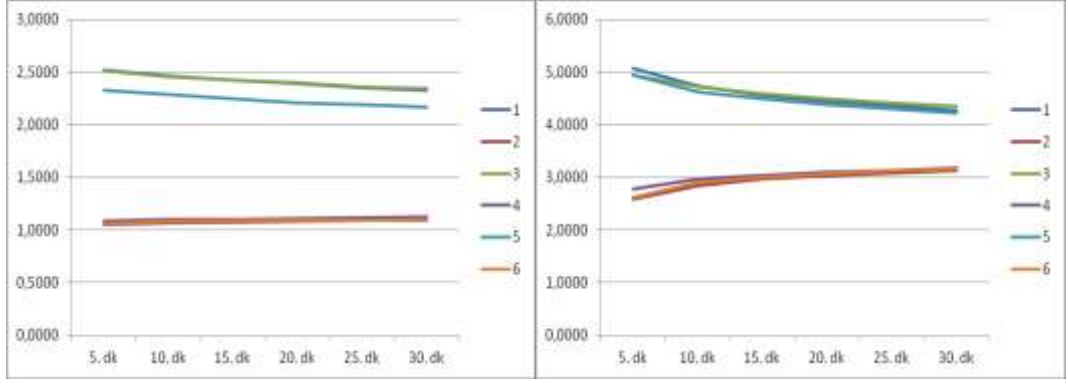
Şekil 5.26 : 2 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



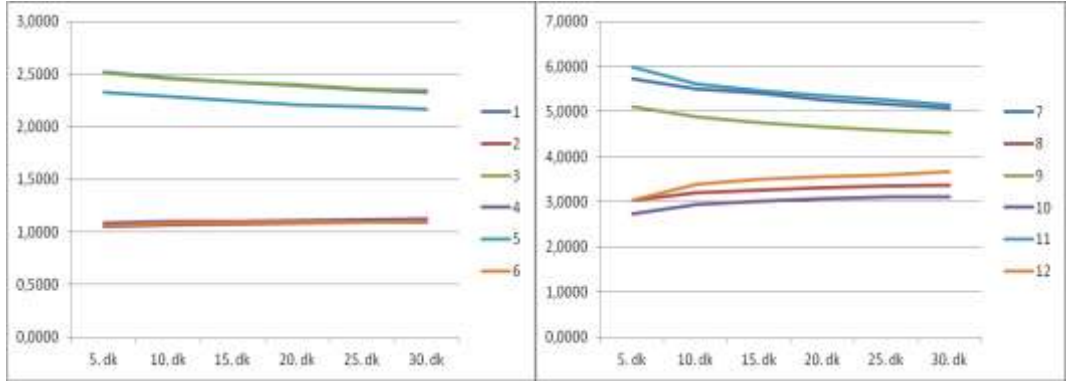
Şekil 5.27 : 3 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



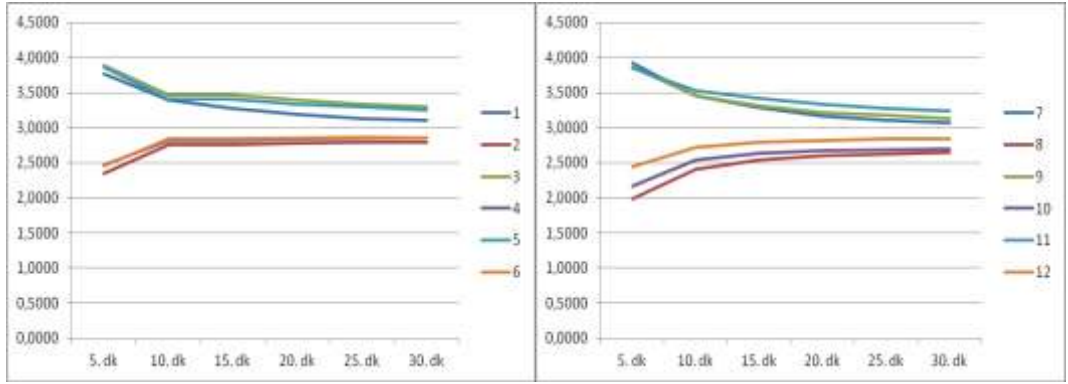
Şekil 5.28 : 4 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



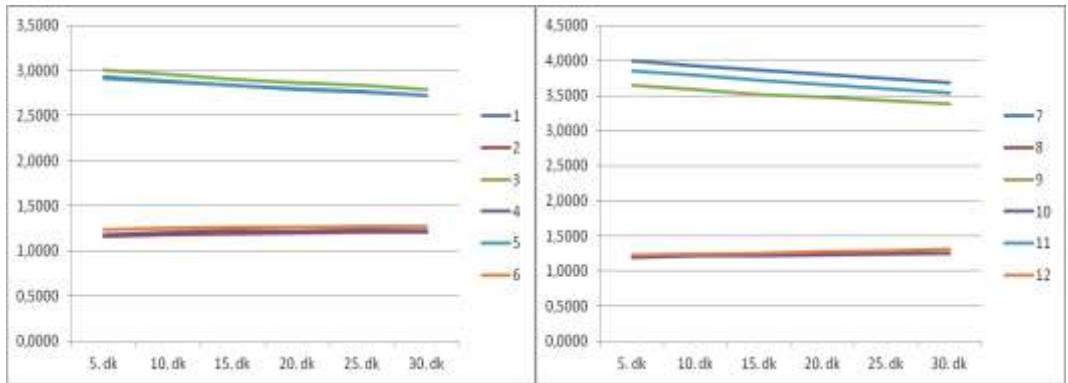
Şekil 5.29 : 5 no.lu kumaş yüzü ve yüz-arka transfer.



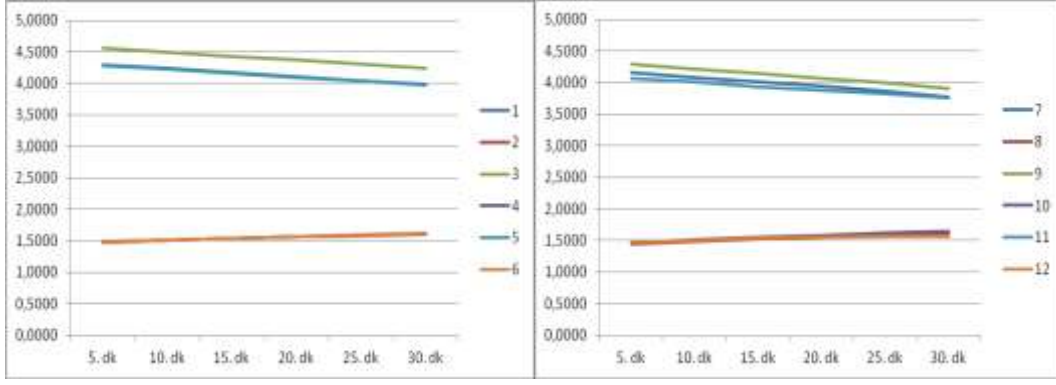
Şekil 5.30 : 6 no.lu kumaş yüzü ve yüz-arka transfer.



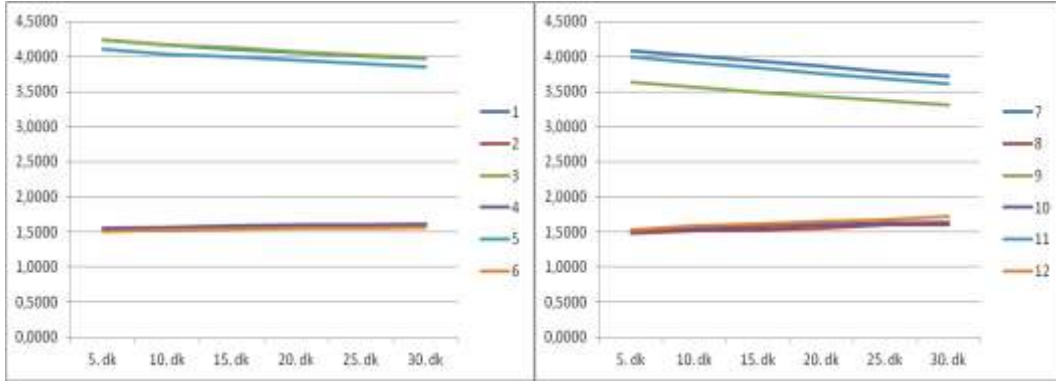
Şekil 5.31 : 7 no.lu kumaş yüzü ve yüz-arka transfer.



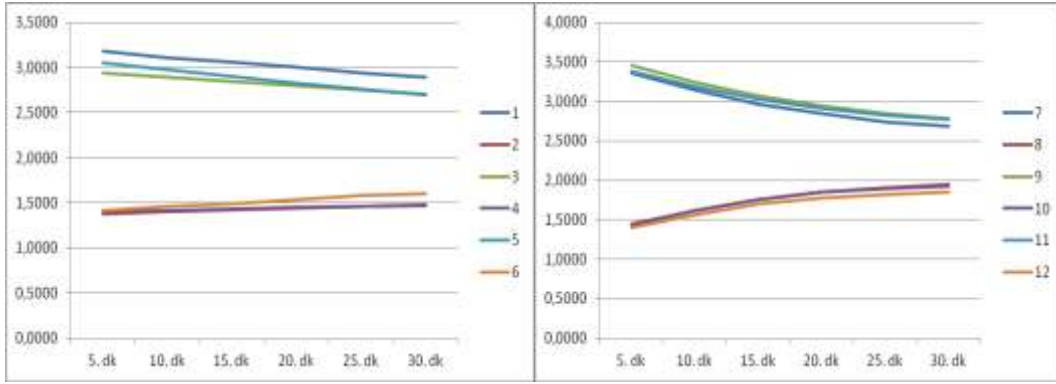
Şekil 5.32 : 8 no.lu kumaş yüzü ve yüz-arka transfer.



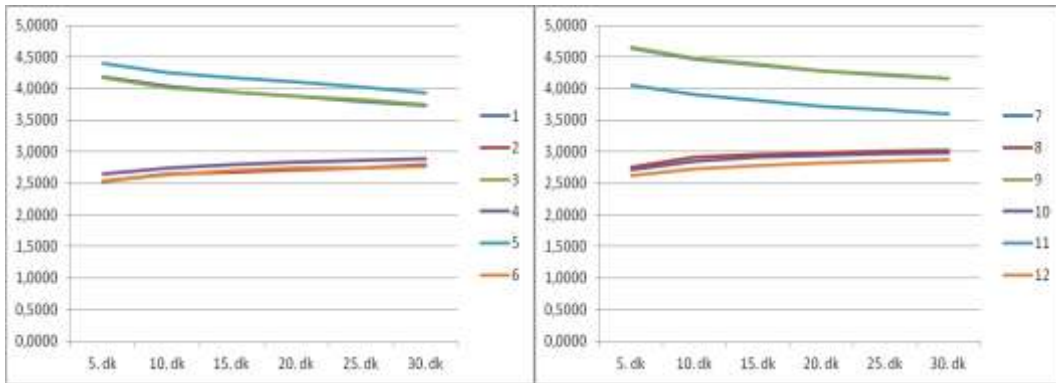
Şekil 5.33 : 9 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



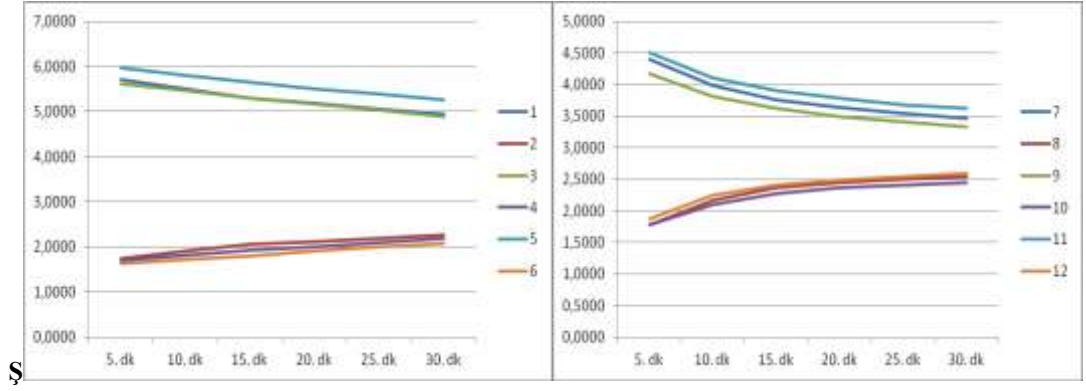
Şekil 5.34 : 10 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



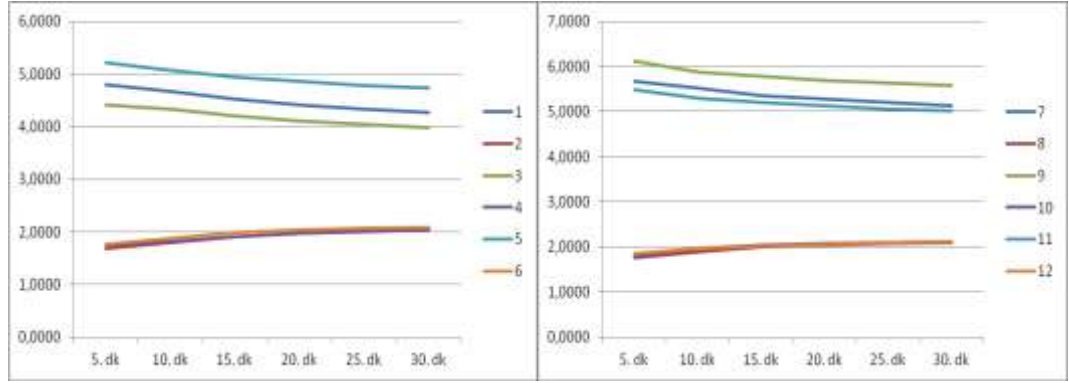
Şekil 5.35 : 11 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



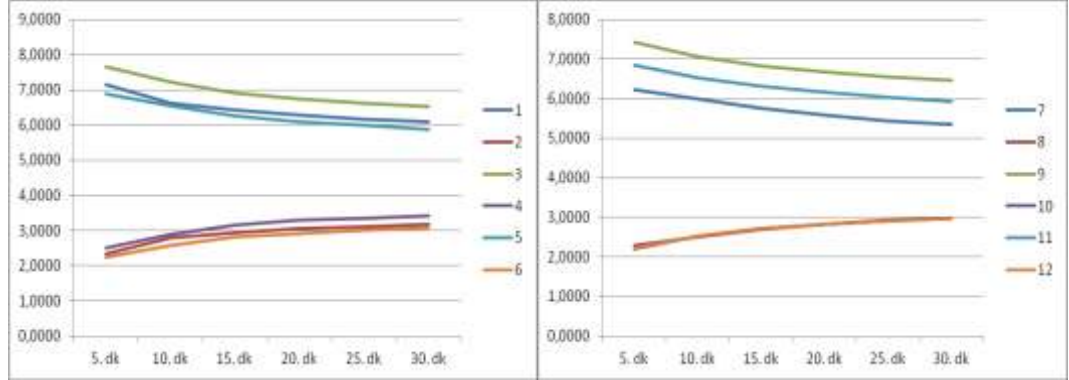
Şekil 5.36 : 12 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



