



**FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMI İLE  
SPOR GİYSİLERDE ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Nur Berat BAYIR**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMI İLE SPOR GİYSİLERDE  
ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Nur Berat BAYIR  
0000-0003-3570-3980

Prof. Dr. Binnaz KAPLANGİRAY  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022  
Her Hakkı Saklıdır

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMI İLE SPOR GİYSİLERDE ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

**Nur Berat BAYIR**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Binnaz KAPLANGİRAY

Günümüzde giysilerden beklentiler yapı ve model özelliklerinden çok giysilerin fonksiyonel özellikleri ve giysi konforu üzerine yoğunlaşmıştır. Giysiler vücut ile çevre arasında termal dengenin kurulmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bir kişinin konforlu hissedebilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, ışık gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyne iletilmemiş olması gerekir. Giysinin çevre ile termal dengeyi sağlamasında, şartlara göre teri iletmesinde ya da emmesinde ve nefes alabilirliğinde lif özellikleri, iplik ve kumaşın yapısal parametreleri, kimyasal işlemler ve giysi tasarım özellikleri oldukça önemli olmaktadır. Giysi konforu için kullanılacak liflerin etkin ısı transferine izin vererek termal dengeyi sağlaması, nemi hızlı emip hızlı uzaklaştırması, hava geçirgenliği ile nefes alabilir olması, iyi tutum özelliklerine sahip olması, kullanımının ve bakımının kolay olması gibi birçok özelliği bir arada içermesi gerekmektedir. Günümüzde, tekstilde faz değişim malzemeleri esas olarak iyileştirilmiş termal konforu elde etmek amacı ile sıcaklığı düzenleyen ürünler üretmek için aşırı sıcak veya soğuk ortamlarda koruyucu giysiler tasarlanmaktadır. Bu tezde kadın giyiminde en fazla tercih edilen giysi türlerinden olan tayt giysisinin serin ve/veya soğuk ortam koşullarında termal konforunun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için günlük aktivite koşullarında giyilen tayt giysilerinde kullanılan kumaş yapıları göz önüne alınarak, bu kumaş yapılarına faz değiştiren malzemelerin uygulanması ile bireyin ortam koşullarındaki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak daha konforlu hissetmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminin (BAP) Proje No: FGA-2021-632 Genel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Giysi konforu, termal konfor, faz değiştiren malzemeler, spor giyim, tayt

**2022, xiii + 93 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **IMPROVING THE THERMAL REGULATION FEATURE OF SPORTSWEAR BY USING PHASE CHANGE MATERIALS**

**Nur Berat BAYIR**

Bursa Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Textile Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Binnaz KAPLANGIRAY

Expectations from clothing sector have focused on the functional properties such as comfort of the clothes rather than the structure and model properties. In order for a person to feel comfortable, a warning about one environmental factors such as ambient temperature, humidity, wind speed, light must not be transmitted to the brain since clothes has an important effect on establishing a thermal balance between the body and the environment. Important in providing the thermal balance with the environment, fiber properties, structural parameters of yarn and fabric, chemical processes and clothing design features are very, transmitting or absorbing sweat according to the conditions, and breathability. The fibers to be used for clothing comfort should contain many features such as providing thermal balance by allowing effective heat transfer, absorbing and removing moisture quickly, being breathable with air permeability, having good handling properties, and being easy to use and maintain. Nowadays, phase change materials in textiles are mainly designed for protective clothing in extreme hot or cold environments to produce temperature regulating products with the aim of achieving improved thermal comfort. In this project, it is aimed to improve the thermal comfort of leggings, which is one of the most preferred clothing types in women's clothing, in cool and/or cold ambient conditions. As mentioned previously, considering the fabric structures used in leggings worn under daily activity conditions, it is aimed to make the individual feel more comfortable depending on the temperature changes in the ambient conditions by applying phase change materials to these fabric structures.

This study was supported by Bursa Uludag University Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP) Project No: FGA-2021-632

**Key words:** Clothing comfort, thermal comfort, phase change materials, sportswear, legging

**2022, xiii + 93 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen saygı duyduğum hocam Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Binnaz KAPLANGİRAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim dahil olmak üzere tüm eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen, beni tek başına büyüten ve güçlü bir kadın olmamı sağlayan biricik annem Adeviye DOLGUN'a, bu süreçte en zor anlarımda güler yüzüyle destek veren, her koşulda yanımda olan değerli eşim Mert ÇAKAR'a sonsuz teşekkürler ederim.

Tez çalışmalarımda desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Y. Dilek KUT'a ve Dr. Serkan TEZEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın temelini oluşturan kumaş numunelerimin üretimini Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. kurumunda gerçekleştirmemi sağlayan Ar-Ge Müdürü Filiz EMİROĞLU'na ve Ar-Ge Proje Lideri Tuğçe KÖROĞLU YATIKÇI'ya teşekkürlerimi sunarım.

FGA-2021-632 no'lu projemi destekleyen, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Nur Berat BAYIR  
22/08/2022

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
2.1. Giysi Konforun Tanımı ve Önemi .....	3
2.2. Konforun Sınıflandırılması .....	6
2.2.1. Psikolojik Konfor.....	6
2.2.2. Fiziksel Konfor .....	7
2.2.2.1. Kumaş Tutum Özellikleri.....	7
2.2.3. Vücut Hareket Konforu.....	9
2.2.4. Termofizyolojik / Termal Konfor .....	9
2.3. Termofizyolojik Konfor .....	9
2.3.1. Termofizyolojik Konfora Etki Eden Parametreler .....	10
2.3.1.1. Fizyolojik Özellikler .....	10
2.3.1.2. Fiziksel Aktivite .....	12
2.3.1.3. Çevresel Değişkenler .....	13
2.3.1.4. Giysiden Kaynaklanan Değişkenler.....	13
2.4. Termofizyolojik Konfor ile İlgili Ölçülebilir Parametreler .....	14
2.4.1. Termal İletkenlik.....	14
2.4.2. Termal Direnç .....	14
2.4.3. Termal Yayılım .....	15
2.4.4. Termal Emicilik (Sıcak-Soğuk Hissi) .....	15
2.4.5. Su Buharı Geçirgenliği.....	15
2.4.6. Sıvı Nem Transferi.....	15
2.4.7. Hava geçirgenliği .....	16
2.5. Kumaş ve Giysilerdeki Isı Transfer Mekanizmaları .....	16
2.5.1. İletimle Isı Transferi.....	17
2.5.2. Taşınım ile Isı Transferi .....	18
2.5.3. Işınım ile Isı Transferi.....	19
2.5.4. Buharlaştırma ile Isı Transferi .....	19
2.6. Termofizyolojik Konforu Ölçmekte Kullanılan Yöntemler .....	20
2.6.1. Su Buharı Geçirgenliği Test Yöntemleri.....	20
2.6.2. Terleyen Sıcak Plaka Test Yöntemleri (Sweating Guarded Hot Plate Tests).....	22
2.6.3. Permetest Cihazı.....	22
2.6.4. Alambeta Test Cihazı.....	23
2.6.5. Hava Geçirgenliği Testi .....	24
2.7. Faz Değiştiren Malzeme (FDM) Teknolojisi .....	24
2.7.1. Faz Değiştiren Malzeme ve Ticari Markalar .....	28
2.7.1.1. Outlast® teknolojisi .....	28

2.7.1.2. Comfortemp® teknolojisi .....	29
2.7.1.3. Schoeller-PCM® teknolojisi .....	29
2.7.2. Faz Değiştiren Mikrokapşüller .....	30
2.8. Faz Değiştiren Malzemelerin Tekstil Yüzeyine Aktarılması .....	31
2.8.1. Lif çekimi esnasında aktarma .....	31
2.8.2. Mikrokapşüllerin Bitim İşlemi Esnasında Aktarılma Uygulamaları .....	31
2.8.2.1. Mikrokapşüllerin Fulard Yöntemiyle Emdirme Uygulamaları .....	32
2.8.2.2. Püskürtme Yöntemi .....	32
2.8.2.3. Kaplama yöntemi .....	32
2.9. Faz Değiştiren Malzemeleri Değerlendirmede Kullanılan Analizler .....	33
2.9.1. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) .....	33
2.9.2. FE-SEM Analizi .....	34
2.10. Spor Giysileri .....	35
2.10.1. Spor Giysilerden Beklenen Özellikler .....	35
2.10.2. Spor Giyimde Kullanılan Lif Yapıları .....	36
2.10.3. Vücutu Saran Spor Giysileri (CSW-Compression Sportwear) .....	37
2.11. Tekstil Yüzeylerinin Termofizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzeri Yapılan Çalışmalar .....	38
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	43
3.1. Materyal .....	43
3.2. Yöntem .....	46
3.2.1. Faz Değiştiren Malzeme Uygulaması .....	46
3.2.2. Çalışmada Kullanılan Test Yöntemleri .....	47
3.2.2.1. Gramaj Tayini .....	47
3.2.2.2. Hava Geçirgenliği .....	48
3.2.2.3. Su Buharı Geçirgenliği .....	49
3.2.2.4. Termal Konfor Özellikleri .....	49
3.2.2.5. Nem Yönetim Özellikleri .....	50
3.2.2.6. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Analizi .....	51
3.2.2.7. Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntü Analizi .....	51
3.3. İstatistiksel Değerlendirme .....	51
4. BULGULAR ve TARTIşMA .....	52
4.1. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Konfor Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	52
4.1.1. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Hava Geçirgenliği Özellikleri .....	52
4.1.2. Ön işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği test sonuçları .....	52
4.1.3. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Termal Konfor Özellikleri .....	53
4.1.4. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Nem Yönetim Özellikleri .....	54
4.2. Faz Değiştiren Malzeme (FDM) İle İşlem Görmüş Kumaşların Özellikleri .....	56
4.2.1. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Gramaj Tayini Sonuçları .....	56
4.2.2. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların DSC Analiz Sonuçları .....	57
4.2.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların SEM Görüntüleri .....	58
4.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Konfor Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	61
4.3.1. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Hava Geçirgenliği Özellikleri .....	61
4.2.2. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Su Buharı Geçirgenlik Özellikleri .....	65

4.2.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Termal Konfor Parametrelerinin Değerlendirilmesi .....	68
4.2.4. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Nem Yönetim Özellikleri.....	78
5. SONUÇ .....	84
KAYNAKLAR .....	85
ÖZGEÇMİŐ .....	93



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$a$	Termal difüzyon katsayısı
$D$	Kumaş kalınlığı
$\text{cm}^2$	Santimetrekare
$\text{m}^2$	Metrekare
$g$	Gram
$g/\text{m}^2$	$1 \text{ m}^2$ 'deki gram olarak ağırlığın değeri
$^{\circ}\text{C}$	Derece santigrat
$E$	Young modülü
$h$	Kalınlık
$I$	Eylemsizlik momenti
$kg$	Kilogram
$l$	Lif ucu uzunluğu
Met	Metabolik hız
mm	Milimetre
$P$	Kritik torbalanma kuvveti
Pa	Pascal
$R$	Termal direnç
UV	Ultraviyole
$q$	Isı akış yoğunluğu
$q(x)$	Isı akısı
$\Theta$	Derece
$\sigma$	Stefan-Boltzman sabit
$\mu$	Mikrometre
$\lambda$	Isı iletim katsayısı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ASHRAE	American Society Of Heating Refrigerating And Air Conditioning Engineers
ASTM	American Society For Testing Materials
CSW	Compression Sport Wear
FDM	Faz değiştiren malzeme
ISO	International Organization For Standardization
PCM	Phase change materials
PES	Poliyester
SNK	Student-Newman-Keuls