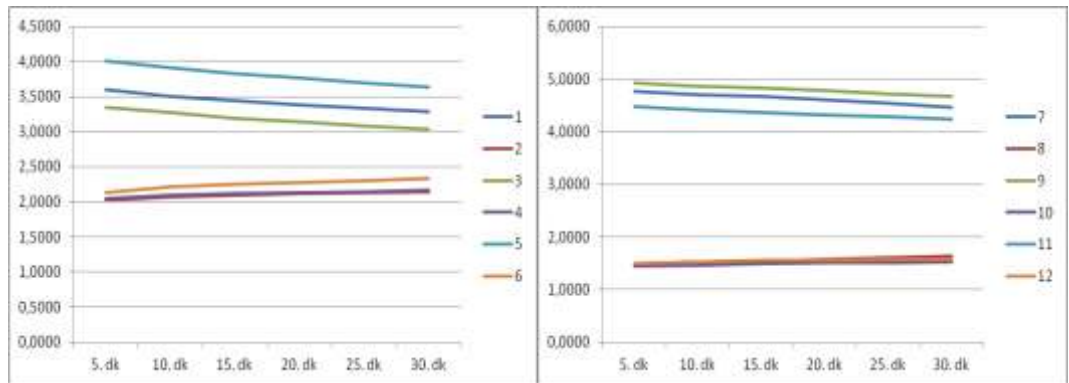
Şekil 5.37 : 13 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



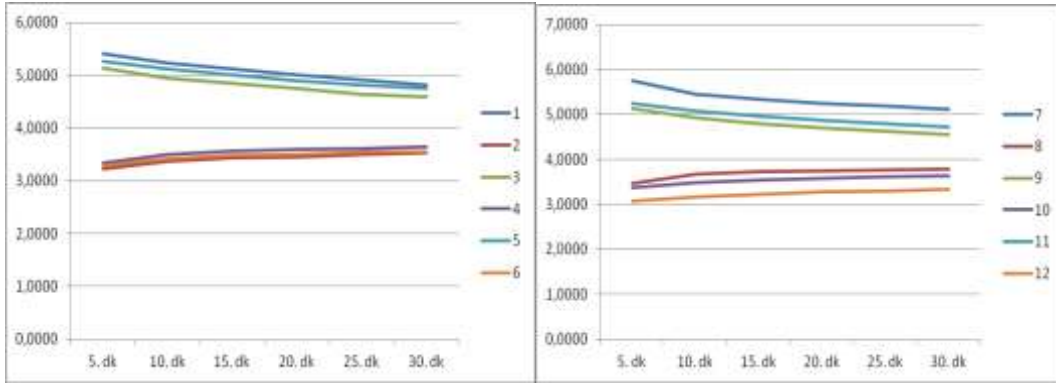
Şekil 5.38 : 14 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



Şekil 5.39 : 15 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



Şekil 5.40 : 16 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.



Şekil 5.41 : 17 no.lu kumaş yüzyüze ve yüz-arka transfer.

Şekil 5.25 ile Şekil 5.41 arasındaki grafiklerde numunelerin transfer ıslanma sonucunda ağırlık değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.42 ve Şekil 5.43'te ise kumaşların transfer ıslanma oranları verilmiştir. 1 numaralı numunenin transfer ıslanma sonuçlarını gösteren Şekil 5.25 ve 5.26 incelendiğinde yüzyüze transfer için ıslak kumaştaki ağırlık kaybı ile kuru kumaşın su alım oranının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Yani basınç altında ıslak kumaştan kaybedilen su kaybı oranı ile kuru kumaşın suyu alım oranı birbirine yakındır. Öte yandan kumaş yüzünden diğer kumaşın arka yüzüne sıvı geçişi oranı yüzyüze transfere göre farklıdır. Islak numuneden kaybedilen su oranı kuru numuneye su geçiş oranından daha fazladır. Yani ıslak numuneden belli miktarda su kaybedilirken kumaşın arka yüzüne bu suyun geçiş oranı daha azdır. Bu kumaşta ön yüz polyester arka yüz ise pamuktur. Kumaşın ön yüzünden arka yüzüne transferde görülen eğim farkı basınç altında polyesterden pamuğa temasla sıvı iletiminin azaldığı yönünde yorumlanmıştır.

Özellikle transfer ıslanmada basınç çok önemli bir parametredir. Bu deney sonuçlarında kumaş yüzeyleri arasındaki transferi gösteren eğrilerdeki farklılıklar basınç altında sıvı transferinin özelliklerini ifade eder. Grafiklerin tamamı incelendiğinde 2, 5, 6, 9, 10, 11, 13 ve 14 numaralı kumaşlarda da ıslak numuneden sıvı kayıp oranı ile kuru numuneye bu sıvının geçiş oranı arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Yani ıslak kumaştan basınç altında kaybedilen sıvı kuru numuneye aynı oranda alınamamaktadır. 3, 4, 7, 8, 12, 15, 16, 17 numaralı kumaşlarda ise ağırlık değişim eğrileri daha yakın bir seyir izlemektedir. Yani oransal olarak ıslak numunenin sıvı kaybı ile bu sıvının diğer numuneye transfer oranı birbirine yakındır.

30 dakika boyunca transfer ıslanma oranını gösteren Şekil 5.42 ve 5.46 arasındaki grafikler incelendiğinde kumaşların ilk 5 dakika sonundaki transfer ıslanma

oranlarının geniş bir aralıkta seyrettiği görülmektedir. Yani ıslak numunedeki su oranına bağlı olarak transfer ıslanma özelliği iyi olan numuneler ilk ölçüm sonunda kendi ağırlıklarına yakın oranda su çekmişlerdir. Bu durum sonraki ölçümlerde azalarak devam etmiştir. Bu durum kumaştaki hava boşluklarının ilk ölçüm sonucunda büyük oranda suyla dolmasından kaynaklanır. Transfer ıslanma oranı en yüksek olan kumaşlar 2, 3, 6, 9, 12, 13 ve 17 numaralı kumaşlardır. 17 numaralı kumaş haricindeki diğer kumaşların ön ve arka yüzü pamuktur. 17 numaralı kumaşa ise bir yüz viskon bir yüz polyesterden oluşmuştur. Pamuklu kumaşların transfer ıslanma sonuçlarındaki bu yükseklik pamuğun higroskopik bir lif oluşu dolayısıyla suyu absorbe etmeye ve absorbe ettiği suyu bünyesinde tutmaya meyilli oluşuyla açıklanır. Viskon da yine hidrofilik bir lif olduğu için suyu bünyesine çekmeye meyillidir.

Transfer ıslanma oranları istatistiksel olarak analiz edildiğinde yüzyüze transfer ıslanma ve yüzden arkaya transfer ıslanma sonuçlarının gramaj ve kumaş kalınlığına göre korelasyonu pozitifdir. Yani kalınlık ve gramaj artışının transfer ıslanmaya etkisi pozitif yönde gerçekleşmektedir. Transfer ıslanma kalınlık ve gramaj korelasyonu için Pearson korelasyon katsayısı ve p değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir:

Çizelge 5.3 : Transfer ıslanma sonuçları için korelasyon katsayısı ve p değerleri.

Bağımsız-bağımlı değişken	Pearson katsayısı	p (one-tailed)
Gramaj-Transfer ıslanma (yüzyüze)	0,463	0,031
Gramaj-Transfer ıslanma (yüzden arkaya)	0,482	0,025
Kalınlık- Transfer ıslanma (yüzyüze)	0,537	0,013
Kalınlık-Transfer ıslanma (yüzden arkaya)	0,447	0,036

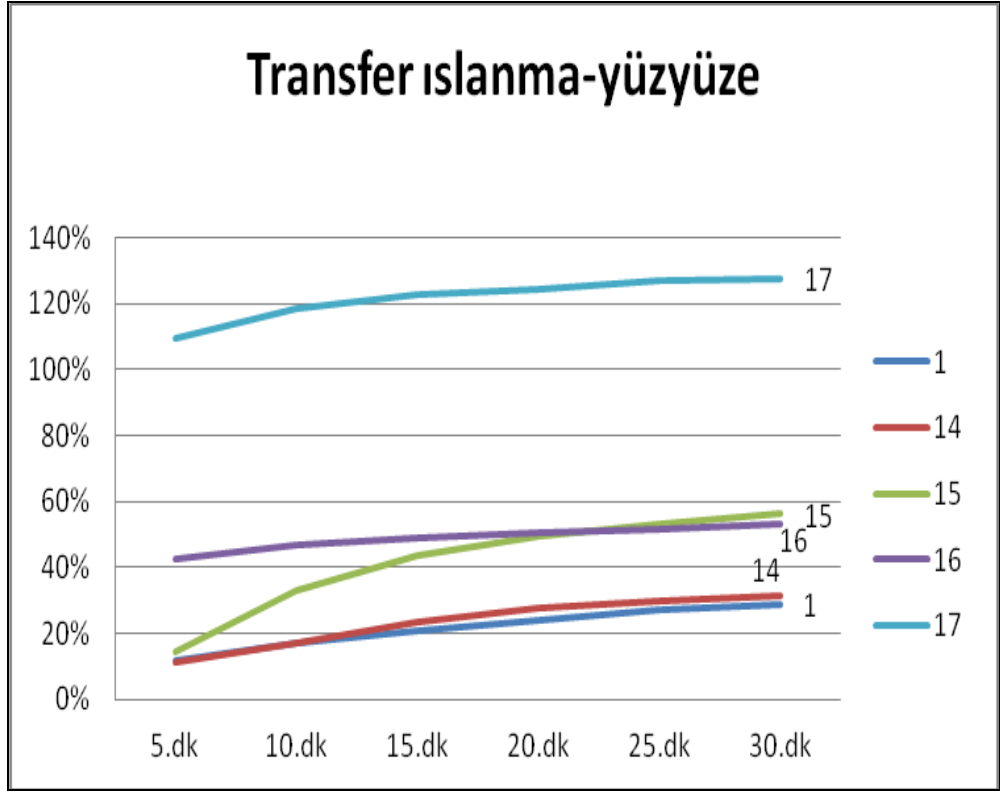
Her iki yüzü pamuklu kumaşlar için ise korelasyon katsayısı ve p değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir:

Çizelge 5.4 : Her iki yüzü pamuklu kumaşlar için korelasyon katsayısı ve p değerleri.

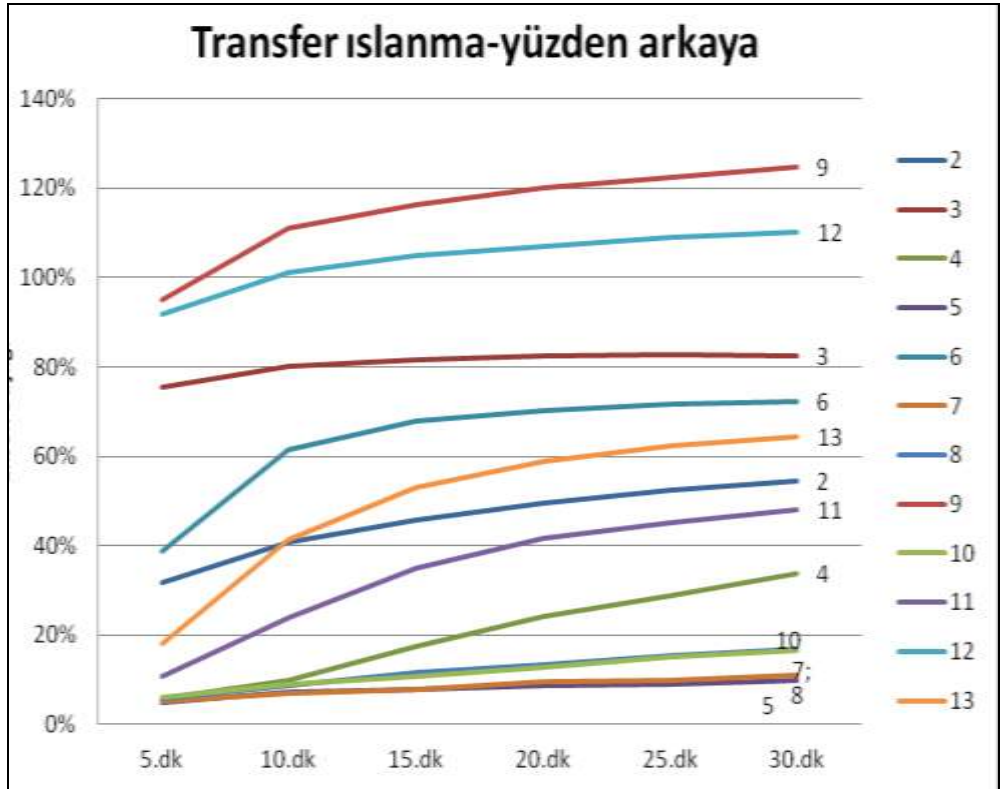
Beğimsiz-bağımlı değişken	Pearson katsayısı	p
Gramaj-Transfer ıslanma (yüzyüze)	0,638	0,026
Gramaj-Transfer ıslanma (yüzden arkaya)	0,671	0,017
Kalınlık- Transfer ıslanma (yüzyüze)	0,695	0,012
Kalınlık-Transfer ıslanma (yüzden arkaya)	0,583	0,047



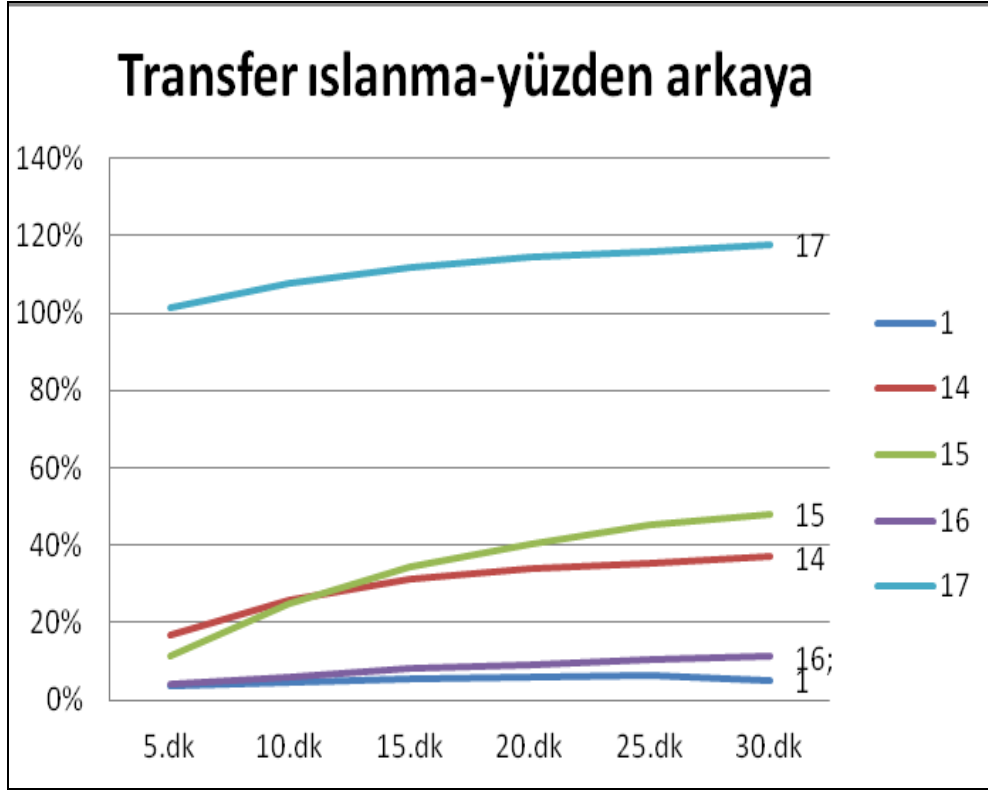
Şekil 5.42 : Her iki yüzü pamuk kumaşların yüzyüze transfer ıslanma oranları.