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Subjektif konfor algısı (Pontrelli, 1977).....	4
Şekil 2.2. Giysi ve vücut arasındaki mikro klimaya etki eden faktörler (Yoo ve Hu, 2000).....	5
Şekil 2.3. Çıplak insan vücudundan ısı atım yolları (Ceylan, 2010).....	11
Şekil 2.4. Kumaş tabakaları boyunca ısı transferi (Hes 2004).....	18
Şekil 2.5. ASTM E96-80 metodunda kullanılan test aparatı.....	20
Şekil 2.6. Buharlaşma kap metodu (Nahla ve ark., 2012).....	21
Şekil 2.7. DMPC' de yapılan difüzyon esasına dayanan test (Gibson ve ark., 1995).....	22
Şekil 2.8. Terleyen sıcak levha sistemi (Huang, 2006).....	22
Şekil 2.9. Permetest cihazı çalışma prensibi (Hes, 2003).....	23
Şekil 2.10. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli (Sensora, 1990).....	23
Şekil 2.11. Katı-sıvı ve sıvı-katı değişimleri gösteren faz değiştiren malzemelerdeki ısı değişim farklılıkları ( Mattila, 2006).....	25
Şekil 2.12. Faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması (Zhang ve ark., 2021).....	26
Şekil 2.13. Faz değiştirme özellikli kumaşlarda mikrokapsüller (Outlast Europe) (Matilda, 2006).....	28
Şekil 2.14. Mikrokapsül yapısı.....	31
Şekil 2.15. Emdirme yöntemi ile mikrokapsül aktarımı (Başal ve Vahaplar, 2005).....	32
Şekil 2.16. DSC düzeneği (Saraç, 2015).....	33
Şekil 2.17. Diferansiyel termogram grafiği.....	34
Şekil 2.18. SEM Mikroskop kolonu (Meitam, 2014).....	34
Şekil 3.1. Örme kumaşların sırasıyla ön ve arka yüz mikroskop görüntüleri a,b) K1 kodlu kumaş c,d) K2 kodlu kumaş e,f) K3 kodlu kumaş g,h) K4 kodlu kumaş ı, j) K5 kodlu kumaş k, l) K6 kodlu kumaş....	45
Şekil 3.2. Fular Emdirme makinası.....	47
Şekil 3.3. Gramaj tayini metodunda kullanılan hassas terazi.....	48
Şekil 3.4. Hava geçirgenliği test cihazı.....	48
Şekil 3.5. Permetest su buharı geçirgenliği test cihazı.....	49
Şekil 3.6. Alambeta termal iletkenlik test cihazı.....	50
Şekil 3.7. MMT nem yönetim test cihazı.....	50
Şekil 4.1. K1 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	58
Şekil 4.2. K2 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	59
Şekil 4.3. K3 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	59
Şekil 4.4. K4 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	59
Şekil 4.5. K5 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	60
Şekil 4.6. K6 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM.....	60

Şekil 4.7.	Numune kumaşların hava geçirgenliği sonuçları.....	64
Şekil 4.8.	Numune kumaşların su buharı direnci sonuçları.....	68
Şekil 4.9.	Numune kumaşların ısı iletkenlik sonuçları.....	71
Şekil 4.10.	Numune kumaşların ısı ıoğurganlık sonuçları.....	74
Şekil 4.11.	Numune kumaşların termal direnç sonuçları.....	77
Şekil 4.12.	Numune kumaşların OMMC (genel nem yönetim) sonuçları.....	80
Şekil 4.13.	Süprem örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri.....	81
Şekil 4.14.	Vanize süprem örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri.....	82
Şekil 4.15.	Gipeli punto di roma örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri.....	83



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Spor ve fitness aktivitelerinde kullanılan giysilerden beklenen en önemli özellikler.....	6
Çizelge 2.2. Fiziksel olarak konforlu olmama (fiziksel konforsuzluk) duyuların rahatsız olması.....	7
Çizelge 2.3. İnsan hakkında ortalama biyofizik veriler.....	10
Çizelge 2.4. Vücut içi sıcaklık değişim sonuçlarının etkileri.....	11
Çizelge 2.5. ISO 7730'a göre metabolik oran sınıfları.....	13
Çizelge 2.6. Farklı tekstil lifleri, hava ve suyun termal iletkenlik değerleri.....	18
Çizelge 2.7. Kullanım alanına göre spor giysilerin termofizyolojik özellikleri	36
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan ön işlem görüş kumaşların özellikleri.....	43
Çizelge 3.2. Deneysel çalışmada kullanılan kumaşların örme diyagramları ve özellikleri.....	44
Çizelge 3.3. Deneysel çalışmada kullanılan çözelti miktarları.....	47
Çizelge 4.1. Ön işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği sonuçları.....	52
Çizelge 4.2. Ön işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları...	53
Çizelge 4.3. Ön işlem görmüş kumaşların termal özellikleri.....	54
Çizelge 4.4. Ön işlem görmüş kumaşların sıvı nem yönetim özellikleri.....	54
Çizelge 4.5. Genel nem yönetimi (OMMC) değerlendirme skalası (SDL Atlas Nem Yönetim Cihazı test kataloğu).....	55
Çizelge 4.6. Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların fiziksel değerleri.....	56
Çizelge 4.7. Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların DSC analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.8. FDM ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği sonuçları.....	61
Çizelge 4.9. Hava geçirgenliği iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	62
Çizelge 4.10. Hava geçirgenliği testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları.....	62
Çizelge 4.11. Hava geçirgenliği üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları.....	63
Çizelge 4.12. FDM ile işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları.....	65
Çizelge 4.13. Su buharı direnci iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	66
Çizelge 4.14. Su buharı direnci testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları	66
Çizelge 4.15. Su buharı direnci üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları.....	67
Çizelge 4.16. FDM ile işlem görmüş kumaşların termal konfor özellikleri.....	69
Çizelge 4.17. Isıl iletkenlik iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	70
Çizelge 4.18. Isıl iletkenlik testinde kumaş tipinin değişkeninin etki sonuçları	70
Çizelge 4.19. Isıl iletkenlik üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları...	71
Çizelge 4.20. Isıl soğurganlık iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	72
Çizelge 4.21. Isıl soğurganlık testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları...	73

Çizelge 4.22.	Isıl soğurganlık üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları.....	73
Çizelge 4.23.	Termal direnç iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	75
Çizelge 4.24.	Termal direnç testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları....	75
Çizelge 4.25.	Termal direnç üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları.	76
Çizelge 4.26.	Faz değiştiren malzemenin konsantrasyon oranlarına göre kodlaması.....	78
Çizelge 4.27.	Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların sıvı nem yönetim özellikleri.....	78
Çizelge 4.28.	OMMC iki yönlü ANOVA test sonuçları.....	79
Çizelge 4.29.	OMMC testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları .....	79
Çizelge 4.30.	OMMC üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları .....	80



## 1. GİRİŞ

Giyim, insanların hayatında önemli bir yer almaktadır. Her gün farklı türde giysiler giyilir. Giysiler kullanım alanlarına göre, günlük giyim, spor giyim, iş giysileri başta olmak üzere sınıflandırılabilir. Genel olarak, insanlar psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamak için giysiler giyerler (Gilligan, 2010). Fizyolojik ihtiyaçlar çok çeşitli beklentileri (örneğin, daha az kaşınma, mükemmel uyum, termal konfor) kapsamına rağmen, öncelikle giysilerin farklı ortam koşullarında kullanıcılara uygun termal konfor sağlaması gerekir (Fourt ve Hollies 1970). Kullanıcıların giydikleri giysilerden beklediği termal konforu anlamak için, ilk olarak insan fizyolojisinin temellerini de bilmek önemlidir (Poehlman, 1992). Fizyolojik temelinin bilinmesinin yanı sıra, iklim koşullarına psikolojik uyum, iklime bağlı olarak popülasyon farklılıklarına ve öznel ihtiyaçlarına bağlı olarak her bireyin termal algısı ve konfordan beklentisi farklıdır. Giysilerin termal konfor performansının lifleri, iplikleri, kumaşları ve yapım yöntemleri ile yakından ilişkili olması beklenebilir.

Faz değişim malzemeler (FDM 'ler), neredeyse sabit bir sıcaklıkta eriyen, katılaştan ve faz değişimine uğradığında büyük miktarlarda enerji depolayabilen ve salabilen maddelerdir ( Jamekhorshid ve ark., 2014). Son yıllarda, sıcaklık düzenleyici tekstiller ve akıllı giysi ürünleri yapmak için bir dizi teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerden biride Faz değiştiren mikrokapsüllerdir. Mikrokapsülasyon olarak bilinen parçacıklar, mikrometre ile milimetre boyutlarında kapsüller üretmek için sürekli bir film ile tek tek parçacıkları veya damlacıkları kaplama işlemidir (Tyagi ve ark., 2011). Mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemeleri, bir toz formunda veya taşıyıcı akışkanın ısı transfer verimini önemli ölçüde arttırmak için örneğin su gibi bir taşıyıcı akışkan içinde çözelti oluşturulabilir (Chen, 2011). FDM mikrokapsülleri genellikle enerji depolama kapasiteleri, erime sıcaklıkları, kimyasal kararlılıkları, termal kararlılıkları, termal iletkenlikleri, mekanik mukavemetleri ve ısı dayanıklılıkları ile değerlendirilir (Su ve ark., 2015).

Bu tez çalışmasında, kadın giyiminde en fazla tercih edilen giysi türlerinden olan tayt giysisinin serin ve/veya soğuk ortam koşullarında termal konforunun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için günlük aktivite koşullarında giyilen tayt giysilerinde

kullanılan farklı iplik ve örme yapılarından oluşan örme kumaşların yapıları göz önüne alınarak, bu kumaş yapılarına faz değiştiren malzemelerin uygulanması ile bireyin ortam koşullarındaki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak daha konforlu hissetmesi hedeflenmiştir. Tez alışması kapsamında faz değiştiren malzeme uygulanmış örme kumaşların fiziksel ve konfor özellikleri incelenmiştir.



## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

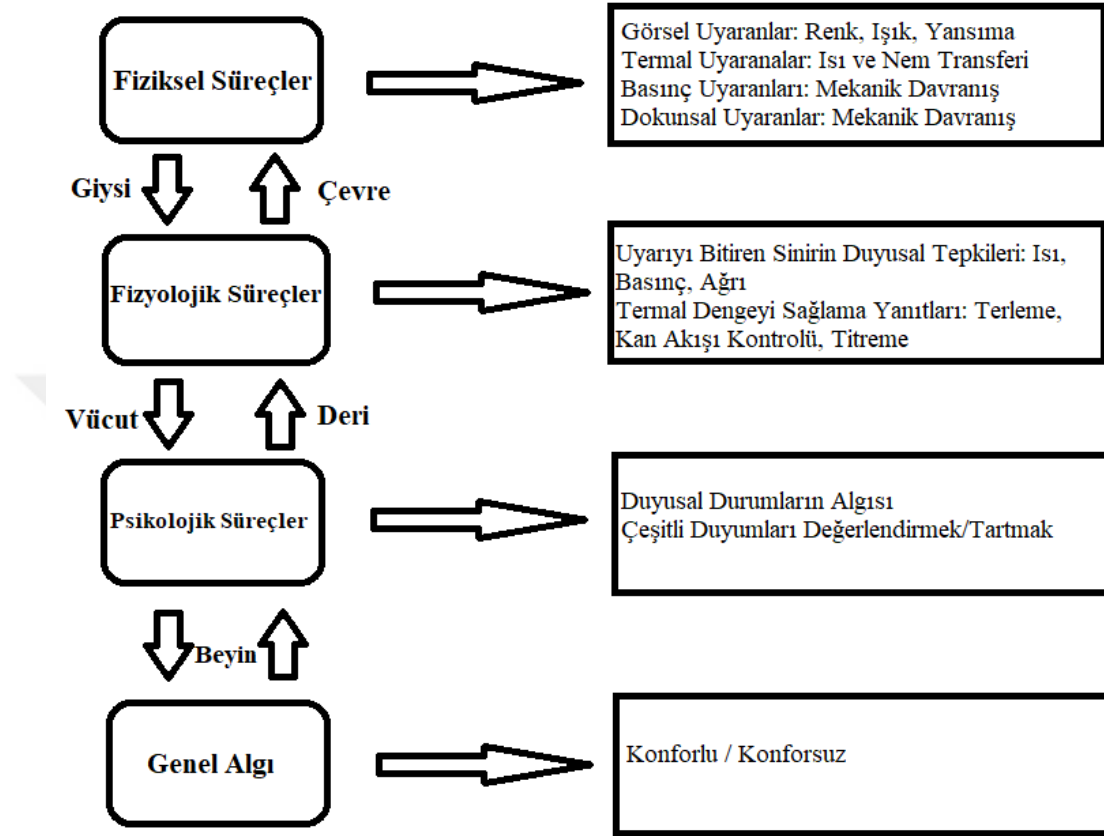
### 2.1. Giysi Konforun Tanımı ve Önemi

Giysiler, insan vücudu ile çevre arasındaki dengenin kurulmasında önemli bir rol oynar, aynı zamanda örtünme, süslenme, korunma, statü, ısı kaybı ile ilgili sorunları çözme gibi çeşitli işlevleri yerine getirir. Kumaşın giysi olabilmesi için giysi işlevi ve insan hissi açısından gerekli rahatlığa sahip olması gerekir. Bununla birlikte, giysinin temel işlevi, bir veya daha fazla kumaş katından kullanıcıları rahatsız edici fiziksel ortamdan korumaktır. Bu koruma, vücudun faaliyetlerine devam etmesi ve vücuda vurma, çarpma etkisi oluşacak yaralanmalardan ve rüzgar, soğuk, sıcak ve yağmur gibi havanın etkilerine karşı koyma gibi işlevleri yerine getirmesi için gerekli termal ortamı sağlamaktır. Bu işlevler, kullanıcı konforunun tanımlanmasında da önemlidir (Güneşoğlu, 2005).