Şekil 5.43 : Her iki yüzü farklı kumaşların yüzyüze transfer oranları.



Şekil 5.44 : Her iki yüzü pamuk kumaşların yüzden arkaya transfer oranları.



Şekil 5.45 : Her iki yüzü farklı kumaşların yüzden arkaya transfer oranları.

Transfer ıslanma ve kalınlık arasındaki ilişki Zhuang ve diğ. tarafından kalınlık artışıyla suyun tutulabileceği alanın da artmasıyla açıklanmıştır. Islanmayı başlatmaya yetecek kadar kılcal basınç altında kalınlığın artışı transfer ıslanmayı da artırmaktadır. Aynı zamanda ıslak kumaşta bulunan su miktarı da transfer ıslanmayı etkilemektedir [61].

5.3.6 Su buharı geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği testinde kumaşta ve deney kabında meydana gelen ağırlık değişimleri aşağıdaki Çizelge 5.5’te verilmiştir. Su buharı geçirgenliği indeks değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır [55]:

$$WVP = 24 \frac{M}{A} t \text{ (g/m}^2\text{/gün)} \quad (5.4)$$

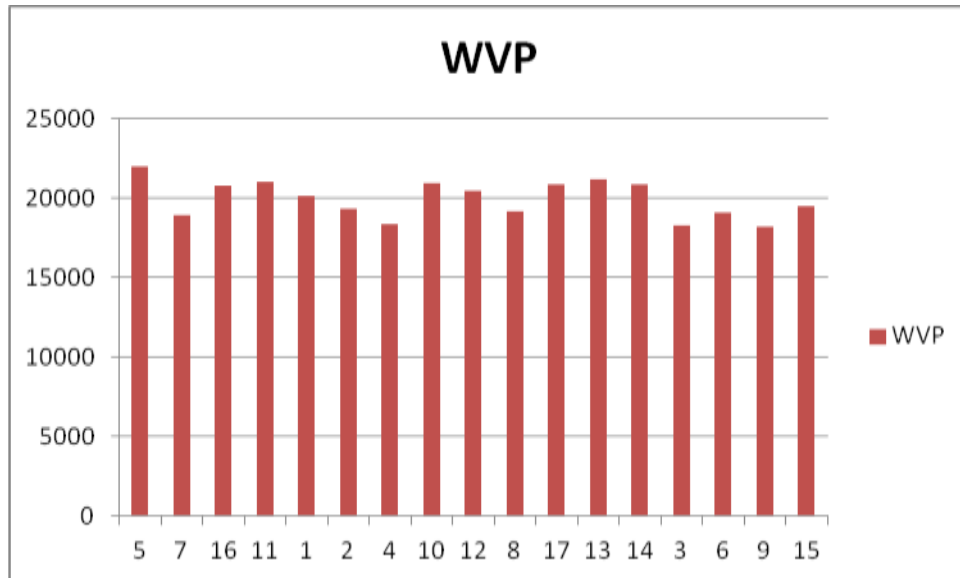
WVP: su buharı geçirgenliği

M: T (saat) suresinde deney kabında meydana gelen ağırlık kaybı,

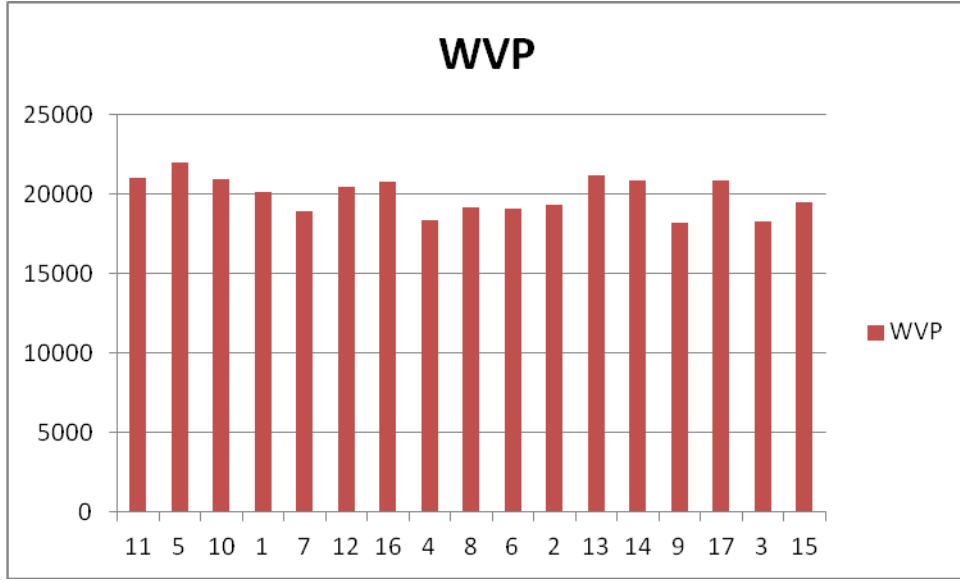
A: Teste tabi tutulan kumaş alanı (m²)

Çizelge 5.5 : Kumaşların ortalama su buharı geçirgenlik indeks değerleri.

Kumaş No	Test kabında meydana gelen ağırlık kaybı	WVP
1	0,906333	20140,7407
2	0,871333	19362,9630
3	0,821333	18251,8519
4	0,827667	18392,5926
5	0,990333	22007,4074
6	0,858667	19081,4815
7	0,851333	18918,5185
8	0,862	19155,5556
9	0,821	18217,9104
10	0,942667	20948,1481
11	0,946667	21037,0370
12	0,922	20488,8889
13	0,955	21222,2222
14	0,938667	20859,2593
15	0,878333	19518,5185
16	0,936333	20807,4074
17	0,939	20866,6667



Şekil 5.46 : Kumaşların ortalama su buharı geçirgenliği (gramaja göre sıralanmış).



Şekil 5.47 : Kumaşların su buharı geçirgenliği (kalınlığa göre sıralanmış).

Kumaşların pek çoğu için su buharı geçirgenliği değeri birbirine yakın olmakla beraber 5 numaralı kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları diğerlerinden daha iyidir. Das ve diğ. su buharı geçirgenliğini etkileyen ana faktörün lifler arası ve iplikler arası boşluklar olduğunu belirtmektedir [7] . Kumaşın daha açık yapıda olması su buharı geçirgenliğini artırmaktadır. 5 numaralı numune diğer kumaşlara göre daha hafiftir ve su buharı geçirgenliğinin iyi çıkması kumaş yapısından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.46 ve 5.47’de gramaj ve kalınlığa göre sıralanmış kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri verilmektedir.

Su buharı geçirgenliği test sonuçlarının ölçülen diğer parametrelerle korelasyon analizi yapıldığında su buharı geçirgenliğinin su buharlaşma oranı ile kuvvetli bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür (Pearson korelasyon katsayısı=0,702, % 99 emniyet aralığında $p=0,02$). Bu durum Cimilli ve diğ. tarafından yapılan çalışmada lif nem içeriği ile açıklanmıştır [62]. Bu tez kapsamında da su buharı geçirgenliğinin yüksek pozitif korelasyona sahip olduğu su buharlaşma oranı sonuçlarının sebebi lif nem içeriği olarak yorumlanmıştır. Su buharı geçirgenliği test sonuçları da hem bu çalışmada hem de Cimilli ve diğ. tarafından yapılan çalışmada yapılan açıklamayı doğrulamaktadır. Su buharlaşma hızının düşüklüğünün sebebi olan yüksek nem içeriği su buharı geçirgenliğini de düşürmektedir. Dolayısıyla her iki test sonucuna korelasyon analizi yapıldığında su buharlaşma hızı ve su buharı geçirgenliği arasında yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. $p=0,002<0,05$ değeri de sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Her iki yüzü pamuklu kumaşlar için korelasyon analizi yapıldığında kalınlık ile su buharı geçirgenliği arasında negatif korelasyon bulunduğu görülmüştür (Pearson korelasyon katsayısı=-0,644, p=0,024). Yine pamuklu kumaşlarda su buharı geçirgenliği ile termal direnç arasında negatif korelasyon (Pearson korelasyon katsayısı=-0,634 ve p=0,027) tespit edilmiştir. Su buharlaşma oranı ile su buharı geçirgenliği arasında da pozitif korelasyon bulunmaktadır (Pearson korelasyon katsayısı=-0,678 ve p=0,015).

5.3.7 Isıl iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık

Isıl iletkenlik ısı transferinin sadece sıcaklığa bağlı olduğu durumlarda ve kararlı koşullar altında malzeme yüzeyine dik olarak birim kalınlıktan geçen ısı miktarı olarak tanımlanır ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \frac{\Delta t}{h}}, \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1} \quad (5.5)$$

λ : ısı iletkenlik

Q: ısı transferi

Δt : sıcaklık farkı

h: kumaş kalınlığı

A: alan

Isıl direnç ise birim kalınlıktaki malzemenin birim alanından birim zamanda geçen birim ısı akısının yarattığı sıcaklık farkıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanır [59]:

$$r = \frac{h}{\lambda}, \text{ K m}^2 \text{ W}^{-1} \quad (5.6)$$

r: ısı direnç

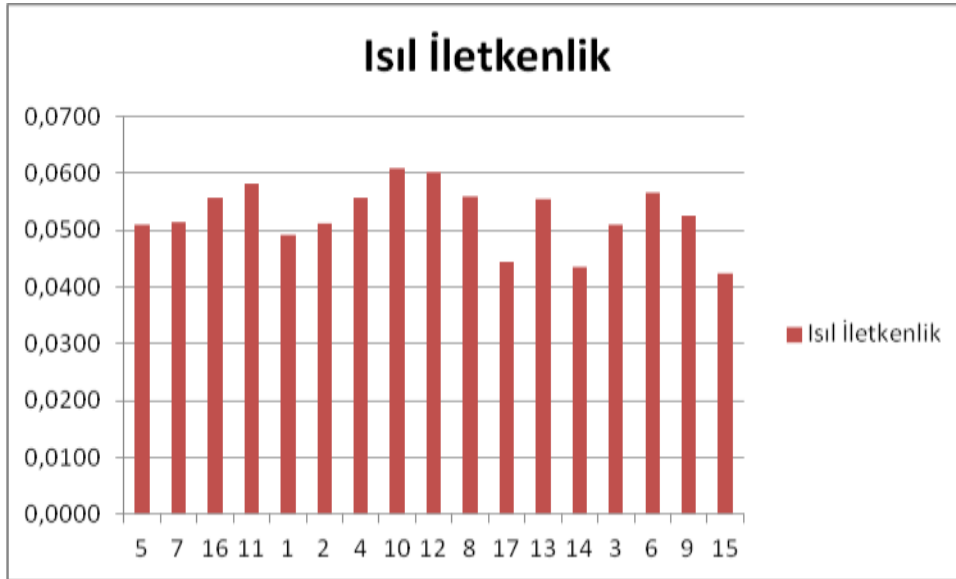
h: numune kalınlığı

λ : ısı iletkenlik

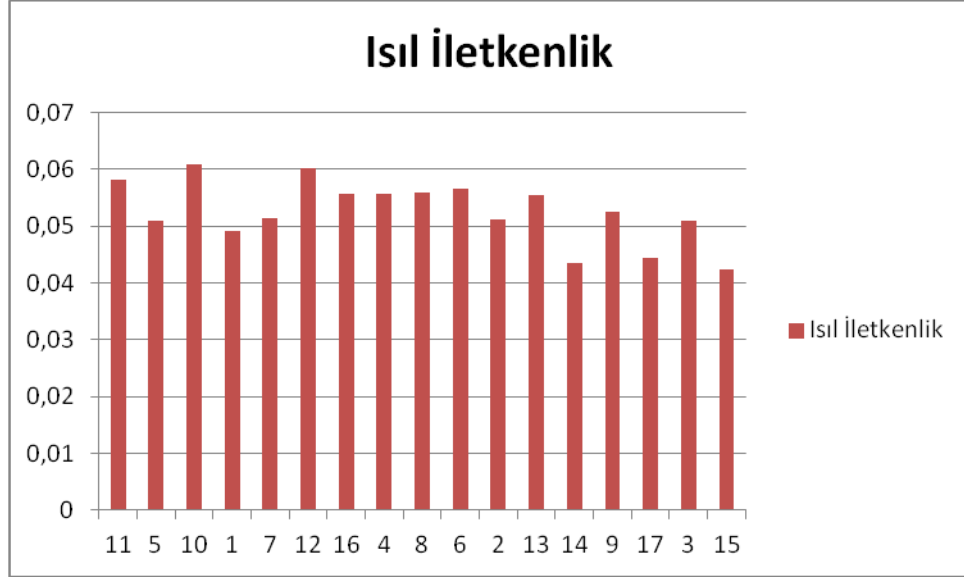
Alambeta test cihazında elde edilen ortalama kumaş ısı iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık değeri Çizelge 5.6'da verilmektedir. Şekil 5.48, 5.49, 5.50 ve 5.51'de ısı iletkenlik ve ısı direnç sonuçları kumaş gramajı ve kalınlığına göre sıralanmış olarak verilmektedir.

Çizelge 5.6 : Kumaş ısıl direnç, ısıl iletkenlik ve kalınlık değerleri.

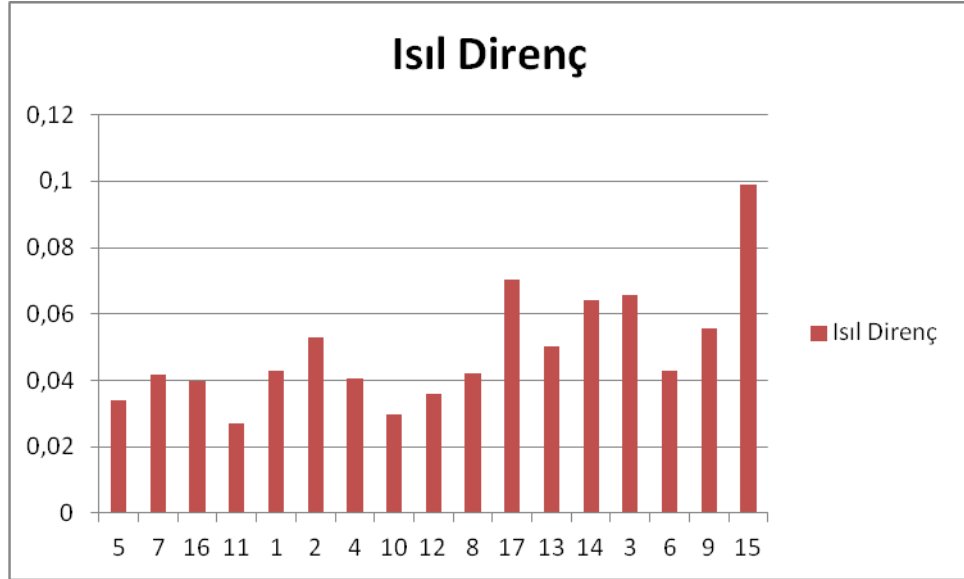
Kumaş No	Isıl İletkenlik W/m K	Isıl Direnç m ² K/ W	Kalınlık mm
1	0,0492	0,0427	2,1
2	0,0511	0,0529	2,7
3	0,0510	0,0658	3,3
4	0,0556	0,0405	2,3
5	0,0510	0,0340	1,7
6	0,0565	0,0428	2,4
7	0,0515	0,0419	2,2
8	0,0559	0,0420	2,3
9	0,0559	0,0420	2,3
10	0,0609	0,0298	1,8
11	0,0581	0,0269	1,6
12	0,0602	0,0358	2,2
13	0,0554	0,0504	2,8
14	0,0436	0,0640	2,8
15	0,0425	0,0989	4,2
16	0,0558	0,0399	2,2
17	0,0445	0,0703	3,1



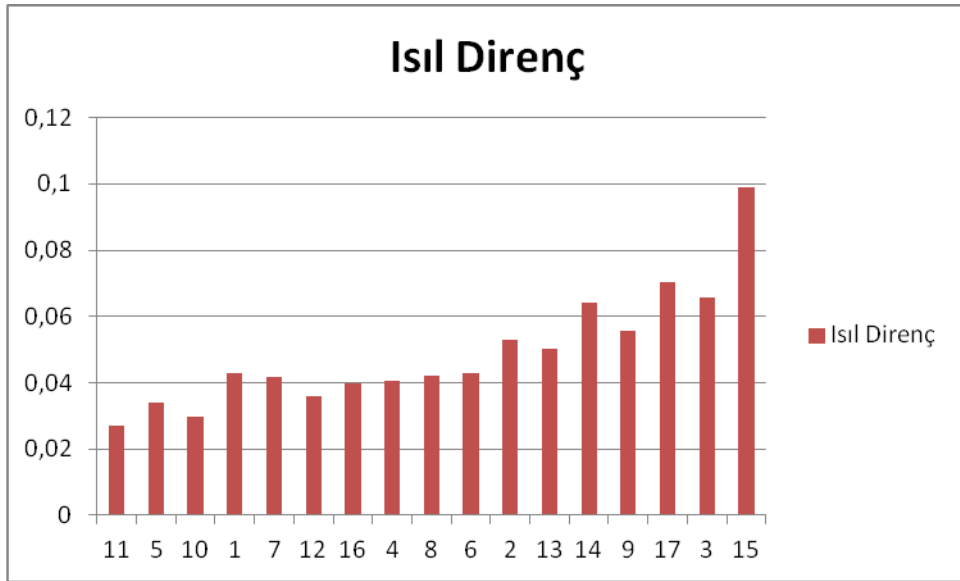
Şekil 5.48 : Kumaş ısıl iletkenlik değerleri (gramaja göre sıralanmış).



Şekil 5.49 : Kumaş ısı iletkenlik değ erleri (kalınlı ğ a g ö re sı ralanmı ş).



Şekil 5.50 : Kumaş ısıl direnç değ erleri (gramaja g ö re sı ralanmı ş).



Şekil 5.51 : Kumaş ısı direnç değerleri (kalınlığa göre sıralanmış).

Termal iletkenlik değerleri karşılaştırıldığında en düşük termal iletkenlik değerlerinin 14,15 ve 17 numaralı kumaşlarda gösterildiği görülmektedir. 15 numaralı kumaş ön yüzü pamuk, arka yüzü polyester 434,07 gr/m² ağırlığında, 14 numaralı kumaş her iki yüzü polyester 345 gr/m² ağırlığında ve 17 numaralı kumaş da ön yüzü viskon arka yüzü polyester 337,73 gr/m² ağırlığındadır. Her üç kumaşın da ortak özelliği içeriklerinde polyester bulunmasıdır.

En yüksek ısı iletkenlik değerleri ise 10 ve 12 numaralı kumaşlar tarafından gösterilmiştir. Her iki kumaşın da iki yüzeyi pamuktur ve ağırlıkları sırasıyla 323,65 ve 324,73 gr/m²'dir.

Isıl direnç değerleri karşılaştırıldığında en yüksek ısı dirence 15 numaralı ön yüzü pamuk arka yüzü polyester kumaşın sahip olduğu görülür. Isıl direnç değeri numune kalınlığı ile doğru orantılı, ısı iletkenlik ile ters orantılıdır. 15 numaralı kumaş yukarıda bahsedildiği gibi en düşük ısı iletkenlik değerine sahip olmakla birlikte aynı zamanda kalınlığı en yüksek olan kumaştır. Isıl direncin yüksek olması malzeme kalınlığından ısı geçişinin sınırlı olduğunu ifade eder. Şekil 5.55'teki grafikte de yatay ekseninde kalınlığına göre inceden kalına doğru sıralanmış kumaşlarda ince kumaların ısı direncinin daha az, kalın kumaşların ısı direncinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Test sonuçlarının istatistiksel analizleri yapıldığında elde edilen korelasyon katsayısı ve p değerleri Çizelge 5.7'de verilmiştir:

Çizelge 5.7 : Isıl iletkenlik ve ısı direnç için korelasyon katsayısı ve p değerleri.

Bağımlı-bağımsız değişken	Pearson korelasyon katsayısı	P
Isıl direnç-gramaj	0,765	0,000
Isıl direnç-kalınlık	0,970	0,000
Isıl direnç-ısı iletkenlik	-0,813	0,000
Isıl iletkenlik-kalınlık	-0,672	0,003

Her iki yüzü de pamuklu kumaşlar için korelasyon katsayısı ve p değerleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir:

Çizelge 5.8 : Isıl direnç korelasyon katsayısı ve p değerleri.

Bağımlı-bağımsız değişken	Pearson korelasyon katsayısı	P
Isıl direnç-kalınlık	0,976	0,000
Isıl direnç-ısı iletkenlik	-0,642	0,024

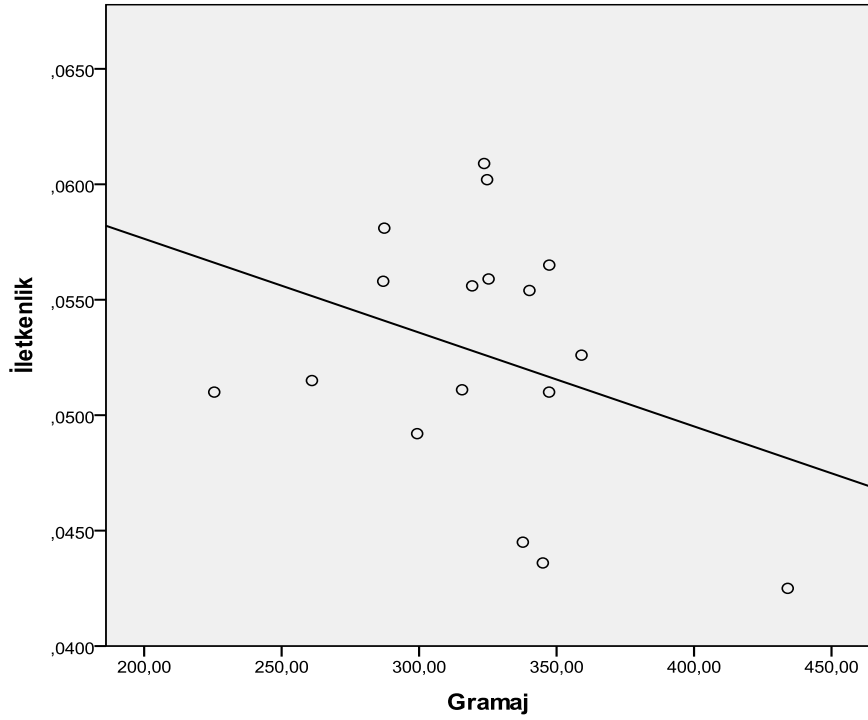
Yukarıdakilere ek olarak ısı direnç ile dikey ıslanma arasında da pozitif korelasyon bulunmaktadır. Çizelge 5.9’da korelasyon katsayısı ve p değerleri verilmektedir:

Çizelge 5.9 : Isıl direnç-dikey ıslanma korelasyon katsayısı ve p değerleri.

Bağımlı-bağımsız değişken	Pearson korelasyon katsayısı	P
Isıl direnç-may boyuna dikey ıslanma (ön yüz)	0,601	0,011
Isıl direnç-may boyuna dikey ıslanma (arka yüz)	0,578	0,015
Isıl direnç-may enine dikey ıslanma (ön yüz)	0,677	0,003
Isıl direnç-may enine dikey ıslanma (arka yüz)	0,686	0,002

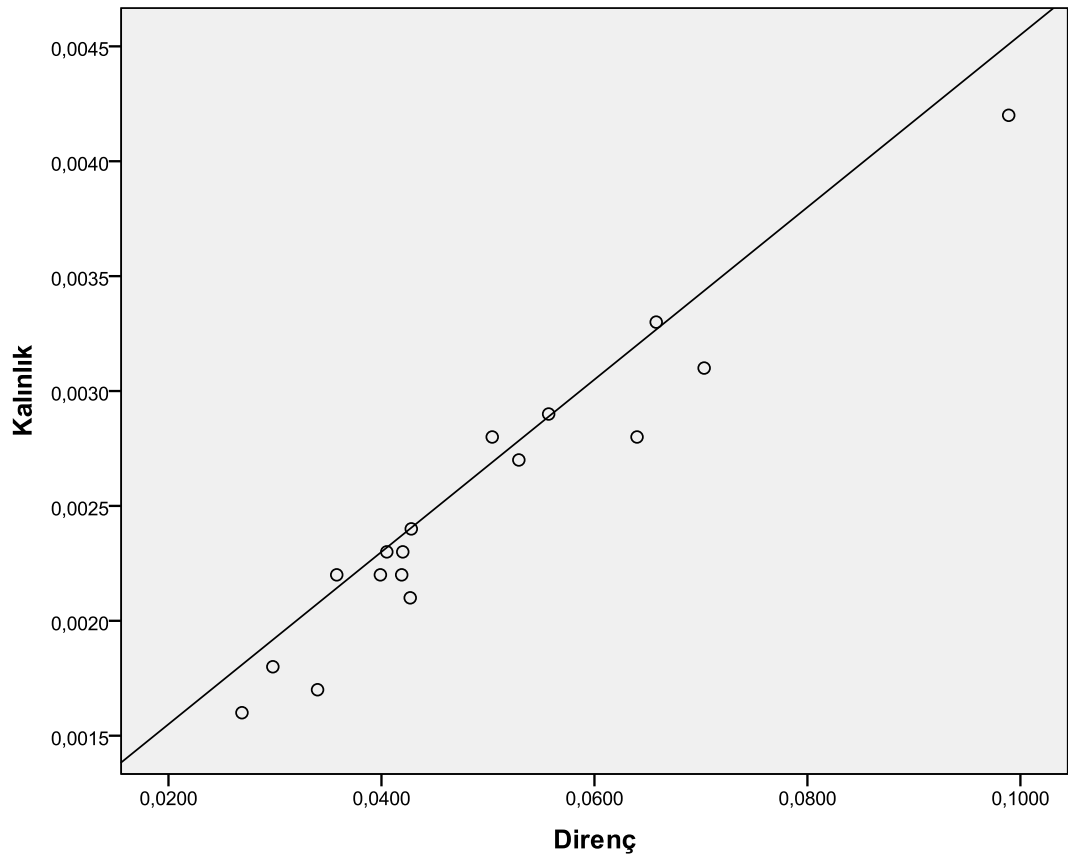
Kumaşların ısı iletkenlik kalınlık korelasyon analizinde elde edilen Pearson korelasyon katsayısının -0,672 değeri kalınlık artışının ısı iletkenliğe negatif yönde etki ettiğini gösterir. Yani kalınlık artışı ısı iletkenliği azaltmaktadır. Denklem 5.3’te

verilen ısı iletkenlik formülü incelendiğinde de bu durum net olarak görülebilir. Isıl iletkenlik formülünde kullanılan transfer edilen ısı miktarı, ön yüz ile arka yüz arasındaki ısı miktarı, alan ve kumaş kalınlığı ısı iletkenliğe direkt olarak etki eden parametrelerdir. Kalınlığın ısı iletkenliğe etkisi ise kalınlık arttıkça kumaşın içerdiği hava miktarının artmasından kaynaklanır. Hava yalıtkan olduğu için kumaşta bulunan hava miktarının artışı ısı iletkenliğe negatif yönde etki etmektedir [63].



Şekil 5.52 : İletkenlik-kumaş kalınlığı arasındaki ilişki.