Konfor, tanımlanması zor olan karmaşık bir konudur. Fourt ve Hollies, konforun termal ve termal olmayan bileşenleri içerdiğine dikkat çekti. Bilim adamlarının konfor konusundaki araştırmalarının odak noktası: fizyoloji, fizyoloji, nörofizyoloji ve psikolojik konfordur. Pek çok araştırmacı konforu farklı şekillerde tanımlar (Slater, 1986). Slater (1985) tarafından 'vücut ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun sonucu ortaya çıkan memnuniyet duygusu' olarak tanımlanmıştır (Li, 2001). Hatch (1993), konforu acı ve konforsuzluk hissinden bağımsız doğal bir durum olarak tanımlamıştır. Birçok araştırmacının ortak fikri, konforun nötr bir his olduğudur (Güney, 2019).

Konfor unsurunun oluşumu, kişinin bulunduğu ortam ile belirli bileşenler dâhilinde giysili iken uyumunu algılayabilmesi durumudur. Bu bileşenlerin başında ısı transferi, kalınlık, nem transferi ve emilimi, ağırlık, kalınlık ve egzersiz kolaylığı gibi unsurları barındıran fiziksel bileşenler gelmektedir. Görsel ve estetik özellikler fiziksel bileşenlerin devamında gelmektedir. Beden, moda, desen ve renk unsurları estetik özelliklerin başında gelmektedir. Bir giysinin rahatlığını anlamak için başta gelen faktör, ısı ve nemin hareketi ile oluşan insan vücudunun çevre ile bağlantılılığını sağlayan termal dengenin algılanması ve sağlanmasıdır (Fourt ve Hollies 1970; Gilligan, 2010).

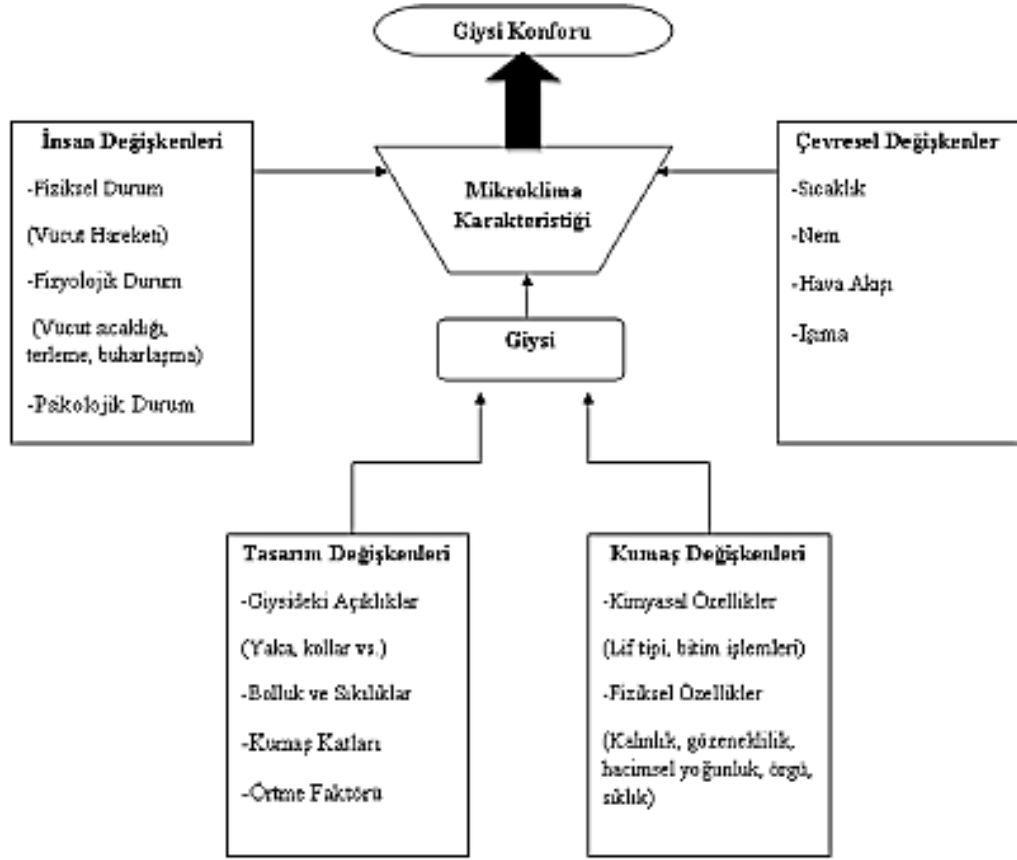
Konforu etkileyen değişkenleri, Portelli (1977) parça bütün teoremi kapsamında üç gruba ayırmıştır. Fiziksel, fizyolojik ve psikolojik süreçlerden oluşan bu değişkenler (Şekil 2.1) kişinin sübjektif konfor algısını oluşturmaktadır.



**Şekil 2.1.** Sübjektif konfor algısı (Pontrelli, 1977)

Marmaralı ve Ark. (2006), giysilerin ısı konfor üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar dâhilinde mikroklima terimi üzerine yoğunlaşmışlardır. Araştırmalar sonucunda mikroklima, giysi ile insan teni arasındaki hava tabakası olarak adlandırılan ve ısı konforu etkileyen önemli parametre olduğuna işaret etmişlerdir. Çalışma sonucunda çevre koşulları ve bireyin değiştirilemeyen fiziksel, psikolojik ve fizyolojik unsurlara müdahale edilemeyeceği için, giysi özellikleri değiştirilip geliştirilerek yüksek konfor özellikleri sağlanabilmektedir (Özkan, 2018).

Giysi ve vücut arasındaki mikroklimaya etki eden faktörler genel formda Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.2.** Giysi ve vücut arasındaki mikro klimaya etki eden faktörler (Yoo ve Hu, 2000)

Psikolojik ve fizyolojik açıdan konforu aşağıdaki bileşenlere ayrılabiliriz:

- Termofizyolojik konfor, kumaşlar üzerinde meydana gelen ısı transfer mekanizmasını ele alan, ıslaklık ve sıcaklık açısından konforun oluşmasıdır.
- Dokunsal konfor, insan cildi ile tekstil materyalinin, teması sonucu oluşan nörolojik algıları kapsamaktadır.
- Vücut hareket konforu, kıyafetin insan vücudunun hareketlerine uyum sağlayarak vücut rahatlığını maksimuma çıkarmayı amaçladığı konfor türüdür.
- Estetik konfor, bireyin giydiği giysinin duyu organları ile algılanarak, psikolojisini etkileyen kısmıdır (Kaplan, 2009).

Voyce ve ark. (2005), birçok ülkeden sporcuların katıldığı araştırmada sporcuların görüşleri toplanmış ve beklenen özellikler çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Sporculardan elde edilen verilere göre spor aktiviteleri sırasında kullanılan giysilerden beklenen en

önemli özellik konfor olurken diğer önemli özellik hareket rahatlığı olarak belirtilmiştir (Güney 2019).

**Çizelge 2.1.** Spor ve fitness aktivitelerinde kullanılan giysilerden beklenen en önemli özellikler (Voyce, 2005)

Sıra	Giysi Özellikleri
1	Konfor
2	Hareket Özgürlüğü
3	Nefes Alabilirlik
4	Makinada Yıkanabilirlik
5	Dayanıklılığı
6	Vücuda Oturuşu
7	Hafifliği

## 2.2. Konforun Sınıflandırılması

Konfor, insan ve çevre arasında oluşan fizyolojik, fiziksel ve psikolojik uyumun bir sonucudur. Buna göre konfor;

- Psikolojik
- Fiziksel
- Termofizyolojik
- Bedensel hareket konforu

Olmak üzere dört ana grupta incelenmektedir.

### 2.2.1. Psikolojik Konfor

Psikolojik(dokunsal) konfor kavramı, giysinin insan vücudu ile teması sonucunda algılanan ilk etkidir. Duyu(görme, işitme, koklama, tat alma ve dokunma) organları ile algılanan çevresel etkilerin geçmişteki tecrübe ve bireyin istekleriyle karşılaştırılarak algıya dönüştürülmesini inceler. Dokunsal konfor sosyal yaşantı içerisinde dönüştürülen bu algının farklı şekillerde ifade edilmesini kapsar. Psikolojik konfor, kişinin giysi ve kumaştan beklentisinin ne kadar karşılandığının bir ölçütüdür.

İnsanın dış ortamdan gelen etki ve uyarıları algılayan duyu reseptörleri vardır. Reseptörler bu uyarıları insan derisi sayesinde algılar. Dış ortamdan gelen uyarılar sinir sistemi sayesinde belirli kodlara çevrilir (Song, 2011).

### 2.2.2. Fiziksel Konfor

Fiziksel konfor, insan vücudunun tekstil materyalinin yüzeyi ile ilk etkileşim halinde algılanan hislerin bir bütünüdür. Etkileşim sonucu algılanan materyalin bazı özellikleri, batma, kaşınma vb. materyalin olumsuz özelliklerini yansıtır. Hissedilen konforsuzluğu belirleyen materyalden kaynaklı bazı özellikler vardır. Bunların başında kumaş yapısı, kumaş ağırlığı, rijitlik gibi özellikler gelmektedir.

Bir tekstil ürünün hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, fiziksel olarak konfordan söz edilebilir (Li 2001).

**Çizelge 2.2.** Fiziksel olarak konforlu olmama (fiziksel konforsuzluk) duyuların rahatsız olması



Alerji Batma Kaşındırma Sert Tahriş Etme Statik Elektriklenme Yapışma Sıkı Olma Konforu algılamamızı sağlayan bazı özellikler giysi tipiyle değişmemektedir. Dokunma ve nemlilik hissi nispeten sabittir. Bu durumun bazen etki etmediğini de görürüz. Örneğin yazlık kıyafetlerde batma kaşındırma gibi hisselere bakarken spor giysilerde soğuk sıcak etkilerine bakarız (Özkan, 2018).

#### 2.2.2.1. Kumaş Tutum Özellikleri

Kumaş tutum özellikleri fiziksel konforu etkilen en önemli özelliktir. Bireyin algıladığı cilt yardımıyla algıladığı hisler araştırmalar sonucunda üç farklı konu olarak açığa çıkmıştır. Cilt dokusunda bulunan bu reseptörlerle algılanan bu hisler ısı, acı ve dokunsal histir.

Kumaş tutum özellikleri belirlenirken kullanılan terimler ASTM D123 standardı ile belirlenmiştir;

- Sıkıştırabilirlik
- Elastikiyet

- Uzama
- Yoğunluk
- Yüzey sürtünmesi
- Isıl özellikler

**Kumaş Batması:** Tekstil yüzeyinin üzerine çıkan liflerin birey üzerinde olumsuz etkisi olduğu yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür. Batma hissi olarak adlandırdığımız bu his her birey tarafından farklı algılanmaktadır. Batma hissi üzerine yapılan çalışma sonucunda sebep olarak yüzey üzerindeki lif uçlarının torbalanma etkisinin sebep olduğu anlaşılmıştır.

Batma hissini oluşumuna sebebiyet veren kritik torbalanma kuvveti:

$$P = \pi^2 (EI / 4l^4 ) \quad (2.1)$$

E:Lifin young modülü

I: Lifin eylemsizlik momenti

l: Kumaş yüzeyinden çıkan lif ucu uzunluğu (Matsudaria ve ark., 1995).

**Kumaş Kaşınması:** Bireyin giysi kaynaklı kaşınma hissi dokunsal konforu etkileyen önemli parametrelerdendir. Gerçekleştirilen araştırmalarda kumaş yüzey yapısı, kumaş kalınlığı ve lif çapı gibi özellikler kaşınma hissini etkilediği görülmüştür (Li, 1998).

**Kumaş Pürüzsüzlüğü:** Yapılan çalışmalar sonucunda tekstil materyalindeki düzgünsüzlük ve pürüzlü yapı hissi yüzey üzerinde oluşan sürtünme katsayısı ile ilişkilendirilmiştir. Kumaş yapısındaki bu özellikler ölçülme imkanı olan fiziksel özelliklerle ilgilidir (Liao ve ark., 2011). Yüzey pürüzlülüğü, etkili bir ısı yalıtımı için dikkate alınması gereken önemli bir özelliktir. Yüzey pürüzlülüğü düşükse daha az ısı yalıtımı sağlayacaktır (Ding ve ark., 2011).

**Kumaş Katılığı:** Fiziksel konfor hakkında bilgi edinebilmek için materyale ait bazı özelliklerin belirlenmesi önemlidir. Bu özelliklerin başında lif çapı, lif kopma mukavemeti gibi lif yapısı ile ilgili bilgiler edinilmelidir.