Isıl iletkenlikle ısı direnç arasındaki -0,813'lük Pearson korelasyon katsayısı ($p=0,000$) kuvvetli negatif korelasyonu gösterir. Zaten Denklem 5.3 ve 5.4'te verilen ısı direnç ve ısı iletkenlik formüllerinde de ısı iletkenlikle ısı direnç arasındaki ters orantı açıkça görülmektedir. Isıl iletkenlik lifin iletkenliği ve kumaş kalınlığından etkilenir, kumaş kalınlığının artışı ise daha önce de belirtildiği gibi ısı iletkenliği azaltmaktadır. Isıl direnç ise kumaş kalınlığından pozitif yönde etkilenir. Kumaş kalınlığı ve ısı direnç arasındaki 0,970'lik Pearson korelasyon katsayısı ($p=0,000$) kalınlık ile direnç arasında çok kuvvetli korelasyonu göstermektedir. Şekil 5.40'taki grafikte verilen direnç-kalınlık ilişkisi daha net olarak görülmektedir.



Şekil 5.53 : Isıl direnç-kumaş kalınlık ilişkisi.

Termal direnç ve kalınlık arasındaki korelasyon Jun ve diğ. tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir [64].

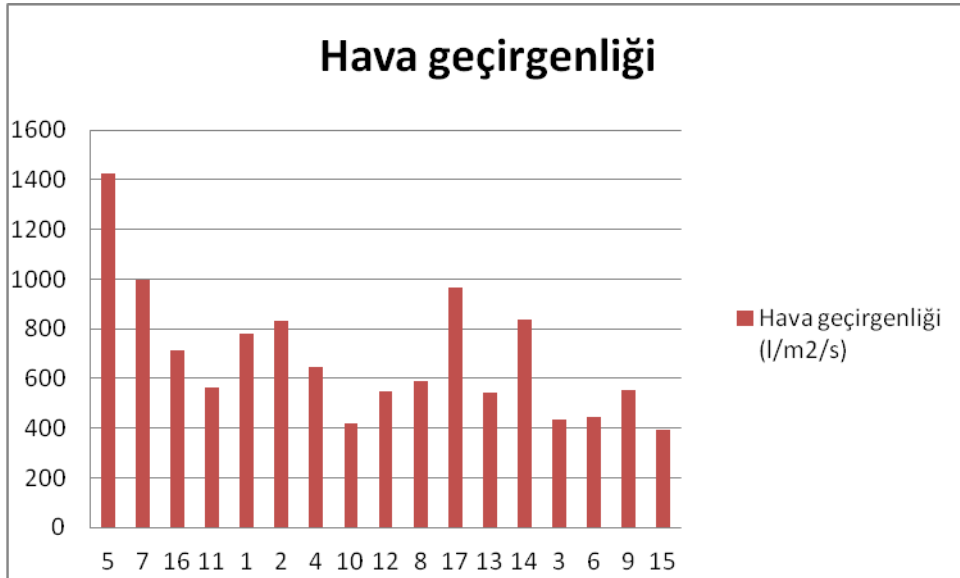
Isıl direnç ve gramaj arasında da pozitif korelasyon bulunmaktadır (Pearson korelasyon katsayısı=0,765, $p=0,000$). Oğlakçıoğlu ve Marmaralı çalışmalarında ağırlık artışının birim alana düşen lif miktarını artırdığını belirtmişlerdir. Birim kesite düşen lif miktarının artışı ile hava miktarının azalışı kumaşın ısı geçişine direncini artırmaktadır. Dikey ıslanma ile ısı direnç arasındaki pozitif korelasyon ise kalınlığın etkisinden kaynaklanmaktadır. Dikey ıslanma kalınlık ile pozitif olarak ilişkilidir. Isıl direnç de kalınlık ile çok kuvvetli korelasyona sahiptir. Bu durum da dikey ıslanma ile ısı direnç arasında pozitif korelasyon gözlenmesini sağlamıştır [65].

5.3.8 Hava geçirgenliği

Kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir. Sonuçlar grafik olarak da Şekil 5.54 ve 5.55'te verilmektedir.

Çizelge 5.10 : Kumaşların hava geçirgenlik sonuçları.

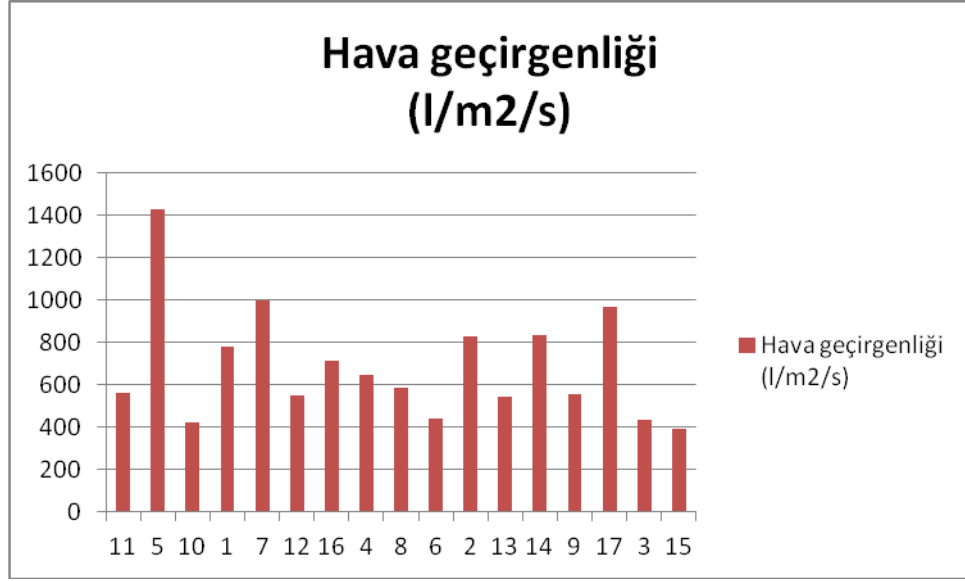
Kumaş No	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)	Kumaş No	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)
1	779	10	420
2	831	11	564
3	432	12	548
4	646	13	544
5	1426	14	836
6	443	15	391
7	997	16	713
8	587	17	965
9	555		



Şekil 5.54 : Gramajına göre sıralanmış kumaşların hava geçirgenliği sonuçları.

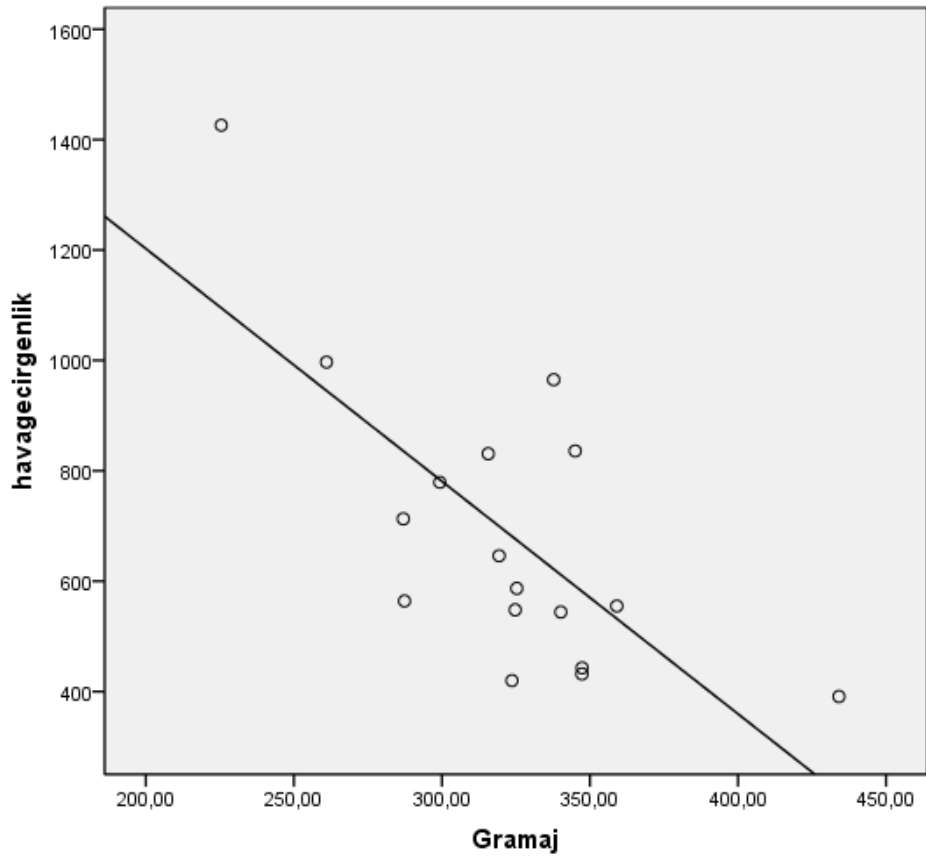
Şekil 5.54'te yatay eksende kumaşlar gramaj açısından küçükten büyüğe sıralanmıştır. Buna göre yatay eksende en solda bulunan 225,49 gr/m²'lik gramajı ve 1,7 mm'lik kalınlığıyla 5 numaralı kumaş, en sağda bulunan kumaş ise 434,07 gr/m²'lik gramajı ve 4,2 mm'lik 15 numaralı kumaştır. Grafik incelendiğinde hava geçirgenliğinin gramajla birlikte düşme eğiliminde olduğu görülmektedir. ancak

düşme trendi 1, 2, 4, 12, 8, 17, 13, 14 ve 9 numaralı kumaşlar tarafından bozulmaktadır. Bu bozulma ilk etapta kumaş kalınlığından kaynaklansa da Şekil 5.55'te kalınlığına göre sıralanmış kumaşların hava geçirgenliği grafiği incelendiğinde bu durumun kumaş kalınlığından kaynaklanmadığı kolaylıkla görülebilir. Bu grafikte yatay eksenle kalınlığı en az olan kumaş en solda yer almaktadır. Bu noktada gramaja göre hava geçirgenliği grafiğindeki dalgalanmaların kumaş yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Açık ve gevşek yapılı kumaşlar hava geçirgen özellik göstermektedir.



Şekil 5.55 : Kalınlığına göre sıralanmış kumaşların hava geçirgenliği sonuçları

Hava geçirgenliği sonuçlarının korelasyon analizlerinde gramaj ile hava geçirgenliği arasında yüksek negatif korelasyon gözlenmektedir (Pearson korelasyon katsayısı= -0,710, p=0,001). Öte yandan hava geçirgenliği ile kalınlık arasında herhangi bir korelasyon bulunmamaktadır.



Şekil 5.56 : Hava geçirgenlik-gramaj ilişkisi.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ev tekstili sektöründe halihazırda üretimi yapılan ve yatak yüzeyini kaplamakta kullanılan kumaşların termal konfor özellikleri incelenmiştir. Bilindiği gibi uykunun rahat ve dinlendirici olması için uyku sırasında vücudun ne çok sıcak ne de çok soğuk hissetmesi, yani nötr durumda olması gerekir. Ayrıca sıcak ortam koşulları altında vücuttan salgılanan ve diğer kumaş katmanlarından transfer edilen terin son kumaş aşamasını oluşturan yatak yüzey kumaşı tarafından efektif bir biçimde absorbe edilmesi gerekmektedir. İlgili kumaşların termal konfor analizini yapmak amacıyla kumaşların gramaj, dikey ıslanma, transfer ıslanma, su buharı geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısı direnç ve kalınlığı ölçülmüştür.

Dikey ıslanma testinde kumaş numuneleri saf suya batırılarak 10 dakika boyunca suyun numunede yükselmesi izlenerek kaydedilmiştir. Bir kumaşın dikey ıslanma özelliği kılcal basınç tarafından yönetilir. Küçük ve düzgün yüzeyli gözeneklere sahip liflerin kılcallığı yüksektir. Bu durum polyester lifinin dikey ıslanmasının iyi olmasını gerektirir. Bu çalışmada da polyester içeren kumaşların dikey ıslanmasının iyi olduğu deneysel olarak görülmüştür. Öte yandan en iyi dikey ıslanma ön yüzü viskon arka yüzü polyester olan numune tarafından gösterilmiştir. bu sonuç özellikle may enine dikey ıslanma testinde Fanguireo ve diğ. tarafından yapılan çalışmada elde ettikleri sonuçlarla uyumluluk göstermektedir [51]. Ayrıca kumaş kalınlığının ve iki yüzü de pamuklu kumaşlarda gramajın dikey ıslanma özelliğini pozitif olarak etkilediği gözlenmiştir.

Transfer ıslanma testinde iki adet kauçuk disk arasına yerleştirilen birbiri ile temas halindeki ıslak ve kuru numuneler arasındaki sıvı transfer miktarı ölçülmüştür. Diskler tarafından uygulanan basınç kullanım sırasında tekstil malzemelerinin maruz kaldığı basıncı simüle etmektedir. Transfer ıslanma testinde kumaşların ağırlık değişim eğrileri incelenerek basınç altında sıvı transfer karakterleri analiz edilmiştir. Bu çalışmada oransal olarak en iyi dikey ıslanma sonuçlarını her iki yüzü pamuklu kumaşlar ve bir yüzü viskon bir yüzü polyester olan kumaş göstermiştir. Pamuk ve viskon hidrofilik lifler olduğu için suyu çekmeye eğilimleri fazladır bu da transfer

ıslanma özelliklerini iyileştirmektedir. Elde edilen deney sonuçları istatistiksel olarak analiz edildiğinde gramaj ve kalınlığın transfer ıslanmayı pozitif olarak etkilediği görülmüştür. Bu durum literatürde özellikle kalınlık artışıyla suyun kumaş üzerinde tutulabileceği alanın artışıyla açıklanmıştır [60].

Su buharlaşma hızı malzemenin kuruma hızının bir ölçüsüdür. Su buharlaşma hızında en önemli parametre lif nem içeriğidir. Su buharı geçirgenliği ise bir malzemenin konfor özelliklerini belirlerken çok önemlidir, çünkü ter vücuttan buhar formunda atılır ve insan vücuduna değen kumaşların buhar geçirgen olması gerekir. Bu çalışma kapsamında buharlaşma oranı ile su buharı geçirgenliği arasındaki pozitif ilişkiden lif nem içeriğinin su buharı geçirgenliğini etkilediği yorumu çıkarılmıştır. Ayrıca pamuklu kumaşlarda gramaj ve kalınlığın su buharı geçirgenliğine negatif yönde etki ettiği görülmüştür. Su buharı geçirgenliğinde en önemli parametre lifler arası boşluklardır. Pamuklu kumaşlar su buharına maruz kaldıklarında suyu bünyelerine çekerek şiştiklerinden lifler arası boşluklar bu şişme sonucunda daralmaktadır. Boşlukların azalması da malzemenin su buharına karşı geçirgenliğini azaltmaktadır.