**Kumaş Yumuşaklığı:** Kullanıcının kıyafetler hakkındaki yumuşaklık hissi olarak tanımlanmaktadır. Kumaşlarda yumuşaklık hissi istiyorsak ince ve uzun lif kullanımına dikkat etmeliyiz. Li (2001), yaptığı araştırma sonucunda sürtünme ile cilt arasında

oluşan etkileşimin konforsuzluk hissine sebep olduğunu belirtmiştir. Cilt üzerinde oluşan nem bu sürtünme katsayısını arttırmaktadır. Bu sebeple serin havada giyilen giysilerin konfor hissi yüksek olduğunu fakat sıcaklık artışı ile konforsuzluk hissini açığa çıktığını belirtmiştir. Kalın lifler genellikle ince liflerden daha az ısı yalıtımı sağlar (Wu ve ark., 2008). Kısa lifler uzun liflere göre daha az ısı yalıtımına sahiptir (Marom ve Weinberg, 1975).

### **2.2.3. Vücut Hareket Konforu**

Kişi giydiği kıyafet içerisinde rahat hareket ediyor ve kendini rahat hissediyorsa vücut hareket konforu sağlanmıştır. İnsan vücudunun hareket etmesi esnasında kıyafetlerde belli değişimler meydana gelir.

Vücut esnemesi ve giyilen giysi kumaşı arasındaki bağlantı şu şekildedir;

$$\text{Vücut esnemesi} = \text{Giysi uyumu} + \text{Giysi serbestliği} + \text{Kumaş esnemesi} \quad (2.2)$$

Kullanıcıların giysilerden beklentisi beden uyumu ve serbestliğidir. Spor giysilerde örme kumaşlar tercih edilir. Bunun sebebi örme kumaşlardaki elastikiyetinin vücut hareket konforunu sağlanmasında önemli rol oynamasıdır (Li, 2001).

### **2.2.4. Termofizyolojik / Termal Konfor**

Termal konfor, ISO 7730 1994'e göre çevrenin termal şartları ile kişinin termal konforunun uyumunun bir bütünüdür. Bir başka tanıma göre insan vücudunun hayatını devam ettirebilme yeteneğidir. Bu kavram giysiyi bir bütün haline getiren kumaşın ısı ve nem geçirgenlik özelliklerinin termal dengesinin korunmasındaki önemini ifade eder (Fanger, 1986). ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) standartlarına göre ise termal konfor, termal çevre koşullarına sağlanan uyum ile tarif edilir (Li, 2001).

### **2.3. Termofizyolojik Konfor**

Giysilerin termal konfor performansının öncelikle giysiyi imal etmek için kullanılan kumaşlara bağlı olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, kumaş numunelerinin ısıl konfor performansı, insan derisi ile temas halinde olan kumaşların ısıl davranışını uyarmak için

tasarlanmıştır. Giysilerin lif yapısı, iplik yapısı, kumaş yapısı (örme, dokuma vd.) gibi birçok özellikleri termal konforu etkileyen parametreler arasındadır ( Mandal ve ark., 2013).

### 2.3.1. Termofizyolojik Konfora Etki Eden Parametreler

İnsan giydiği kıyafet ile sürekli çevre koşulları ile bir bütün halindedir. Bu bütünün oluşumunda ortaya çıkan fiziksel süreçler, vücuttaki fizyolojik süreçler, nörofizyoloji ve psikolojik süreçler konfor unsurunu etkilemektedir (Li ve Wong, 2006).

Bir insanın ısı konforunu belirleyen faktörler;

- Fizyolojik özellikler
- Fiziksel aktivite
- Çevresel değişkenler
- Giysiden kaynaklanan değişkenler

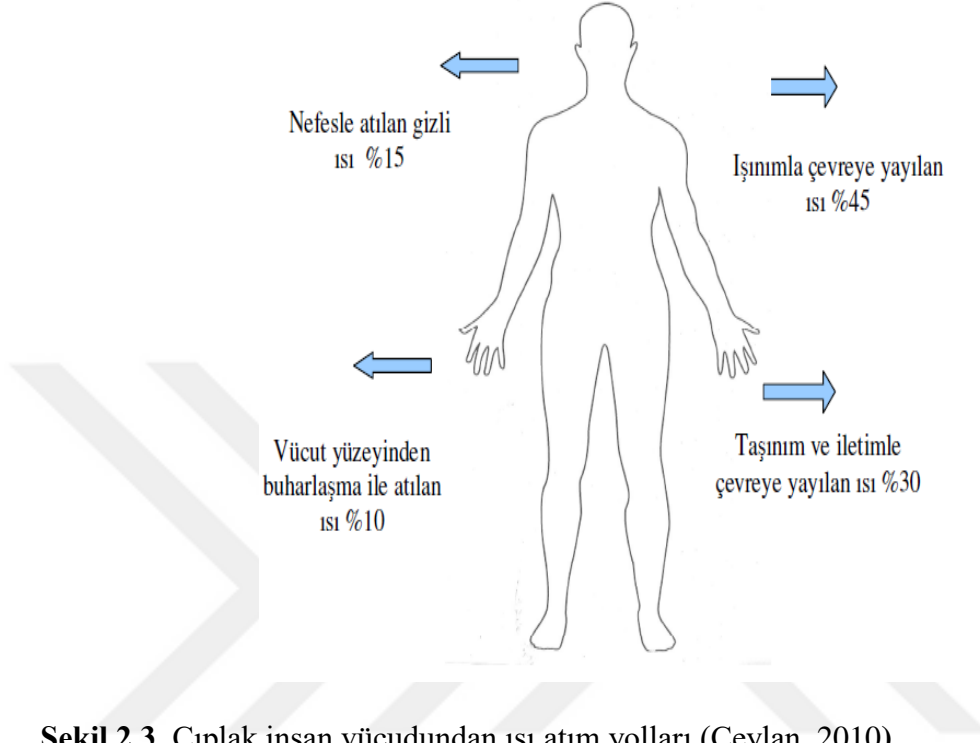
#### 2.3.1.1. Fizyolojik Özellikler

Araştırmalar sonucunda, sağlıklı bir bireyinden beklenen vücut sıcaklığı 36,5-37 °C arasındadır. Bununla birlikte değişiklikler nadir de olsa 0,5 °C'yi geçmektedir. Yetişkin bir bireyin hareketsiz hal durumunda deri sıcaklığı 31 °C'den 25 °C'ye farklılıklar göstermektedir (Ashrae, 1992).

**Çizelge 2.3.** İnsan hakkında ortalama biyofizik veriler (Güney, 2019)

Özellik	Değeri
Ağırlığı	60...70 kg
Hacmi	60 dm <sup>3</sup>
Yüzey alanı	1,7-1,9 m <sup>2</sup>
Vücut sıcaklığı	36,5 – 37 °C
Ortalama cilt sıcaklığı	32....33 °C
Sürekli gücü	85 W
Nabız atışı	70....80 dk. <sup>-1</sup>
Isı üretimi	70....80 W
Nefes sayısı	16 dk. <sup>-1</sup>
Nefes hava miktarı	0,5 m <sup>3</sup> sa. <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub> verisi	10 ....23 Lsa. <sup>-1</sup>

İnsan, vücudunda yayılan fazla ısıyı engellemek ve çevresel değişkenlerden zarar görmemek için giysi giyer (Güney, 2019).



Şekil 2.3. Çıplak insan vücudundan ısı atım yolları (Ceylan, 2010)

Hareket düzeyi arttıkça insan vücudunda oluşan fazla ısı miktarını uzaklaştırmak amacıyla; ısıma, buharlaşma, taşınım ve nefes ile ısı atılır (Sprenger, 1983).

Çizelge 2.4. Vücut içi sıcaklık değişim sonuçlarının etkileri (Güney, 2019)

42 °C (315 °K)	Ölüm.
41 °C (314 °K)	Terleme durur, koma hali ve beyinde hasar başlar.
40 °C (313 °K)	Havale hyperthermia. Tende çatlamlar oluşur, aşırı terleme (4 lsa. <sup>-1</sup> ) gözlenir.
37 °C (310 °K)	Normal sağlıklı vücut sıcaklığı.
35 °C (308 °K)	Hypothermia (vücut iç sıcaklığında aşırı düşüş). Titreme (kasılmalarda artış) saçlarda dikleşme gözlenir.
25 °C (298 °K)	Ölüm.

### 2.3.1.2. Fiziksel Aktivite

Termal konforu etkileyen en önemli unsurlardan biri fiziksel hareketliliğidir. İnsanın yaşamsal görevlerini sürdürebilmesi ve beden sıcaklığını optimum düzeyde tutabilmesi için enerjiye gereksinim duyar (Güney, 2019).

Kıyafetlerin termofizyolojik konfor düzeylerinin üst seviyede olması için;

- Kıyafeti giyen kişinin mikroklima etkisi altında ve kişinin gün içerisinde gerçekleştirdiği hareketleri ile beden uyumu sağlamalıdır.
- Günlük aktiviteler sonucunda oluşan terin dışarıya iletimi sağlanmalıdır.

İnsanların günlük aktivitelerinin azaldığı zamanlarda sıcaklığında etkisiyle, vücut ısısını 37°C'de tutmak için cilt üzerindeki gözeneklerden nem buharlaştırılarak dışarı atılacaktır. Terleme olarak adlandırdığımız bu olay istenilen bir durum değildir. Kumaşlardan beklentimiz iyi nem absorblayabilmesi ve hava geçirgenliğine sahip olmasıdır. Kısaca giydiğimiz giysiden nem geçirgenliğinin iyi olmasını bununla birlikte vücutta oluşan terin hızlı emerek uzaklaştırmasını bekleriz (Gürcüm, 2007; Song ve Mandal 2016).

İnsan bedeni ile çevre arasındaki ısı akışları Met ve Clo cinsinden ifade edilmektedir. 1 Met bireyin oturur pozisyondaki ve termal konforu stabil haldeki bir bireyin metabolizmasını ifade etmektedir. 1 met, 50 kcal/m<sup>2</sup>saat değerindedir. Clo birimi ise giysi yalıtımı ile bağlantılı olup 1 clo birimi standart koşulların sağlandığı bir odada 21 °C sıcaklığında ve %50' de az bağıl nemde oturur-uzanır durumdaki bireyin konfor hissi gösteren giysi yalıtımını ifade eder. Tog ise termal direncin birimidir ve 1 W/m<sup>2</sup> ısı akışında 0,1 °C sıcaklık gradyanı sonucuna ulaşmak için gerekli ısı direncini tanımlar (Güney, 2010). Metabolik aktivite etki eden en önemli etkenler ise; yaş, fiziksel aktivite, vücut ağırlığı, hormon, yiyecektir.

**Çizelge 2.5.** ISO 7730'a göre metabolik oran sınıfları

ISO 7730' A GÖRE METABOLİK ORAN SINIFLARI			
Sınıf No	Metabolik Oran		Aktivite
	w/m2	MET	
1	46	0,8	Uzanarak dinlenme
2	58	1	Oturarak dinlenme
3	70	1,2	Oturarak yapılan aktiviteler (Ofis işleri, okul, laboratuvar)
4	93	1,6	Ayakta yapılan hafif aktiviteler ( laboratuvar, hafif sanayi)
5	116	2	Ayakta yapılan orta aktiviteler (laboratuvar, makine işleri)
6	110	1,9	Yürüme (2 km/saat)
7	140	2,4	Yürüme (3 km/saat)
8	165	2,8	Yürüme (4 km/saat)
9	200	3,4	Yürüme (5 km/saat)

### 2.3.1.3. Çevresel Değişkenler

Giysi ve kullanıcının vücudu arasında bir mikro iklim bölgesi oluştuğunda, bu bölge giyen kişiden çevre ortamına termal enerjinin transferine doğrudan katkıda bulunur. Çevre bireyi etkileyen dış faktörlerin tümüdür. İnsanın konfor parametrelerine etki eden çevresel unsurlara termofizyolojik yönden baktığımızda, iklim, gürültü, toz, makine titreşimleri, havalandırma, gün ışığı gibi değişkenler örnek gösterilebilir (Gürcüm, 2007; Ding ve ark., 2011).

İnsanların etkileşim içinde olduğu termal çevre; genel çevre ve iç ortam diye tanımladığımız yakın çevresidir. Bireyin çevresindeki değerlerdeki değişkenler metabolizma ve kumaşın davranışında önemli rol oynar. Isı ve su buharı transferi çevresel faktörlerden etkilenerek değişir (Aulicienns ve Szokolay, 1997).

### 2.3.1.4. Giysiden Kaynaklanan Değişkenler

Giysiler insanların ortam ile arasındaki en önemli katmandır ve vücut üzerinde ısı geçişine karşı belirli bir direnç oluşturduğundan, dolayısıyla bireyin termofizyolojik konfor algısını belirli ölçüde etkilemektedir. Giysinin katmanları, kumaşı oluşturan

katmanlarının gözenekli yapısı, kesikli kumaş yapısı, giysi dikim teknikleri ve bağlantı elemanları (cepler, manşet, yaka vb.) birlikte insan cildinin hangi noktada materyal ile temas ettiği termal konforu etkilemektedir. Giyilen giysi sebebiyle oluşan termal değişkenler makro ve mikro değişkenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mikro değişkenler, lifler ve filamentler gibi tek boyutlu ve kumaş formu olan iki boyutlu halleridir. Makro değişkenler ise üç boyutlu hal olan giysiler ve giyilme özellikleri ile ilgilidir (Song ve Mandal, 2016).

#### **2.4. Termofizyolojik Konfor ile İlgili Ölçülebilir Parametreler**

Termofizyolojik konfor bakımından, insan bedeni ile mikro klima arasında oluşan ısı akışı önemli bir durumdur. Bunun yanında insan bedeninde meydana gelen sıvı ve buhar biçimindeki terin bedenden dışarı atılması ise diğer önemli unsurdur (Song, 2011). Yapılan çalışmalar ışığında termal konforu etkileyen parametreler şunlardır: termal direnç, ısı absorpsiyonu, su buharı geçirgenliği, su absorpsiyonu ve transferi ve hava geçirgenliği. Ayrıca kumaşın performansından bağımsız olarak, giysinin tasarımı, uyumu ve katman sayısı, insan vücudu ile çevre arasındaki ısı transferinde önemli bir yer almaktadır (Matusiak ve Sybilska, 2017).

##### **2.4.1. Termal İletkenlik**

Termal iletkenlik, bir malzemenin birim yüzey alanı boyunca birim kalınlık ve birim sıcaklık farkı başına düşen ısı miktarının bir ölçütüdür. Termofiziksel bir özellik olan termal iletkenlik kavramı malzemenin ısıl iletkenliği, kimyasal bileşimine, fiziksel yapısına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca farklı koşullar altında ısı akışının etki yönüne bağlı değişebilmektedir (Haghi, 2011).

##### **2.4.2. Termal Direnç**

Kıyafetlerdeki termal konforu etkileyen termal parametrelerdendir. Kumaşların belirli bir ısı akışına gösterdiği direnç birimi termal dirençtir. Termal direnç, bir kumaşın yalıtım değerinin bir ölçüsü olup, termal iletkenlik değerinin zıt karşılığıdır. Kumaşın her iki tarafındaki sıcaklık farkının birim alandaki ısı akışına oranı olarak da tanımlanır (Güney, 2019).

### **2.4.3. Termal Yayılım**

Isıl yayılım, kumaşın ısı yayılım seviyesini belirlemekle birlikte kumaşın yayılma alanının ve ısı transfer katsayısının bir ölçüsü olarak bir kumaşın ısı yayma davranışını tanımlar. Isı yayılım değeri yüksek olursa, ısı kumaşa o kadar hızlı yayılır (Hes, 1999).

### **2.4.4. Termal Emicilik (Sıcak-Soğuk Hissi)**

Tekstil materyalinin sıcaklığının vücut sıcaklığının üstünde veya altında olması durumunda, vücut tekstil materyali ile ilk temas ettiğinde deri ile materyal arasında ısı akışı meydana gelmektedir. Kumaşın temas anındaki sıcaklığı vücut sıcaklığından düşükse, ısıl dengeye ulaşılan kadar insan bedeninden ısı akacak ve vücut ısısı düşecek ve "soğuk" hissi oluşacaktır. Öte yandan, kumaştan insan bedenine ısı aktığında, "sıcaklık" hissi, derideki ısı reseptörleri tarafından değerlendirilir (Li 2001).

### **2.4.5. Su Buharı Geçirgenliği**

Isıl dengenin sağlanmasında başta gelen mekanizma terlemedir. Terleme, vücut ısısının artmasının neden olduğu yüksek ısıyı ortadan kaldırmanın önemli bir yoludur. Vücut tarafından üretilen sıvı ve buhar terin uzaklaştırılması sürecinde belirli bir sıcaklık düşüşü gerçekleşmekle birlikte teri, algılanabilir ve algılanamayan ter olarak iki şekilde inceleriz. Kullanıcının metabolizmasının hızlı çalıştığı zamanlarda ter sıvı olur ve kullanıcıyı rahatsız eder. Metabolizmanın daha istikrarlı olduğu durumlarda ter iplik ve kumaş arasında oluşan hava boşluğundan atılır (Saville, 1999).

### **2.4.6. Sıvı Nem Transferi**

Bazı tekstil lifleri (örneğin pamuk, yün) doğaları gereği hidrofildir. Bu nedenle bir kumaş, kullanıcının vücudunda oluşan nemi (ter) emebilir ve yapısında biriktirebilir. Nemin ısı iletkenliği, havanın veya liflerin ısı iletkenliğinden çok daha iyidir. Nemin ısı iletkenliği sayesinde metabolik ısının kullanıcıların vücutlarından çevre ortamına hızlı bir şekilde iletilmesini sağlar. Bu özellik bazı ortam koşullarında kullanıcılar için daha iyi termal konfor ile sonucu verir (Barker ve ark., 2006).

#### **2.4.7. Hava geçirgenliği**

Nefes alabilir kumaşta, kumaşın lifleri, iplikleri ve yapıları içinde havanın tutulması veya iletilmesi önemli bir özelliktir. Hava geçirgenliği olarak tanımladığımız bu özellik, kumaşın lif, iplik, kumaş yapısı ve kumaş üzerine uygulanan terbiye işlemleri bu dönüşüm oranını etkiler (Güneşoğlu 2005). Kumaş gözenekliliği hava geçirgenliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Fan ve ark., 2000). Gözenekli bir yapıya sahip bir kumaş, daha düşük veya gözeneksiz yapıya sahip olan bir kumaşa göre daha iyi havayı geçirgenliğine sahiptir. Kışlık giysilerde ise daha az hava geçirgenliğine sahip kumaşlar tercih edilir sebebi ise; kumaşın içinde hapsolan havanın kumaşın ısı yalıtımını arttırmasıdır.

#### **2.5. Kumaş ve Giysilerdeki Isı Transfer Mekanizmaları**

Isı, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye geçme eğiliminde olan bir enerji çeşididir. Bu geçiş, dört mekanizmadan birisiyle gerçekleşir.

1. İletim (kondüksiyon): Katı maddelerde görülen en yaygın mekanizmadır. Isıyı katı cisimlerden ileterek, hızlı hareket eden veya titreşen sıcak atom ve moleküller sayesinde, temas halindeki komşu atomlara ve moleküllere enerji aktarımıdır.
2. Taşınım (konveksiyon): Sıvılarda ve gazlarda sıklıkla kullanılmakta olan bir mekanizmadır. Gaz veya sıvı maddelerde moleküllerin makroskobik hareketinden kaynaklanmakla birlikte eğer ısı akışı doğal yollarla gerçekleşirse doğal konveksiyon adı verilir. Isı akışı fanlı cihaz vb. dış yollardan geliyorsa zorlanmış konveksiyon denir.
3. Işınım (radyasyon): Madde içinde bulunan atom ve moleküllerin etkileşiminin bir bütünüdür. Yüklü parçacıklara sahip atomların ve moleküllerin etkileşimi elektromanyetik emisyonla neden olur ve bu emisyon maddenin yüzeyinden enerji taşıyarak yüzey sıcaklığı arttıkça elektromanyetik emisyon miktarı arttırır. Radyasyon, vakumda görünen tek ısı transfer mekanizmasıdır.

4. Buharlaşma: Maddenin buhar halindeki durumundaki sıvı, soğuk bir yzeye ile etkileşime geçtiğinde yoğuşarak ortama ısı verir. Bu ısı transferine buharlaşma adı verilir ve en nadir gzylen mekanizmadır (zykan, 2018).

### 2.5.1. İletimle Isı Transferi

Isı iletiminin genel denklemi, Fourier'in ısı iletimi yasası ile ifade edilir. Homojen katılarda, ısı transferi yalnızca kondüksiyonla gerçekteşmektedir. Fourier yasası tarafından kabul gzyen bu tekniğin belirli bir yzende ısı akışının sıcaklık farkının paralel olmasıdır (zykan, 2018).

Kumaş kalınlığı D olduğu kabul edilerek, T1 ve T2 sıcaklıklarında (T2>T1) iki yzeye arasına yerleştirildiğini dzyşynrsek, Fourier yasasına gzye, T1'den x kadar uzaklaştığımızda ısı akısı q(x);

$$q(x) = -\lambda \cdot \frac{\partial T(x)}{\partial x} \quad (2.3)$$

ile verilir. Burada  $\lambda$ , ısı iletim katsayısıdır.

Bir kumaşın termal direnci R [ $m^2 K/W$ ], kalınlık (h) ve termal iletkenlik ( $\lambda$ ) değerleri arasındaki ilişkiyle aşıklanır.

$$R = h / \lambda \quad (2.4)$$

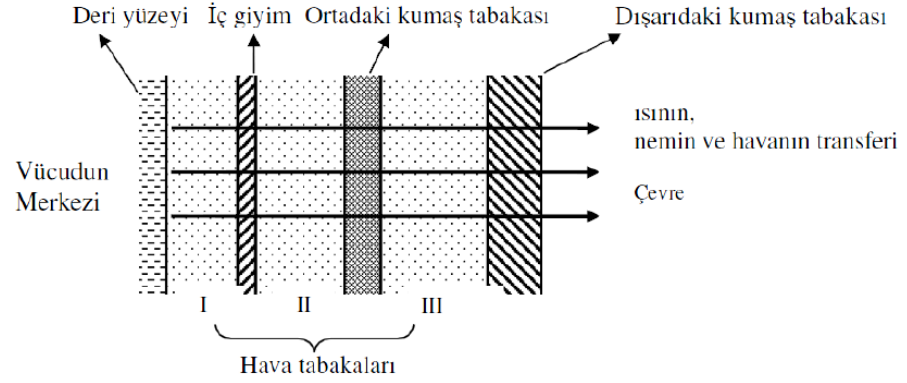
Burada,

h: m ile ifade edilmektedir.

$$\lambda: W/m.K \quad (2.5)$$

Giysin sahip olabileceği toplam termal direnci olan Rcl değerinin, bireysel tabakaların da tzy alanını iğerdiği kabul edilirse:

$$Rcl = R1 + R2 + R3 + \dots \quad (2.6)$$



**Şekil 2.4.** Kumaş tabakaları boyunca ısı transferi (Hes 2004)

Bu bilgiler kapsamında, termal iletkenlik açısından farklılık gösterebilecek iki (lif ve hava) veya daha fazla (birden çok tip lif ve hava) materyali bir arada içerdiğinden homojen değildir (Özkan, 2018).

**Çizelge 2.6.** Farklı tekstil lifleri, hava ve suyun termal iletkenlik değerleri (Güneşoğlu, 2005)

Lif Tipi	Termal İletkenlik (W/mK)
Hava	0,026
Polipropilen	0,117
Poliüretan	0,126
Aramid	0,130
Polyester	0,141
Polivinilklorid	0,167
Yün	0,193
Poliakrilonitril	0,200
Poliamid6, 6.6	0,250
Vizkoz Rayon	0,289
Pamuk	0,461
Su	0,600

### 2.5.2. Taşınım İle İlişkili Isı Transferi

Taşınım akışkan hareketi sergileyen parçacıklar yardımıyla ısının geçişidir. Sıcaklık farklılıkları sayesinde hareketli sıvı parçacıkları ısı transferini gerçekleştirir. Konveksiyon yoluyla ısı transferinin büyük olması için akışkan parçacıkların hareketi hızlı olmalıdır (Haghi, 2011).

$T_w$  sıcaklığındaki bir yüzeye ona temas eden  $T_f$  ortalama sıcaklığına sahip bir akışkan arasındaki konveksiyonla meydana gelmekte olan birim yüzey alanından ısı transferi

( $q$ ) ile ifade edilir:

$$q = h (T_f - T_w) \quad (2.7)$$

Burada  $h$  konveksiyon ısı transfer katsayısını belirtmektedir. Newton'un soğuma kanunu olarak da bilmektedir (Güneşoğlu, 2005).

### 2.5.3. Işınlama Isı Transferi

Işınım, sonlu sıcaklık değerine sahip bir maddeciğin elektromanyetik dalgalar biçiminde yaydığı enerji türüdür. Taşınım ve iletimin yanı sıra, ışınım ile ısı transferi gerçekleşmesi için belirli bir ortam gerekli değildir aksine boşluk ortamında daha etkin bir ışınım gerçekleşir. Işınımı tüm maddeler farklı düzeylerde yayar, soğurur ve/veya geçirirler.