Isıl iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık ölçümü kumaşların termal konforunu analiz etmek için yapılan diğer testlerdir. Yatak yüzeyinde kullanılan kumaşların ısı iletkenlik ve direnç özellikleri vücut termal konforu açısından ve özellikle ısı yalıtımı açısından çok önemlidir. Kalınlık her iki özellik için çok önemlidir. Kalınlık ısı iletkenliğe negatif yönde etki ederken ısı direnci pozitif yönde etkilemektedir. Aynı şekilde gramaj da ısı dirence pozitif yönde etki etmektedir. Bu veriler ışığında yatak kumaşı olarak kullanılacak malzemenin kalınlığının vücutta ısı birikimine yol açmayacak ısı direnci ve iletkenliği sağlayacak ölçüde olması, öte yandan da ısı kaybına yol açmayacak kadar da yalıtkan olması gerekmektedir.

Hava geçirgenliği ise bir diğer önemli konfor özelliğidir. Özellikle yatak gibi konfor özelliklerinin iyi olması gereken yerlerde kullanılan malzemelerin hava geçirgenliklerinin iyi olması gerekir. Bu çalışmada hava geçirgenlik özelliği en iyi olan kumaşın kalınlığı en düşük olan kumaş olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada yapılan konfor testleri toplu olarak değerlendirildiğinde kumaş kalınlığının diğer ölçüm sonuçları üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Kumaş kalınlığı dikey ıslanma, transfer ıslanma ve ısı direnç özelliklerini pozitif olarak etkilerken su buharlaşma oranı, ısı direnç, ısı iletkenlik ve hava geçirgenliğine negatif yönde etki eder. Burada özellikle yatak yüzeyinde malzeme

özellikleri uyku konforunun sağlanması için çok önemlidir. Kalınlık bu çalışma kapsamında konfor özellikleri üzerinde en fazla etkili parametre olduğu için konforlu yatak kumaşı tasarımında özellikle dikkate alınması önerilmektedir. Yani kumaş kalınlığı insan vücudundan ısı kaybına izin vererek yalıtımı azaltmamalı, öte taraftan da vücutta biriken ısıyı dışarıya iletilmesini engelleyerek rahatsızlık hissine yol açmamalıdır. Optimum kumaş kalınlığı yine kısa sürede kurumaya elverişli olmalı, vücut yüzeyinden transfer edilen ısıyı yatak üzerinde ıslaklık hissi oluşturarak vücut konforunu azaltmasına izin vermemelidir. Bu noktada kuruma özelliği iyi olan polyester lifinin de yatak kumaşı içeriğinde kullanılması uygun olmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi tekstil konforuyla ilgili akademik çalışmalar giyim konforu üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak konfor kavramının sadece giyim konforu üzerinden incelenmesi bu kavramın etkilerini maalesef daraltmaktadır. Konfor kavramının etkileri kişilerin günlük yaşamı üzerinden düşünüldüğünde konforlu hissettirmesi gerekenin sadece kişinin giydikleri değil aynı zamanda cildinin temas ettiği her yüzey olduğu görülebilir. Bu tip yüzeyler içinde en önemlisi de kişinin yaşamının üçte birinin geçtiği yatak yüzeyidir.

Kişinin yataktaki konfor koşulları uyku kalitesini direkt olarak etkilediğinden günlük yaşam kalitesi üzerinde de etkilidir. Bu çalışmanın literatür araştırmasında özellikle yatak mikrokliması ve uyku sırasında vücut termal konforu ile ilgili akademik çalışmaların azlığı dikkat çekmiştir. Bu noktada bu konuyla ilgili daha sonraki çalışmalarla ilgili olarak tavsiye edilen yatak yüzeyi, çarşaf, nevresim, yorgan gibi uyku ortamı bileşenlerinin birbiriyle etkileşimli olarak konfor özelliklerinin incelenmesidir. Çünkü aslında uyku ortamı bileşenleri yapı olarak çok katlı giyim sistemlerine benzer bir yapı oluşturmaktadır. Yani vücut yüzeyinden ısı ve kütle transferi yatak ortamından da aynı çok katlı giyim sistemlerindeki gibi çok katlı tekstil yapısı içinden geçerek dış ortama iletilmektedir. Bu yüzden ileride yapılacak çalışmalarda uyku kalitesi üzerinde tekstil yapılarının rolü incelenirken tekstil yapıları bir bütün olarak ele alınarak bu yapılar arasındaki etkileşimin ve ideal uyku ortamını oluşturan tekstil yapılarının rollerinin belirlenmesi tavsiye edilmektedir.

Bu tez çalışmasına ek olarak uyku ve tekstil ilişkisi ile ilgili olarak gelecekte yapılabilecek çalışmalar aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Uyku konforunun tekstil konforu içinde tamamen ayrı bir bölüm olarak ele alınarak uyku evreleri ve derinliği üzerinde temas edilen tekstil malzemelerinin etkilerinin derinlemesine araştırılması

- Uyku konforu ile ilgili konfor modellerinin geliştirilmesi
- Bölgesel olarak uyku boyunca temas ettiği vücut bölümünün sıcaklığına uyum sağlayarak o bölgenin ısıl olarak konforlu hissetmesini sağlayan yatak yüzeyleri geliştirilmesi
- Özellikle şeker hastalığı, nörolojik hastalıklar gibi kronik hastalıklarda görülen , yaşam kalitesi ve özellikle uyku konforu üzerinde önemli tehdit oluşturan bölgesel üşüme, yanma ve uyuşma tarzındaki yakınmaları mümkün olduğunca azaltacak tekstil yüzeyi geliştirilmesi
- Uyku sırasındaki hormonal dalgalanmaların üzerinde tekstil malzemelerinin herhangi bir rolünün olup olmayabileceği araştırılarak bazı hormonların aktivitesini tetikleyecek (örneğin melatonin) tekstil yüzeyinin geliştirilmesi

KAYNAKLAR

- [1] **Tural, U.** (t.y.). Uyku ve Bozuklukları, *Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Psikiyatri Anabilim Dalı Dönem 5 Ders Notları*, 1-5, Alındığı tarih: 6.10.2011, adres:http://tip.kocaeli.edu.tr/docs/ders_notlari/u_tural/uyku.pdf.
- [2] **Url-1** <<http://www.nhlbi.nih.gov>>, alındığı tarih: 08.10.2011.
- [3] **Amrit, U. R.** (2007). Bedding Textiles and Their Influence on Thermal Comfort and Sleep, *AUTEX Research Journal*, Vol. 8, 252-254.
- [4] **Lafçı, D.** (2009). Müziğin Kanser Hastalarının Uyku Kalitesi Üzerine Etkisi, (yüksek lisans tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- [5] **Chapells, H. ve Shove, E.** (2004). Comfort: A Review of Philosophies and Paradigms, University of Lancaster.
- [6] **Öner, E. ve Okur, A.** (2010). Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 80, 20-29.
- [7] **Das, A. ve Alagirusamy, R.** (2010), Science in Clothing Comfort. Woodhead India, New Delhi, India.
- [8] **Hensen, J. L. M.** (1990), Literature Review On Thermal Comfort in Transient Conditions, *Building and Environment*, 25, 309-316.
- [9] **Url-2** <<http://www.sensirion.com>>, alındığı tarih: 02.10.2011.
- [10] **Fanger, P. O.** (1973), Assesment of Man's Thermal Comfort, *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313-324.
- [11] **Pan, N. ve Gibson, P.** (2006), Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- [12] **Url-3.** <<http://www.sld.cu>> alındığı tarih: 12.07.2011.
- [13] **Url-4** ,<http://www.lboro.ac.uk>> alındığı tarih: 10.05.2011.
- [14] **Li, Y. ve Wong, A. S. W.** (2006). Clothing Biosensory Engineering, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- [15] **Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguiero, R., de Araujo, M.** (2007). Moisture Transmission Through Textiles Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play, *AUTEX Research Journal*, 7, 100-110 .
- [16] **Hsieh, Y. L.** (1995). Liquid Transport in Fabric Structures, *Textile Research Journal*, 65(5), 299-307.
- [17] **Kissa, E.** (1996). Wetting and Wicking, *Textile Research Journal*, 66 (10), 660-668.
- [18] **Simile, C. B.** (2004). Critical Evaluation of Wicking in Performance Fabrics, (yüksek lisans tezi), Georgia Institute of Technology, Georgia, ABD.
- [19] **Url-5.** <<http://www.csi.tu-darmstadt.de>> alındığı tarih: 03.11.2011 .

- [20] **Süpüren, G., Oğlakçioğlu, N., Özdil, N. ve Marmaralı, A.** (2011). Moisture Management and Thermal Absorptivity Properties of Double-Face Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 81(13), 1-11.
- [21] **Milenkovic, L., Skundric, P., Sokolovic, R., Nikolic, T.** (1999). Comfort Properties of Defense Protective Clothings, *Working and Living Environmental Protection*, 1,, 101 – 106.
- [22] **Gibson, P., Rivin, D., Kendrick, C. ve Schreuder-Gibson, H.** (1999), Humidity-Dependent Air Permeability of Textile Materials, *Textile Research Journal*, 69 (5), 311-317.
- [23] **Wilbik-Halgas, B., Danych, R., Wiecek, B., Kowalski, K.** (2006). Air and Water Vapour Permeability in Double-Layered Knitted Fabrics with Different Raw Materials, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 77-80.
- [24] **Zupin, Z., Hladnik, A., Dimitrovski, K.** (2011), Prediction of one-layer Woven Fabrics air Permeability Using Porosity Parameters, *Textile Research Journal*, 82 (2), 117-128, alındığı tarih: 01.12.2011, adres: <http://trj.sagepub.com/content/82/2.toc>.
- [25] **Fan, J., Luo, Z., Li, Y.** (2000). Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43, 2989-3000.
- [26] **Fohr, J. P., Couton, D. and Treguier, G.** (2002). Dynamic Heat and Water Transfer Through Layered Fabrics, *Textile Research Journal*, 72 (1), 1-12.
- [27] **Fukazawa, T., Kawamura, H., Tochiara, E. ve Tamura, T.** (2003). Experiment and Analysis of Combined Heat and Water Vapor Transfer Through Clothes with Condensation, *Textile Research Journal*, 73 (9), 774-780.
- [28] **Hong, C. J., Kim, J: B.** (2007). A Study of Comfort Performance in Cotton and Polyester Blended Fabrics. I.Vertical Wicking Behavior, *Fibers and Polymers*, 8, 218-224.
- [29] **Wu, H. ve Fan, J.** (2008). Measurements of Moisture Transport within Multi-layer Clothing Assemblies Consisting of Different Types of Batting: A Factorial Design Analysis, *Textile Research Journal*, 78 (11), 988-995.
- [30] **Ding, D., Tang, T., Song, G., McDonald, A.** (2011). Characterizing the performance of a single-layer fabric system through a heat and mass transfer model-Part I: Heat and Mass Transfer Model, *Textile Research Journal*, 81 (4), 398-411.
- [31] **Ding, D., Tang, T., Song, G., McDonald, A.** (2011). Characterizing the performance of a single-layer fabric system through a heat and mass transfer model-Part II: Thermal and evaporative resistances, *Textile Research Journal*, 81 (9), 945-958.
- [32] **Mallikarjunan, K., Ramachandran, T., Manohari, B. G.** (2011). Comfort and thermophysiological characteristics of multilayered fabrics for medical textiles, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 7, 1-15.
- [33] **Url-6.** < <http://www.yatas.com.tr> > alındığı tarih: 30.01.2012.
- [34] **Url-7.** < <http://www.boyteks.com> > alındığı tarih: 30.01.2012

- [35] **Url-8.**< <http://www.istikbal.com.tr>> alındığı tarih: 31.01.2012
- [36] **Abounaim, M., Hoffmann, G., Diestel, O. ve Cherif, C.** (2009). Development of Flat Knitted Spacer Fabrics for Composites Using Hybrid Yarns and Investigation of Two-dimensional Mechanical Properties, *Textile Research Journal*, 79(7), 596-610.
- [37] **Bruer, S. M., Powell, N., Smith, G.** (2005). Three-Dimensionally Knit Spacer Fabrics: A Review of Production Techniques and Applications, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4, 1-31.
- [38] **Ertekin, G., Marmaralı, A.** (2010). Sandviç Kumaşlar, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 84-98, alındığı tarih: 08.03.2011, adres: www.teknolojikarastirmalar.com.
- [39] **Davies, A., Williams, J.** (2009). The Use of Spacer Fabrics for Absorbent Medical Applications, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 1, 321-330.
- [40] **Url-5.** http://www.baltex.co.uk/xd_spacer_fabrics.html
- [41] **Armakan, H. D. M.** (2007). Sandviç Kumaşlar, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 224-231.
- [42] **Chen, X., Taylor, L. W., Tsai, L. J.** (2011), An overview on fabrication of three-dimensional woven textile preforms for composites, *Textile Research Journal*, 81 (9), 932-944.
- [43] **Manley, S., Powell, N.** (2004). The Development of Woven Velours for the Transportation Market, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 3, 1-14.
- [44] **Liu, Y., Lv, L., Sun, B., Hu, H., Gu, B.** (2006) Dynamic Response of 3D Biaxial Spacer Weft-knitted Composite under Transverse Impact, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25, 1629-1641.
- [45] **Yıldırım, M.** (2008). Üç Boyutlu Boşluklu Yuvarlak Örme Kumaşların Antistatik ve Termal Özelliklerinin Belirlenmesi, (yüksek lisans tezi), Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- [46] **de Araujo, M., Fanguiero, R., Geraldles, M. J.** (2005). Developing Fibrous Multifunctional Structures For Technical Applications, *AUTEX Research Journal*, 5, 49-54.
- [47] **Anand, S. C.** (2003). Recent Advances in Knitting Technology and Knitted Structures for Technical Textiles Applications, ISTEK 2003 Uluslararası Isparta Tekstil Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye, 22-23 Mayıs.
- [48] **Renkens, W., Kyosev, Y.** (2010). Geometry modelling of warp knitted fabrics with 3D form, *Textile Research Journal*, 81(4), 437-443..
- [49] **Sun, B., Gu, B.** (2008). Shear Behavior of 3-D Biaxial Spacer Weft Knitted Composite under High Strain Rate, *Journal of Composite Materials*, 42 (17), 1747-1762.
- [50] **Url-7.**< <http://tekstiltestcihazlari.com>>, alındığı tarih: 31.10.2011.
- [51] **Fanguiero, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., Meidi, X.** (2009). Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, 80 (15), 1522-1530.