Burada  $T$  yüzey sıcaklığı,  $\Theta$  (derece) yüzeyin ışınımına maruz kalma açısı olarak adlandırılarak Stefan-Boltzman Kanunu ile açıklanır. Buna göre  $T_1$  sıcaklığında bir maddenin,  $T_2$  sıcaklığında bir ortamda olduğunu varsayarsak, madde birim alanından  $\sigma T_1^4$  oranında radyoaktif enerji yayarken  $\sigma T_2^4$  oranında da enerji emilimi gerçekleşecektir. Cismin kaybettiği net ışınım enerjisi:

$$q = \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.8)$$

eşitliği ile bulunur. Burada  $\sigma$  ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ), Stefan-Boltzman sabitidir (Özkan, 2018).

### 2.5.4. Buharlaşma ile Isı Transferi

Vücutta bulunan fazla ısı, vücut yüzeyinden dış ortama dört farklı yolla atılır; iletim, konveksiyon, radyasyon ve buharlaşma. Aktivite sırasında ve sıcaklığın yüksek olduğu havalarda biriken ısı dışarı atılmasında buharlaşma oldukça önemlidir (Havenith, 1999; Brotherhood, 2008).

Vücuttaki terin buharlaşması vücuttan fazla ısının atılmasını sağlayan bir metottur. Bu aşama kıyafetlerde büyük rol oynar. Kıyafetler terin deri yüzeyinden buharlaşmasını

etkilediği için vücut ısısında artışa sebep olur iken soğutma veriminde de azalmaya neden olur (Sullivan ve Mekjavik, 1992).

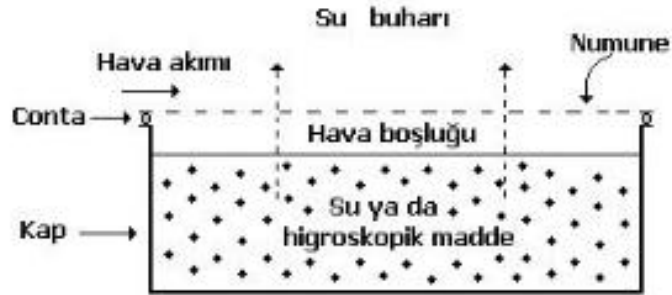
## 2.6. Termofizyolojik Konforu Ölçmekte Kullanılan Yöntemler

### 2.6.1. Su Buharı Geçirgenliği Test Yöntemleri

Giysilerdeki su buharı iletimi iki mekanizma ile gerçekleşir: buhar konsantrasyonundaki farklılığa bağlı hava basıncı ve difüzyondaki farklılığa bağlı konveksiyondur. Su buharı geçirgenliğini ölçmek için farklı cihazlar ve test yöntemleri geliştirilmiştir. Metotlar;

#### **Kap Metodu ASTM E96 Standart test metodu**

Belli bir miktar su içeren haznenin üst kısmı numune ile kaplanır ve açıkta kalan kısımlar vaks yardımıyla kapatılır. Standart laboratuvar koşullarında sistemin ağırlığı tartılarak sistemdeki ağırlık artışı ölçülür. Deneyden tekrar 10 tekrar gerçekleştirilir (ASTM E96, 2005).



Şekil 2.5. ASTM E96-80 metodunda kullanılan test aparatı

#### **Dikey kap metodu (Upright Cup Method)**

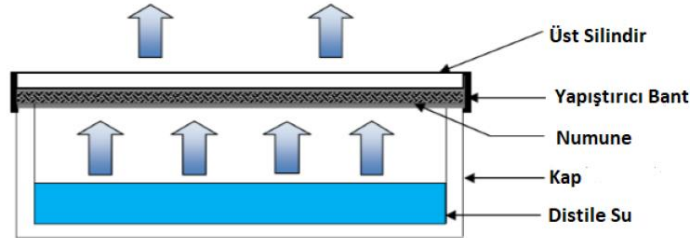
Numuneler, belirli bağıl nem, sıcaklık ve hız değerleri standardına oturtarak tüneldeki dikey kaplara yerleştirildi. Dikey kaplar su veya kalsiyum klorit maddesi ile doldurulur. Numuneler 30 saat süre ile test işlemi gerçekleştikten sonra kaptaki ağırlık periyodik olarak ölçülür. Test ASTM E96 B standart test metoduna göre yapılır.

### **Ters Çevrilmiş Kap Metodu (Inverted Cup Method)**

ASTM E 96BW Standart Test Metoduna göre yapılan testi, dikey kap metoduyla aynı düzeneğe benzeyen su geçirmez kumaşlara uygulanmakta olan yöntemdir. Numune örneğinin koyulduğu kap ters çevrilerek ölçüm yapılır. Ölçüm yapılırken buharlaşan sıvı miktarı da hesaplanabilir (Kaplan, 2009).

### **Buharlaştırma Kap Metodu (Evaporative Dish Method)**

Saf su içerisinde bulunan kap üstüne yerleştirilen numune örneğinin ve 20 °C sıcaklık %65 bağıl nem oranında, döner bir tabla üzerine yerleştirilerek toplam beş saat olmak üzere her saat başı tartım yapılır. BS 7209-90 standardına göre yapılan bu test sonucunda su buharı geçirgenlik indeksi değeri bulunur (Özkan, 2018).



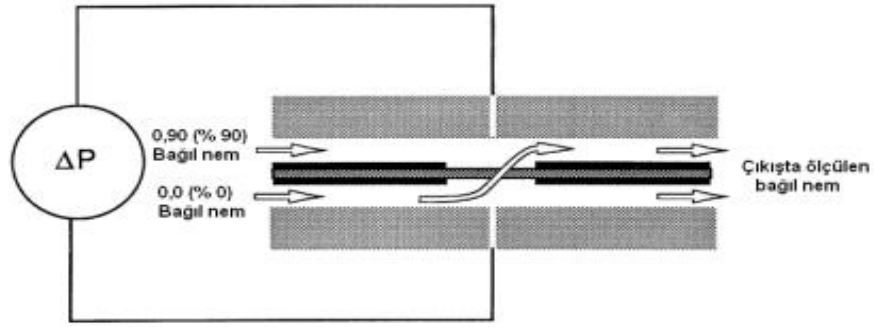
**Şekil 2.6.** Buharlaştırma kap metodu (Nahla ve ark., 2012)

### **Desikatörlü (Nem Çeken) Ters Çevrilmiş Kap Metotları (Desiccant Inverted Cup Test Method)**

Numune örneğini, içerisinde nem çekici özelliği bulunan madde dolu kap ile saf su ile dolu kap arasına yerleştirilir. Kapların ağzında sadece su buharı geçiren kumaşlar bulunmaktadır. ASTM 96 ve ISO 15496 standardına göre numune örneğinin su buharı geçirgenliği hesaplanır.

### **DMPC (Dinamik Rutubet Geçirme Hücresi) Difüzyon Testi (Dynamic Moisture Permeation Cell Test Method)**

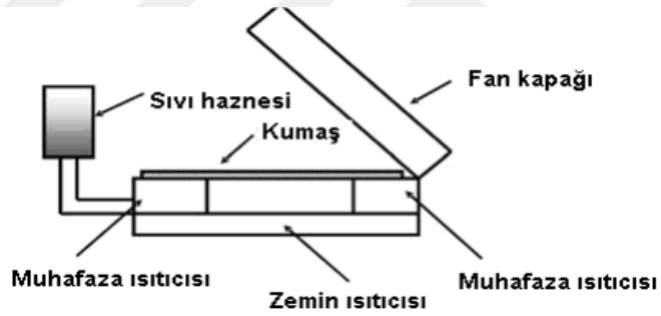
Gibson ve arkadaşları (1995) tarafından su buharı direncinin hesaplanmasına yönelik buldukları metottur. 2000 cm<sup>3</sup>/dk gaz akış oranı ile gerçekleşen ve ASTM F 2298 standardına göre uygulanır.



Şekil 2.7. DMPC’ de yapılan difüzyon esasına dayanan test (Gibson ve ark., 1995)

### 2.6.2. Terleyen Sıcak Plaka Test Yöntemleri (Sweating Guarded Hot Plate Tests)

Bu metotta yapılan sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri ASTM 1868 ve ISO 11092 standardına göre kumaşın termal ve su buharı direncini ölçmek için kullanılır.

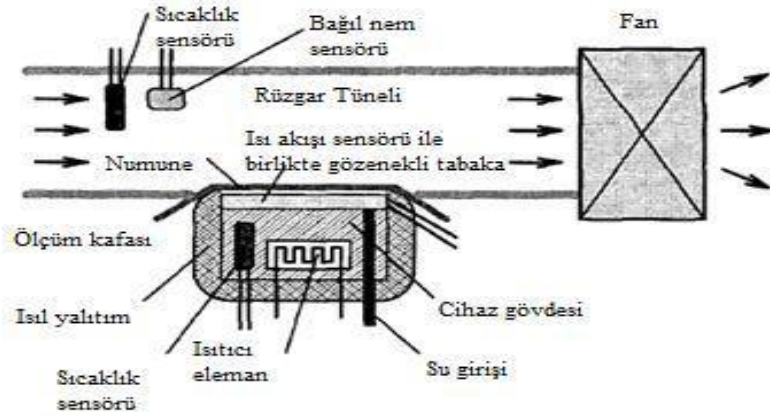


Şekil 2.8. Terleyen sıcak levha sistemi (Huang, 2006)

Çevresel koşulların sağlanabilmesi için cihaz kapalı bir ortama yerleştirilmelidir. 1m/sn hızla gelen hava ile birlikte numune örneğinin buharlaşma direnci sonucu elde edilir. Metotta, numunenin yatay kullanımından kaynaklı diğer metotlara göre yeterli bilgi vermemektedir (Kaplan, 2009).

### 2.6.3. Permetest Cihazı

Termal eylemsizliği özelliğinden insan derisine(skin) benzer özellik göstermektedir. Termal his bakımından kuru ve yaş insan derisine benzemektedir. Deney sonucunda numunenin % bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci sonuçları elde edilmektedir. Standart laboratuvar koşullarında numune yüzeyine paralel hava akışı ile test ölçümü gerçekleştirilir

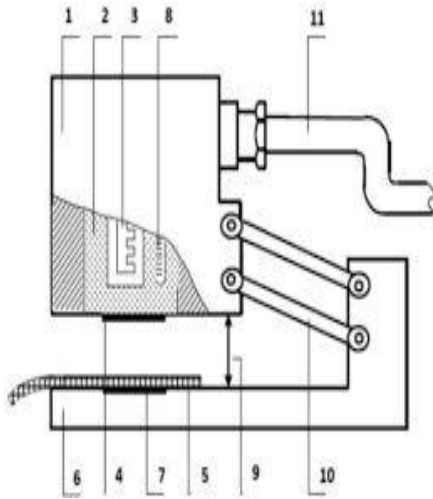


Şekil 2.9. Permetest cihazı çalışma prensibi (Hes, 2003)

#### 2.6.4. Alambeta Test Cihazı

Kararlı hal ısı yalıtım özelliklerini (esas olarak ısı direnç ve ısı iletkenlik) değerlendirmek için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir.

Cihaz ayrıca numune kalınlığını da ölçmektedir. İşlem alt ve üst plaka arasında yerleştirilen numune örneğinin yüzey sıcaklığını ölçme işlemi ile son bulur (Sensora, 1990).



1. Ölçüm kafası	6. Ölçüm kafasının alt kısmı
2. Metal blok	7. Sensör
3. Elektrikli ısıtıcı	8. Rezistans
4. Isı akışı sensörü	9. Ölçüm öncesi kafanın yükselmesi
5. Test kumaşı	10. Ölçüm kafasının indirme-kaldırma mesafesi

Şekil 2.10. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli (Sensora, 1990)

Alambeta cihazında ölçülen termal yalıtım parametreleri aşağıda sıralanmıştır:

- Termal iletkenlik katsayısı ( $\lambda$ )
- Termal difüzyon katsayısı ( $a$ )

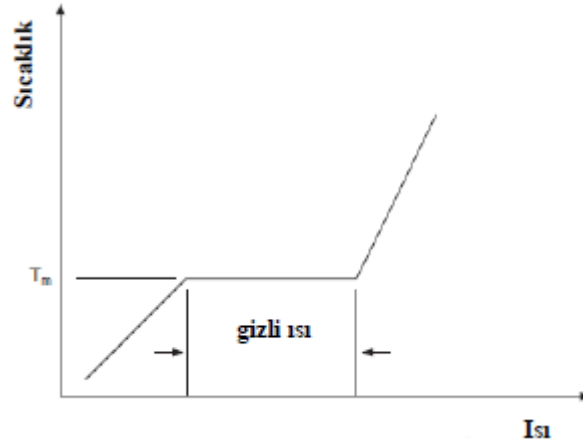
- c) Termal absorpsiyon katsayısı (b)
- d) Termal direnç katsayısı (r)
- e) Materyal kalınlığı (h)
- f) Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı (p)
- g) Kararlı ısı akış yoğunluğu (q)

### **2.6.5. Hava Geçirgenliği Testi**

Havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme durumuna hava geçirgenliği denir. Tekstil materyalinin hava geçirgenliği, kumaş yapısını oluşturan lif, iplik ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen özellikler arasındadır (Anonim, 2020a).

### **2.7. Faz Değiştiren Malzeme (FDM) Teknolojisi**

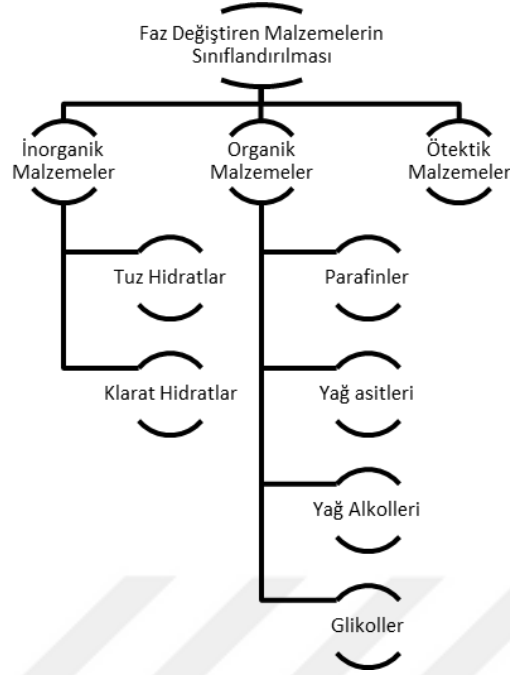
Isı enerjisinin daha sonra değerlendirmek amacıyla geçici olarak depolanmasına termal enerji depolama ismini veririz. Termal depolama işlevi enerji duyulduğu zamanlarda tamamlayıcı görev alır (Mondal, 2008). FDM erime veya katılaşma esnasında yüksek düzeyde enerjiyi bünyesinde depolama kabiliyeti oldukça yüksek ve bu depoladığı enerjiyi bünyesinden serbest bırakabilen yapıya sahiptir (Chapman, 2006). Üç farklı depolama mekanizması vardır: gizli ısı, hissedilebilir ısı ve kimyasal reaksiyonla açığa çıkabilen ısının depolanmasıdır. Farklı termal enerji depolama teknolojileri içerisinde, gizli ısı depolama özelliği ile yüksek enerji depolama kapasitesinin sayesinde en çok tercih edilen etkili yöntemdir. Bu durumun adı "faz değişimli ısı depolama" olarak bilinir. Gizli ısı depolama özelliğine sahip bu maddeler, FDM yani faz değiştiren malzeme olarak adlandırılır (Zhang, 2004; Kuru ve Alay Aksoy, 2012). Literatür de phase change materials (PCM) olarak da karşımıza çıkar. FDM'ler ısı depolama işlemi ve yayma işlemi bağlar yardımı ile gerçekleştirir. Şekil 2.10'da, katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya gibi faz geçişlerinde termal enerji değişiklikleri gösterilmektedir (Mattila, 2006).



**Şekil 2.11.** Katı-sıvı ve sıvı-katı değişimleri gösteren faz değiştiren malzemelerdeki ısı değişim farklılıkları ( Mattila, 2006)

Katı-katı ve katı-sıvı olmak üzere iki farklı faz değişimiyle ısı depolama işlemi gerçekleşir. Basınçlı depolama kapları gerektiren gaz fazının depolanmasında yaşanan problemlerden dolayı, sıvı-buhar faz geçişleri termal depolamaya için pekte uygun görülmemektedir. Katı malzeme kristalleşme işlemiyle diğer katı faz haline geldiğinde, ısı kristalleşme ısısı biçiminde depolanır. Malzeme orijinal haliyle olduğu gibi katı faz konumuna döndüğünde, faz değişimi ve depolanan ısı tekrar kazanılır. Faz değişimi sırasındaki ısı hem çok küçüktür hem de faz geçişi sırasında hacim farklılığı daha azdır. Katı-sıvı faz değişimlerinde enerji depolama hacim olarak yüksek olması ve katı-katı yüksek ısıda kristalleşme gerçekleştirdiğinden daha önemlidir (Konuklu, 2008).

Faz değiştiren malzemeler organik ve inorganik olmak üzere iki kategoride incelenmektedirler. Faz değiştiren malzemeleri parafin, yağ asidi, inorganik tuz hidrat ve ötektik karışımlar olarak sınıflandırabiliriz (Zhang ve ark., 2021).



**Şekil 2.12.** Faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması (Zhang ve ark., 2021)

PCM'nin Kullanım Alanları;

1. Bina ısıtma ve soğutma izolasyonu
  2. Elektronik ekipmanın ısınmasını önlemek için soğutma kısmında
  3. Tekstil endüstrisinde (mikro-kapsüllenmiş PCM içeren akıllı tekstil ürünlerinde)
  4. Gıda ambalajında
  5. Tıbbi alanda (kan, doku ve organ nakli ve soğuk kompres uygulaması)
- (Konuklu, 2008)

PCM ürünleri endüstriyel uygulamalarda, yapı malzemelerinde, solar enerji depolamada, ısı pompalarında, ısı dağıtım sistemlerinde, havalandırma ekipmanlarında, ısı yalıtımlı tavan kaplamaları için tekstil kaplamalarda ve otomotiv iç kaplamalarda kullanılabilir. Bununla birlikte, giysinin uygun etkisi ürünün yapısına ve tasarımına bağlıdır. Ürün üzerinde etkisi olan kısmın yanı sıra fiziksel aktivite düzeyine göre ihtiyaç duyulan PCM miktarını belirleyebilmek önemlidir ve bu kısımdaki cilt sıcaklığı faz değişiminin erime noktası ile ilişkilidir (Erkan, 2004).

Faz değişimi sırasında enerji malzeme tarafından emilir ve katı yapı sıvı hale gelir. FDM tamamen erimesi durumunda ısı depolama duru ve FDM çalışmaz. FDM'nin çalışması için geçiş sıcaklığına ulaşması gerekmektedir (Jamekhorshid ve ark., 2014).

FDM'nin erimesi sırasında yaklaşık 200 kJ/kg ısı emilir. Bununla birlikte, sıradan tekstil malzemelerinin sıcaklığı da ortalama 1 kJ/kg ısıyı absorblemesi için artarak 1 derece arttığı gözlemlenmiştir. İnsanın termal konforu aralığında incelediğimizde, FDM'nin birim hacim başına ısı depolama kapasitesi, hassas depolama malzemelerinin 5-15 katı olduğu gözlemlenmiştir (Hoppe ve Saboor, 2010).

FDM'ler tekstil materyali ile birleştirildiğinde materyale termal düzenleme özelliklerini verir. Vücut ısısı yükseldikçe, açığa çıkan ısı FDM tarafından emilir ve kumaşa depolanır. FDM'nin sıcaklığı, erime noktasına varana kadar yükseltilir. FDM çekirdeğindeki vaks yapısının erimesine ve katıdan sıvıya geçmesine neden olur. Tüm faz değişimi sırasında sıcaklık sabit kalmaktadır. Çok fazla ısıyı emen balmumu eridiğinde endotermik bir reaksiyon meydana çıkararak insanın bedenini soğuk hisseder. İnsan bedeninin ısısı düştüğünde ise değişim ters yönde gerçekleşir. Böylece vaks çeperi serleşerek insan bedenine ısıyı verir.

1970'li senelerde FDM teknolojisinin tekstil teknolojisinde kullanımı, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) Havacılık ve Uzay Ajansının bir araştırma programına kadar uzanmaktadır. Programın amacı, uzaydaki yüksek sıcaklık değişikliklerine uyum sağlamak için astronot kıyafetini tasarlamak ve kıyafete ısıdan korunma özelliğini geliştirmek. NASA tarafından 1971 yılında gerçekleştirilen 500'den fazla FDM tanıtan "Phase Change Materials Handbook" isimli rapor ile yayınlandı (Kuru ve Alay Aksoy, 2012).

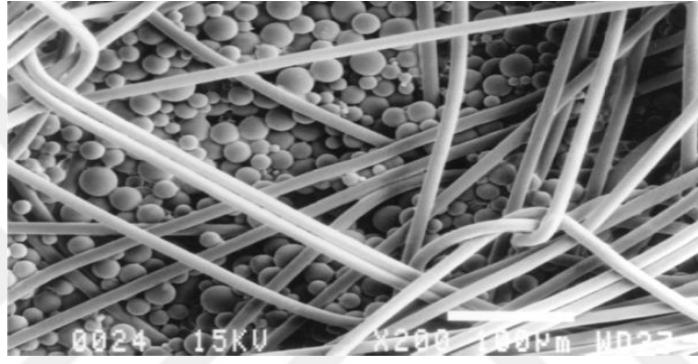
Günümüzde, tekstil teknolojisinde FDM'nin amacı termal konforu elde etmekle birlikte yüksek sıcaklığa sahip olan ortamlarda ve soğuk ortamlarda koruyucu giysi tasarımı yapabilmektir (Kuru ve Alay, 2012).

FDM içeren lifler veya kumaşlar, mont, eldiven, bere, iç çamaşırı gibi günlük giyim ürünlerinde ve dalış kıyafetleri ve kayak kıyafetleri gibi önemli koruyucu etkilere sahip ürünlerde yaygın olarak kullanılabilir (Nelson, 2002).

Termal ısının önemli olduğu koruyucu giysilerde FDM seçiminde dikkat edilmesi gereken birçok ölçüt vardır. Bu ölçütlerden en önemli olanının faz geçiş sıcaklığı

olduğunu savunan Cox'a (1988) göre insan beden sıcaklığı ile faz geçiş sıcaklığı arasındaki farkın çok olmaması gerektiğini savunur (Boan, 2005).

Tekstil materyaline faz değiştirme özelliği kazandırılırken, tekstil yapısına faz değişim özelliklerine sahip mikro kapsüller içeren geliştirilerek yerleştirilir. Böylece tekstil materyalinin termal özellikleri geliştirilebilir (şekil 2.12). Faz değişimi sırasında gerçekteşen ısı değişimleriyle birlikte, malzemenin ısıyı çevresel termal etkilere direnmek için depolamasına ve dağıtması sağlanır. Böylece kullanıcıların giysilerle etkileşimi ile termal koruma sağlanır (Mattila, 2006).



**şekil 2.13.** Faz değiştirme özellikli kumaşlarda mikrokapsüller (Outlast Europe) (Matilda, 2006).

### 2.7.1. Faz Değiştiren Malzemeler ve Ticari Markalar

1. Outlast®
2. Comfortemp®
3. Schoeller-PCM®

#### 2.7.1.1. Outlast® teknoloğisi

90'lı yılların ortalarından bu yana, Outlast Technologies bu sektörde pazar lideri olmuştur. Tekstile FDM uygulama alanında birçok tescilli patente sahiptir. Outlast® da faz değiştiren mikrokapsüller lif içerisine yerleştirilmiştir. Outlast®, spor giyim, iç giyim, teknik tekstil ve ev tekstili uygulamalarında kullanılmaktadır. Marka bu süreç içerisinde Matrix Infusion Coating (MIC) yöntemi ile tene en yakın ürün gruplarında ideal bir ürün geliştirmişlerdir (Anonim, 2020b).

Outlast® şirketi vücut ısısını düzenleyebilen giysiler üretiyor. Bu giysilerin en önemli özelliği tek başına vücut ısısını soğutmak veya ısıtmak yerine bu iki işlemi vücudun ihtiyacına göre gerçekleştirebilmeleridir (Outlast, 2020)(Coşkun, 2007).

Outlast teknolojisi kullanılarak elde edilen giysiler ısıyı emecek, depolayacak, serbest bırakacak ve gerektiğinde dağıtacaktır. Bu nedenle konfor sağlamak için kullanıcının vücut ısısını düzenler (Outlast, 2020).

Outlast firması ürettiği ürünlerin, faz değiştirme işlemi ve FDM'nin vücuda uyum sağlama süresinin 90 saniye sürdüğünü savunmaktadır. Outlast, tanınmış dünyaca ünlü spor giyim markaları Adidas, The North Face ve Burton gibi firmalarla iş ortaklığı yapmaktadır (Hoppe ve Saboor, 2010; Anonim, 2020b).