- [52] **Aksoy, A., Kaplan, S..** (2011). Tekstil Materyallerinde Sıvı Transfer Mekanizmaları ve Ölçüm Yöntemleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5, 51-67, alındığı tarih: 11.09.2011, adres: www.teknolojikarastirmalar.com.
- [53] **Güney, F., Üçgül, İ.** (2010). Koruyucu Giysiler İçindeki Nefes Alabilir Membranların Termal Yalıtım Özellikleri, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1, 9-16.
- [54] **ISO 9237:1995.** International Standard for Determination of the permeability of fabrics to air, *International Organization for Standardization*, İsviçre
- [55] **Url-8.**<www.swicofil.com/pes.html>, alındığı tarih: 27.01.2012.
- [56] **Url-9.**<http://www.alpinemeadowsguild.org/fiber_microscopy.html>, alındığı tarih: 27.01.2012.
- [57] **Url-10.**<[http:// en.texsite.info](http://en.texsite.info)>, alındığı tarih: 05.11.2011.
- [58] **BS 7209:1990.** British Standard Certification for Water Vapour Permeable Fabrics, *British Standards Institution*, Londra
- [59] **Matusiak, M.** (2006). Investigation of thermal insulation properties of multilayer textiles, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 98-102.
- [60] **Küçükali, M., Nergis, B. and Candan, C.** (2011). A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 81(3), 324-328.
- [61] **Zhuang, Q., Harlock, S. C. and Brook, D. B.** (2002), Transfer wicking mechanisms of knitted fabrics used as undergarments for outdoor activities, *Textile Research Journal*, 72 (8), 727-734.
- [62] **Cimilli, S., Nergis, B. U., Candan, C., Özdemir, M.** (2010), A comparative study of some comfort-related properties of socks of different fiber types, *Textile Research Journal*, 80 (10), 948-957.
- [63] **Marmaralı, A., Kretzschmar, S. D., Özdi, N., Oğlakçioğlu, N. G.** (2006). Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (4), 241-246.
- [64] **Jun, Y., Park, C. H., Shim, H. ve Kang, T. J.** (2009). Thermal comfort properties of wearing caps from various textiles, *Textile Research Journal*, 79 (2), 179-189.
- [65] **Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A.** (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(5-6), 94-96.

EKLER

Çizelge A.1: May boyuna dikey ıslanma sonuçları

Çizelge A.2: May enine dikey ıslanma sonuçları

Çizelge A.3: Transfer ıslanma numune ağırlık değişimleri

Çizelge A.1: May boyuna dikey ıslanma sonuçları.

	Dikey Islanma Testi Sonuçları (mm)									
	May boyuna									
1.KUMAŞ ön yüz	1. dk	2. dk	3. dk	4. dk	5. dk	6. dk	7. dk	8. dk	9. dk	10. dk
1 boy a	25	35	37	44	45	46	47	48	48	49
1 boy b	11	15	21	23	24	25	26	30	31	33
1 boy c	8	13	15	19	20	22	24	25	26	28
1.KUMAŞ arka yüz										
1 boy a	3,5	3	3,2	3,3	3,3	3,5	3,5	3,6	3,8	4
1 boy b	1	1,2	1,7	1,7	1,8	2	2,3	2,5	3	3,2
1 boy c	1	1,3	1,5	1,5	2	2	2,5	2,7	3	3,5
2.KUMAŞ										
2 boy a	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
2 boy b	0	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
2 boy c	0	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
3.KUMAŞ										
3 boy a	30	39	45	55	57	63	66	69	72	75
3 boy b	32	43	49	55	57	65	69	71	74	76
3 boy c	31	45	50	56	58	63	65	69	71	76
4.KUMAŞ										
4 boy a	0	0	0	1	1,5	2	2,5	3	4	5
4 boy b	0	0	0	1	1,5	2	2,5	3	4	5
4 boy c	0	0	0	1	1,5	2	2	2,5	3,5	4,5
5.KUMAŞ										
5 boy a	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5 boy b	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5 boy c	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
6.KUMAŞ										
6 boy a	1	3	5	7	9	10	12	14	18	27
6 boy b	0	1	5	7	10	11	14	16	18	23
6 boy c	0	1	5	7	10	11	14	16	18	23
7.KUMAŞ										
7 boy a	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	2
7 boy b	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
7 boy c	0	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	2
8.KUMAŞ										
8 boy a	20	25	30	32	35	37	4	42	43	45
8 boy b	6	9	12	13	14	15	19	20	21	21
8 boy c	1	2	5	8	10	11	12	15	18	20
9.KUMAŞ										
9 boy a	22	31	36	40	44	46	49	51	53	56
9 boy b	24	31	36	40	43	46	48	50	53	55
9 boy c	24	30	35	40	44	46	48	50	52	55
10.KUMAŞ										

10 boy a	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,5
10 boy b	0	0	0	0	0	0	0	1	1,5	2
10 boy c	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11.KUMAŞ										
11 boy a	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4
11 boy b	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4
11 boy c	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4
12.KUMAŞ										
12 boy a	30	35	40	45	47	50	54	60	65	73
12 boy b	20	30	40	45	55	63	65	69	73	76
12 boy c	25	30	40	45	53	55	60	64	65	70
13.KUMAŞ										
13 boy a	5	10	13	15	16	17	18	20	22	24
13 boy b	6	11	14	16	17	19	20	22	23	25
13 boy c	6	10	13	15	17	19	21	22	23	25
14.KUMAŞ ön yüz										
14 boy a	12	22	33	38	45	50	55	57	59	60
14 boy b	9	12	18	21	23	26	28	29	30	30
14 boy c	8	15	18	24	27	28	31	32	34	34
14.KUMAŞ arka yüz										
14 boy a	18	30	40	48	55	57	59	62	65	70
14 boy b	15	27	37	46	55	60	65	70	74	76
14 boy c	18	30	42	48	57	65	72	77	80	82
15.KUMAŞ ön yüz										
15 boy a	11	15	20	25	27	30	34	38	44	49
15 boy b	18	30	38	45	53	57	63	68	70	72
15 boy c	12	20	23	28	35	42	48	55	62	73
15.KUMAŞ arka yüz										
15 boy a	27	32	36	43	46	48	51	53	55	57
15 boy b	32	40	42	44	49	52	55	56	60	62
15 boy c	33	40	44	45	45	45	45	46	46	47
16.KUMAŞ										
16 boy a	23	32	37	41	45	48	51	54	56	58
16 boy b	23	33	39	44	48	50	53	56	58	60
16 boy c	22	30	36	41	45	48	51	54	56	58
17.KUMAŞ ön yüz										
17 boy a	41	52	62	70	76	80	85	90	94	98
17 boy b	41	53	65	71	76	82	87	91	95	99
17 boy c	41	54	65	72	78	85	91	93	96	100
17.KUMAŞ Arka Yüz										
17 boy a	32	44	49	58	63	68	71	75	80	83
17 boy b	30	42	50	56	61	66	70	74	79	83
17 boy c	31	43	52	58	60	65	70	73	77	82

Çizelge A.2: May enine dikey ıslanma sonuçları.

	DİKEY ISLANMA TESTİ SONUÇLARI (mm)									
	May enine									
1.KUMAŞ ön yüz	1. dk	2. dk	3. dk	4. dk	5. dk	6. dk	7. dk	8. dk	9. dk	10. dk
1 boy a	13	16	19	23	25	30	33	36	38	40
1 boy b	16	25	29	34	38	40	42	44	45	49
1 boy c	11	18	20	24	27	28	29	32	35	38
1.KUMAŞ arka yüz										
1 boy a	1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,7	3	3	3,2	3,5
1 boy b	1	2	2	2,1	2,8	2,8	3	3,5	3,7	3,7
1 boy c	0,5	0,7	1,2	1,2	1,5	2	2	2,1	2,1	2,5
2.KUMAŞ										
2 boy a	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
2 boy b	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
2 boy c	0	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
3.KUMAŞ										
3 boy a	28	38	45	5	54	58	61	64	67	73
3 boy b	29	40	45	48	52	55	59	65	69	75
3 boy c	30	38	45	50	53	58	62	65	67	73
4.KUMAŞ										
4 boy a	0	0	0	0	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5
4 boy b	0	0	0	0	1	1	1,5	1,5	2	2,5
4 boy c	0	0	0	0	0	1	1	1,5	2	2
5.KUMAŞ										
5 boy a	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5 boy b	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5 boy c	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6.KUMAŞ										
6 boy a	0	2	3	7	9	10	13	15	17	21
6 boy b	0	1,5	4	7	8	10	12	15	17	23
6 boy c	0	2	4	6	8	10	12	15	17	23
7.KUMAŞ										
7 boy a	0	0	0	0	0	1	1	1	1,5	2
7 boy b	0	0	0	0	0	0	1	1	1,5	2
7 boy c	0	0	0	0	0	1	1	1	1,5	2
8.KUMAŞ										
8 boy a	1	3	5	7	8	9	10	12	14	17
8 boy b	1	3	6	7	8	9	10	11	14	18
8 boy c	1	2	5	7	9	11	14	16	18	20
9.KUMAŞ										
9 boy a	29	35	39	42	45	47	50	52	54	57
9 boy b	27	34	39	42	45	46	49	51	53	56
9 boy c	29	35	39	42	45	47	5	53	54	56
10.KUMAŞ										

10 boy a	0	0	0	0	1	1	1,5	1,5	2	2,5
10 boy b	0	0	0	1	1	2	2,5	2,5	3	3,5
10 boy c	0	0	0	0	1	1,5	2	2,5	3	4
11.KUMAŞ										
11 boy a	0	0	0	0	1	1	1,5	2	3	4
11 boy b	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
11 boy c	0	0	0	0	0	1	1,5	2	3	4
12.KUMAŞ										
12 boy a	20	30	40	45	50	54	55	58	60	62
12 boy b	23	36	40	44	48	50	52	54	56	60
12 boy c	25	37	45	46	50	54	55	57	58	60
13.KUMAŞ										
13 boy a	7	12	15	18	20	23	25	26	27	29
13 boy b	8	13	16	18	20	22	24	25	27	29
13 boy c	7	12	15	18	21	23	24	26	27	29
14.KUMAŞ ön yüz										
14 boy a	25	30	32	35	35	38	39	40	40	40
14 boy b	28	35	41	43	45	46	46	47	47	47
14 boy c	32	46	46	47	47	48	48	49	49	49
14.KUMAŞ arka yüz										
14 boy a	25	32	40	50	55	60	65	70	75	78
14 boy b	28	40	47	55	60	66	72	76	79	83
14 boy c	32	45	55	63	70	75	80	83	85	88
15.KUMAŞ ön yüz										
15 boy a	40	45	49	61	64	65	67	68	72	75
15 boy b	43	50	53	58	60	64	67	70	73	76
15 boy c	36	42	54	63	65	68	70	73	75	79
15.KUMAŞ arka yüz										
15 boy a	32	46	50	52	53	53	54	55	55	56
15 boy b	27	31	35	36	44	50	60	61	62	62
15 boy c	31	37	40	47	54	56	59	62	64	68
16.KUMAŞ										
16 boy a	24	35	41	47	50	54	56	59	62	65
16 boy b	23	33	39	45	49	53	55	58	60	62
16 boy c	23	34	40	45	49	53	55	59	62	64
17.KUMAŞ ön yüz										
17 boy a	42	55	64	71	76	82	87	91	95	100
17 boy b	42	55	65	72	78	84	88	93	97	100
17 boy c	44	57	66	74	80	86	91	95	99	104
17.KUMAŞ ar- ka yüz										
17 boy a	40	48	58	65	71	75	81	84	89	93
17 boy b	40	51	61	68	72	76	82	85	90	93
17 boy c	41	54	62	69	73	78	84	88	92	96

Çizelge A.3: Transfer ıslanma numune ağırlık değişimleri.

1. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	3,9600	3,8980	3,8450	3,7880	3,7290	3,6700
2	1,3000	1,3270	1,3470	1,3800	1,3890	1,4100
3	4,2400	4,1530	4,0530	3,9690	3,8980	3,8320
4	1,3750	1,4360	1,4920	1,5350	1,5860	1,6060
5	4,3430	4,2110	4,1020	4,0080	3,9390	3,8580
6	1,5590	1,6600	1,7260	1,7790	1,8300	1,8590
1. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,3570	4,3030	4,2610	4,2150	4,1670	4,1190
8	1,2300	1,2450	1,2550	1,2620	1,2720	1,2930
9	4,3420	4,2920	4,2530	4,2070	4,1640	4,1130
10	1,3130	1,3180	1,3340	1,3430	1,3380	1,3470
11	3,8030	3,7580	3,7120	3,6760	3,6310	3,5870
12	1,2980	1,3260	1,3300	1,3330	1,3350	1,3370
2. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	6,2010	5,7790	5,5080	5,3360	5,1280	4,9740
2	1,7990	2,1710	2,3900	2,4950	2,5560	2,6480
3	5,4290	5,1090	4,8390	4,6740	4,4690	4,4630
4	1,6300	1,9000	2,1070	2,2300	2,3000	2,3520
5	4,2940	4,1240	3,9620	3,8380	3,6580	3,5600
6	1,5210	1,6660	1,7980	1,8800	1,9240	1,9680
2. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,7880	4,5940	4,4550	4,3450	4,2480	4,1600
8	1,9450	2,0900	2,1760	2,2320	2,2760	2,3110
9	4,5180	4,3130	4,2050	4,1090	4,0250	3,9470
10	1,8990	2,0280	2,0900	2,1440	2,1890	2,2140
11	4,7960	4,6300	4,5100	4,4030	4,2980	4,2200
12	1,8810	1,9990	2,0660	2,1120	2,1560	2,1860
3. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	4,4760	4,3490	4,2550	4,1880	4,1220	4,0590
2	3,0490	3,1230	3,1510	3,1720	3,1870	3,1870
3	4,2730	4,1620	4,0860	4,0230	3,9680	3,9000
4	2,9900	3,0530	3,0800	3,0950	3,1120	3,1130
5	4,4970	4,3740	4,2980	4,2340	4,1870	4,0960
6	3,1930	3,2540	3,2980	3,3170	3,3260	3,3330
3. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	3,8290	3,7320	3,6470	3,5830	3,5250	3,4720
8	2,8250	2,8860	2,9090	2,9180	2,9210	2,9200
9	3,6770	3,5430	3,4830	3,4120	3,3580	3,3200
10	2,6540	2,7340	2,7580	2,7690	2,7780	2,7760
11	3,6440	3,5350	3,4590	3,4030	3,3490	3,3130

12	2,5170	2,5970	2,6160	2,6320	2,6310	2,6280
4. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	3,5790	3,5340	3,4790	3,4390	3,4010	3,3620
2	1,4380	1,4610	1,4810	1,4800	1,4980	1,5010
3	3,6740	3,6200	3,5820	3,5420	3,5080	3,4610
4	1,4880	1,5050	1,5010	1,5230	1,5240	1,5260
5	3,6790	3,6360	3,5880	3,5570	3,5100	3,4700
6	1,4830	1,4950	1,5060	1,5080	1,5100	1,5160
4. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,3510	4,2630	4,1740	4,0880	3,9750	3,8920
8	1,4100	1,4270	1,4720	1,5480	1,5920	1,6460
9	5,0520	4,9060	4,6720	4,5260	4,3990	4,3010
10	1,4600	1,5680	1,7460	1,8670	1,9460	2,0230
11	4,9880	4,8860	4,7580	4,6420	4,5380	4,4310
12	1,5330	1,5810	1,6670	1,7580	1,8260	1,9040
5. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	2,5160	2,4610	2,4240	2,3910	2,3540	2,3300
2	1,0550	1,0700	1,0780	1,0840	1,0890	1,0930
3	2,5080	2,4590	2,4260	2,3980	2,3600	2,3410
4	1,0860	1,0980	1,1030	1,1060	1,1180	1,1210
5	2,3240	2,2830	2,2450	2,2090	2,1910	2,1660
6	1,0630	1,0800	1,0890	1,0880	1,0950	1,1010
5. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	2,3990	2,3630	2,3200	2,2890	2,2460	2,2220
8	1,0110	1,0240	1,0320	1,0380	1,0430	1,0540
9	2,4970	2,4440	2,4030	2,3800	2,3450	2,3100
10	0,0010	1,0240	1,0340	1,0360	1,0430	1,0500
11	2,3860	2,3390	2,3030	2,2860	2,2450	2,2210
12	1,0170	1,0370	1,0410	1,0520	1,0540	1,0560
6. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	3,7640	3,3970	3,2710	3,1940	3,1330	3,1010
2	2,3440	2,7540	2,7540	2,7830	2,7880	2,7880
3	3,8910	3,4650	3,4650	3,3900	3,3300	3,2930
4	2,4720	2,8150	2,8150	2,8460	2,8530	2,8490
5	3,8580	3,4050	3,4050	3,3340	3,2950	3,2540
6	2,4600	2,8350	2,8350	2,8530	2,8600	2,8570
6. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	3,9260	3,4580	3,2810	3,1640	3,1100	3,0640
8	1,9840	2,4070	2,5440	2,6040	2,6280	2,6480
9	3,8600	3,4500	3,3090	3,2170	3,1800	3,1350
10	2,1720	2,5400	2,6420	2,6720	2,6890	2,6950
11	3,8530	3,5280	3,4130	3,3300	3,2760	3,2340
12	2,4390	2,7210	2,7950	2,8120	2,8410	2,8440

7. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	2,9270	2,8810	2,8400	2,7940	2,7630	2,7210
2	1,1580	1,1810	1,1910	1,1960	1,2090	1,2050
3	3,0040	2,9590	2,9030	2,8690	2,8330	2,7900
4	1,1790	1,2120	1,2230	1,2210	1,2340	1,2310
5	2,9140	2,8720	2,8370	2,7970	2,7670	2,7230
6	1,2370	1,2520	1,2600	1,2670	1,2730	1,2730
7. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	3,9910	3,9210	3,8630	3,7980	3,7450	3,6810
8	1,2000	1,2220	1,2320	1,2620	1,2470	1,2540
9	3,6510	3,5840	3,5140	3,4730	3,4320	3,3820
10	1,1890	1,2100	1,2170	1,2290	1,2350	1,2520
11	3,8460	3,7920	3,7240	3,6650	3,6040	3,5420
12	1,2220	1,2370	1,2570	1,2760	1,2910	1,3100
8. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	4,2950	4,2360	4,1750	4,1080	4,0370	3,9840
2	1,4860	1,5150	1,5430	1,5700	1,5870	1,6160
3	4,5540	4,4920	4,4230	4,3710	4,3040	4,2460
4	1,4700	1,5060	1,5340	1,5640	1,5810	1,6090
5	4,2820	4,2220	4,1610	4,0980	4,0400	3,9750
6	1,4730	1,5060	1,5350	1,5650	1,5840	1,6130
8. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,1650	4,0810	4,0140	3,9460	3,8630	3,7750
8	1,4440	1,4890	1,5230	1,5570	1,5900	1,6210
9	4,2890	4,2190	4,1410	4,0620	3,9960	3,9110
10	1,4610	1,5080	1,5570	1,5830	1,6190	1,6510
11	4,0620	4,0060	3,9380	3,8810	3,8270	3,7630
12	1,4690	1,5030	1,5360	1,5520	1,5700	1,5710
9. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	5,0750	4,7380	4,5580	4,4440	4,3600	4,2730
2	2,5800	2,8440	2,9730	3,0370	3,0780	3,1280
3	4,9450	4,7150	4,5950	4,4920	4,4180	4,3460
4	2,7770	2,9770	3,0410	3,1000	3,1330	3,1760
5	4,9500	4,6280	4,4920	4,3810	4,2960	4,2260
6	2,6160	2,8980	3,0080	3,0670	3,1240	3,1600
9. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	5,7220	5,5060	5,4020	5,2620	5,1590	5,0820
8	3,0380	3,2100	3,2530	3,3100	3,3520	3,3740
9	5,1130	4,8800	4,7590	4,6680	4,5810	4,5350
10	2,7380	2,9430	3,0190	3,0680	3,1020	3,1080
11	5,9990	5,6140	5,4680	5,3520	5,2690	5,1440
12	3,0310	3,3820	3,4940	3,5620	3,5890	3,6720
10. kumaş yüzyüze	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk

1	4,2310	4,1690	4,1080	4,0570	4,0110	3,9660
2	1,5350	1,5560	1,5690	1,5790	1,5880	1,5900
3	4,2310	4,1690	4,1260	4,0680	4,0260	3,9820
4	1,5470	1,5670	1,5870	1,6020	1,6020	1,6080
5	4,0990	4,0330	3,9920	3,9440	3,8970	3,8520
6	1,4990	1,5250	1,5400	1,5470	1,5530	1,5670
10. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,0840	4,0090	3,9400	3,8630	3,7810	3,7190
8	1,4750	1,5110	1,5290	1,5550	1,5960	1,6050
9	3,6360	3,5670	3,4950	3,4290	3,3680	3,3100
10	1,5150	1,5430	1,5770	1,6000	1,6280	1,6370
11	3,9960	3,9140	3,8450	3,7600	3,6820	3,6050
12	1,5230	1,5830	1,6110	1,6500	1,6760	1,7170
11. kumaş yüzüne	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	3,1800	3,1120	3,0580	3,0030	2,9440	2,8900
2	1,3780	1,4050	1,4240	1,4400	1,4600	1,4760
3	2,9420	2,8900	2,8490	2,7970	2,7530	2,7070
4	1,4000	1,4170	1,4340	1,4490	1,4600	1,4730
5	3,0490	2,9780	2,9040	2,8270	2,7580	2,6960
6	1,4110	1,4620	1,4900	1,5400	1,5790	1,6040
11. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	3,3580	3,1500	2,9660	2,8440	2,7410	2,6830
8	1,4460	1,6130	1,7600	1,8510	1,9070	1,9440
9	3,4510	3,2380	3,0660	2,9420	2,8470	2,7780
10	1,4360	1,6210	1,7560	1,8460	1,8910	1,9270
11	3,3830	3,1910	3,0250	2,9120	2,8290	2,7690
12	1,3980	1,5570	1,6970	1,7770	1,8180	1,8550
12. kumaş yüzüne	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	4,1910	4,0420	3,9510	3,8800	3,7940	3,7370
2	2,5220	2,6460	2,6760	2,7200	2,7470	2,7970
3	4,1740	4,0130	3,9460	3,8800	3,8230	3,7510
4	2,6540	2,7460	2,7970	2,8380	2,8640	2,8880
5	4,3940	4,2510	4,1770	4,1030	4,0220	3,9330
6	2,5370	2,6380	2,7000	2,7420	2,7420	2,7670
12. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,6440	4,4610	4,3750	4,2860	4,2140	4,1650
8	2,7560	2,9100	2,9560	2,9810	3,0060	3,0200
9	4,6590	4,4810	4,3880	4,2820	4,2200	4,1650
10	2,7160	2,8480	2,9140	2,9410	2,9650	2,9820
11	4,0530	3,9080	3,8150	3,7200	3,6660	3,6040
12	2,6260	2,7340	2,7830	2,8200	2,8460	2,8690
13. kumaş yüzüne	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	5,7150	5,5000	5,2940	5,1790	5,0590	4,9380

2	1,7380	1,9070	2,0600	2,1110	2,1940	2,2640
3	5,6220	5,4600	5,3050	5,1710	5,0360	4,8880
4	1,7020	1,8220	1,9240	2,0120	2,1000	2,1870
5	5,9670	5,8040	5,6490	5,5050	5,3930	5,2620
6	1,6270	1,7210	1,7990	1,9140	2,0000	2,0850
13. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,4010	3,9910	3,7580	3,6330	3,5380	3,4680
8	1,7840	2,1660	2,3620	2,4540	2,5070	2,5360
9	4,1770	3,8180	3,6180	3,4860	3,4040	3,3310
10	1,7790	2,1030	2,2790	2,3640	2,4140	2,4450
11	4,5080	4,1040	3,9100	3,7840	3,6730	3,6190
12	1,8690	2,2410	2,4040	2,4920	2,5450	2,5900
14. kumaş yüzü	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	4,8050	4,6630	4,5240	4,4200	4,3380	4,2770
2	1,6920	1,7990	1,9060	1,9800	2,0220	2,0550
3	4,4170	4,3280	4,2030	4,1110	4,0400	3,9820
4	1,7570	1,8150	1,9030	1,9740	2,0130	2,0360
5	5,2140	5,0750	4,9420	4,8600	4,7880	4,7410
6	1,7730	1,8850	1,9900	2,0400	2,0700	2,0930
14. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	5,6800	5,5160	5,3610	5,2810	5,1960	5,1370
8	1,7630	1,8930	2,0080	2,0480	2,0760	2,0960
9	6,1310	5,8870	5,7870	5,6960	5,6410	5,5800
10	1,7770	1,9750	2,0410	2,0780	2,0920	2,1160
11	5,4850	5,3080	5,2030	5,1290	5,0580	5,0100
12	1,8510	1,9610	2,0300	2,0610	2,0930	2,1220
15. kumaş yüzü	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	7,1380	6,6200	6,4190	6,2840	6,1730	6,0810
2	2,3250	2,7930	2,9450	3,0490	3,1150	3,1690
3	7,6520	7,2260	6,9080	6,7290	6,6150	6,5120
4	2,4950	2,8850	3,1540	3,2870	3,3560	3,4280
5	6,8960	6,5360	6,2510	6,0990	5,9930	5,8820
6	2,2510	2,5710	2,8080	2,9200	3,0000	3,0730
15. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	6,2260	5,9880	5,7540	5,5860	5,4440	5,3500
8	2,2880	2,5030	2,6890	2,8250	2,9350	2,9830
9	7,4280	7,0650	6,8290	6,6860	6,5480	6,4520
10	2,1950	2,5150	2,7110	2,8160	2,9170	2,9720
11	6,8580	6,5350	6,3090	6,1590	6,0350	5,9280
12	2,2260	2,5190	2,7080	2,8200	2,9070	2,9750
16. kumaş yüzü	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	3,5940	3,5060	3,4430	3,3840	3,3340	3,2820
2	2,0180	2,0680	2,1000	2,1180	2,1350	2,1450

3	3,3520	3,2780	3,1850	3,1470	3,0770	3,0330
4	2,0420	2,1000	2,1170	2,1320	2,1460	2,1700
5	4,0120	3,9080	3,8250	3,7650	3,6910	3,6340
6	2,1320	2,2100	2,2550	2,2790	2,3010	2,3340
16. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	4,7700	4,7080	4,6720	4,6030	4,5440	4,4660
8	1,4970	1,5270	1,5410	1,5730	1,6000	1,6330
9	4,9240	4,8690	4,8230	4,7750	4,7260	4,6710
10	1,4380	1,4600	1,4950	1,5050	1,5160	1,5240
11	4,4720	4,4150	4,3720	4,3200	4,2840	4,2320
12	1,4890	1,5170	1,5520	1,5620	1,5750	1,5680
17. kumaş yüzü	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
1	5,4130	5,2340	5,1180	5,0060	4,9100	4,8210
2	3,2330	3,3720	3,4390	3,4580	3,5060	3,5240
3	5,1430	4,9510	4,8430	4,7430	4,6330	4,5870
4	3,3440	3,4950	3,5620	3,5920	3,6190	3,6450
5	5,2680	5,1130	5,0000	4,8910	4,8090	4,7490
6	3,2840	3,4220	3,4820	3,5060	3,5520	3,5450
17. kumaş yüzü arkası	5. dk	10. dk	15. dk	20. dk	25. dk	30. dk
7	5,7500	5,4510	5,3280	5,2500	5,1870	5,1050
8	3,4670	3,6610	3,7180	3,7500	3,7620	3,7870
9	5,1380	4,9160	4,8020	4,6990	4,6250	4,5590
10	3,3740	3,4840	3,5440	3,5790	3,6050	3,6280
11	5,2440	5,0700	4,9560	4,8660	4,7840	4,7180
12	3,0680	3,1670	3,2300	3,2730	3,2980	3,3260

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Sena TERLİKSİZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Kayseri 1981

E-posta: senaterliksiz@itu.edu.tr

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümü (1999-2003)

Mesleki Deneyim: Modatimkar A.Ş-Kumaş teknisyeni (2003-2004)

Hey Tekstil-Müşteri Temsilcisi Asistanı (2004-2006)

Atomik Tekstil-Müşteri Temsilcisi (2007-2008)

Okan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu- Öğretim Görevlisi (2008-)

Yayın ve Patent Listesi:

Terliksiz, S. Kalaoğlu, F., Şan, Ü. (2009). Air and Water Vapour Permeability of Cotton Fabrics, RIM 2009, September 26th-October 3rd 2009, Cairo, Egypt.

Terliksiz, S. Kalaoğlu, F., Eryürük, S.H. . (2011). Moisture Transport Properties of Double Jersey Mattress Ticking Fabrics, ICONTEX 2011, Ekim 20-22, İstanbul.

Terliksiz, S. Kalaoğlu, F., Eryürük, S.H. . (2012). Moisture Transport Properties of Double Jersey Mattress Ticking Fabrics, Tekstil ve Mühendis (Journal of Textiles and Engineer), Özel Sayı, (yayınlanmak üzere kabul edildi)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Terliksiz, S. Kalaoğlu, F., Eryürük, S.H. . (2011). Moisture Transport Properties of Double Jersey Mattress Ticking Fabrics, ICONTEX 2011, Ekim 20-22, İstanbul.