#### **2.7.1.2. Comfortemp® teknolojisi**

Freudenberg tarafından üretilen Comfortemp®, FDM kullanarak mükemmel konforu yüksek ısı yalıtım özellikleriyle birleştiren bir dizi ileri teknoloji malzemedir. Marka diğer firmalardan farklı bir alan olan dokusuz yüzey üretimi alanında ilerlemiştir. Kolay bakım, mükemmel nefes alabilirlik ve termal direnç konusunda ürünleri konusunda iddialıdır. Comfortemp® serisi aynı zamanda Freudenberg'in sürdürülebilirliğe katkısını da temsil etmektedir. %95 geri dönüştürülmüş polyesterden üretilen comfortemp® FLEXX, kullanıcının nasıl hareket ettiğine bağlı olarak performans özelliklerini değiştirerek uyarlar. Comfortemp® FLEXX incedir, son derece hava geçirgendir ve nefes alabilir. Aktif hareket durumu durduğunda, spor ve outdoor giysiler için yüksek performanslı ısı yalıtımının tüm gereksinimlerini karşılayarak kullanıcıyı ıslakken bile sıcak tutar. Comfortemp® FLEXX ayrıca %20'ye varan olağanüstü bir esneme içeriğine sahiptir. Bisiklet, koşu ve kayak gibi açık hava spor giyiminde kullanım için idealdir (Anonim, 2022b).

#### **2.7.1.3. Schoeller-PCM® teknolojisi**

Schoeller®-PCM™ bireyin termal konforunu kontrol altına alır. Aşırı sıcak havalarda ne çok sıcak ne de çok soğuk hissettirir. Vücudun kendi performans kapasitesini ve termal konforunu korumayı amaç edinmiştir. Schoeller yenilikçi kumaş yapıları, modern kaplama ve apre işlemleriyle teknolojiye yön vermiştir. Kullanım alanları, spor

giysileri, iş giysileri, pantolon ve ceketlerde kullanmıştır. Temel olarak, nefes alabilirlik, bakım kolaylığı, rüzgar geçirmez, dayanıklı, streç özellik gösteren, moda uyumlu ve işlevsel ürünler geliştirmişlerdir (Anonim, 2021b).

### **2.7.2. Faz Değiştiren Mikrokapsüller**

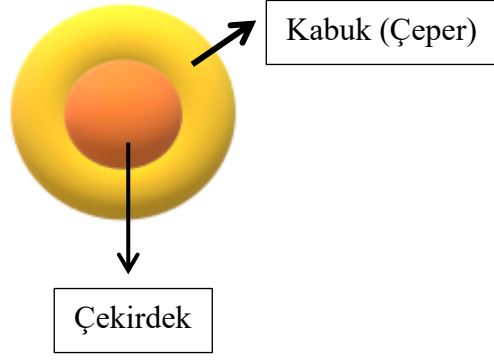
Teknolojinin ilerlemesi ile mikro/nano boyutlu malzemelere olan talep her geçen gün artmaktadır. Mikrokapsüller hayatımızın hemen her alanında yerini almaya başlamıştır.

Tekstil sektöründe de faz değiştiren mikrokapsüller oldukça çok kullanılmaktadır.

Mikrokapsülleme, bir katı veya sıvıyı (ilaç, protein, boya, kozmetik vb.) mikrokapsül adı verilen 1-30 µm çapındaki partiküle sentezlemesi olayına verilen addır (Peng vd. ark,2020). Mikrokapsüller, çekirdek malzeme olarak polimerik bir duvar yapısına bir aktif bileşenin yerleştirilmesiyle üretilen nano, mikro veya makro boyutlu parçacıklardır. Mikrokapsüller tek çekirdekli, çok çekirdekli ve matris şekilli yapılar olabilir. Çekirdek duvar malzemelerinin uyumluluğu da önemlidir. Ayrıca mikrokapsüllerin morfolojisi, kullanılan kimyasallara ve üretim yöntemlerine bağlı olarak düzgün, simetrik bir şekil veya gözenekli ve pürüzlü olabilir (Zou ve ark., 2004).

Tekstilde mikrokapsüllenmiş faz değişimli malzemelerin kullanılmasındaki amaç, tekstil dokusundaki ısı akışını düzenlemek ve doku çevresinde oluşan aktif bir ısı yalıtım tabakası görevi görmektir. Aynı zamanda, tekstil malzemelerinin diğer özelliklerinin değişmeden kalması, bu malzemelerin kullanılması için olumlu bir parametredir(Genç, 2016). Mikrokapsüllü faz değişim malzemesinin ısı yalıtım etkisi, tekstilden geçen ısının kontrol edilmesi ve ayarlanmasıyla elde edilir (Zhang, 2004).

Mikrokapsüller için önemli olan parametreler, kapsülün çapı, kapsül kabuğunun inceliği, ısı iletim özelliği ve hacimsel değişimlere uyum sağlamasıdır (Çimen, 2007). FDM'li mikro kapsül tekstil materyalinden geçen ısının kontrolünü sağlamalıdır (Deveci, 2009).



**Şekil 2.14.** Mikro kapsül yapısı

## 2.8. Faz Değiştiren Malzemelerin Tekstil Yüzeyine Aktarılması

Faz değiştiren malzemelerin tekstil yüzeyine transferi, lif çekme sırasında veya kumaş yüzeyinin bitim işlemi sırasında gerçekleşir.

### 2.8.1. Lif çekimi esnasında aktarma

FDM mikro kapsülleri ve sıvı polimer ile polimer çözeltisi elde edilir. Bu polimer çözeltisinden lif eriyik, kuru veya yaş çekim yöntemi ile elde edilir. Bu lifeler ortam sıcaklığına göre ısıyı tutabilir veya serbest bırakabilir. Faz değiştiren lifler yüksek gizli ısıya sahiptir fakat kullanım esnasında özelliğini kolayca kaybedebilmektedir (Khalil, 2015).

Mikrokapsüllerin partikül boyutunun mekanik özellikleri etkilediği gözlemlenmiştir. Lif çekimi esnasında mikrokapsüllerin aktarımı kalıcı olması ve gelişmiş termal özellik göstermesi bu yöntemin avantajlarından (Zhang, 2001). Outlast firması bu yöntem ile ürettiği FDM'li lifleri piyasaya sunduğu görülmektedir.

### 2.8.2. Mikrokapsüllerin Bitim İşlemi Esnasında Aktarılma Uygulamaları

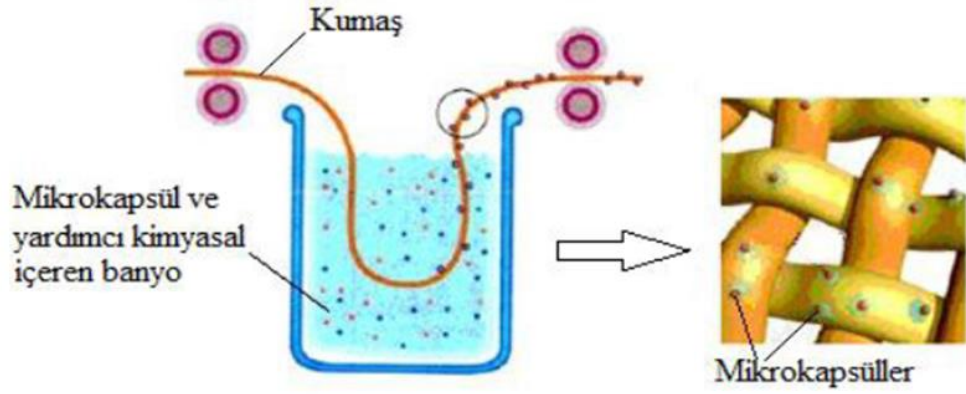
Faz değiştiren mikrokapsüller, lif halinden giysi formuna kadar tekstil materyallerine her aşamada eklenebilir. Mikrokapsüllerin uygulanmasında en çok tercih edilen yöntemler fulard emdirme ve kaplama yöntemidir. Mikrokapsüller tekstil malzemesine aktarıldıktan sonra kurutma ve/veya fikse işlemi yapılmaktadır (Çimen, 2007).

### 2.8.2.1. Mikrokapsüllerin Fulard Yöntemiyle Emdirme Uygulamaları

Emdirme yöntemi son aşamada tekstil materyaline uygulama imkanı veren bir yöntemdir. Kumaş formundaki tekstil materyalimize, faz değıştiren mikrokapsüllerden oluşan solüsyon çözeltisi fulardda silindirler yardımı ile emdirilerek uygulanır. Fulardda emdirilen kumaş kurutulduktan sonra hazır hale gelir (Çimen, 2007).

Fulard Emdirme yönteminde dikkat edilmesi gereken parametreler;

- Mikrokapsüllü çözeltisinin konsantrasyonu ve pH ayarı
- Fulardda kumaşın daldırma kabından geçirilme hızı
- Silindirlerin kumaşa uyguladığı basınç
- Kumaşın kurutma sıcaklığı



Şekil 2.15. Emdirme yöntemi ile mikrokapsül aktarımı (Başal ve Vahaplar, 2005)

### 2.8.2.2. Püskürtme Yöntemi

Püskürtme yöntemi ile mikrokapsül aktarma yönteminde basınçlı hava ile tekstil yüzeyinin üzerine mikrokapsüller püskürtülür. Düşük maliyetli ekonomik işlem olması avantaj iken yüzey üzerine mikrokapsüllerin homojen yayılmaması dezavantajdır. Genellikle koku, aromatik yağların kapsüllenmesin de kullanılan bir yöntemdir (Khalil, 2015).

### 2.8.2.3. Kaplama yöntemi

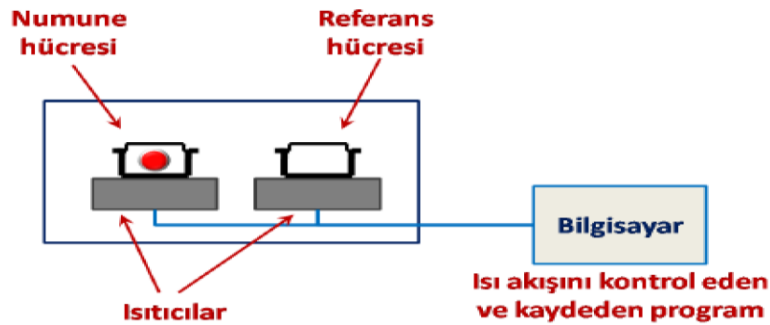
FDM'li mikrokapsüller sıvı kaplama çözeltisi üç temel adımda yapılır. İlk adım kapsüllenecek katı parçacıklarından ile sıvı kaplama malzemesi oluştururuz. İkinci adımda kaplama solüsyonumuzu tekstil materyalinin rulo yardımıyla üzerine uygularız.

Son adımda kaplamanın kurutulmasıyla yüzeyimiz oluşur. Diğer bir yöntemde, bu durumun tam tersi olarak önce yüzey kaplanır sonrasında yüzeye katı toz formdaki mikrokapsüller püskürtülür. Kaplama sonunda istenilen hava geçirgenliği ve nem özelliklerinin elde edilememesi bu yöntemin dezavantajı olarak görülebilir(Khalil, 2015; Zuckerman ve vd., 2003).

## 2.9. Faz Değişiren Malzemeleri Değerlendirmede Kullanılan Analizler

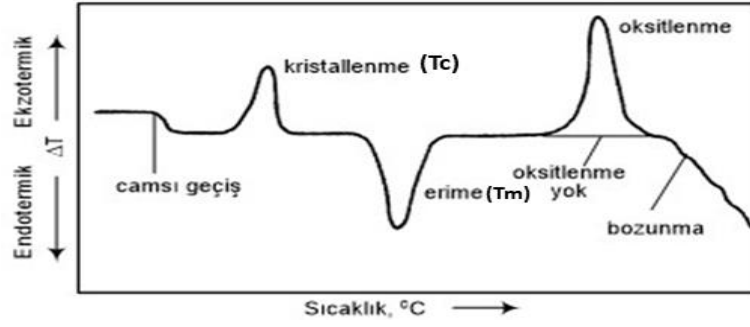
### 2.9.1 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

FDM uygulanan kumaşlarda lif veya kumaş üzerinde oluşan ısı depolama ve sıcaklık entalpi değerleri diferansiyel taramalı kalorimetre ile ölçülmektedir. DSC analizinde numune ve deney aynı sıcaklıkta tutulur. Analiz esnasında numune ve referansın sıcaklığı arttırmak için gereken ısı miktarının farkının ölçüldüğü termo-analitik bir sistemdir. FDM'li materyal ısıtıldığında ortaya çıkan ve farklılaşan özellikleri veren metottur. DSC analizi ile birlikte sıcaklık –ısı grafiği elde edilir (Saraç, 2015).



Şekil 2.16. DSC düzeni (Saraç, 2015)

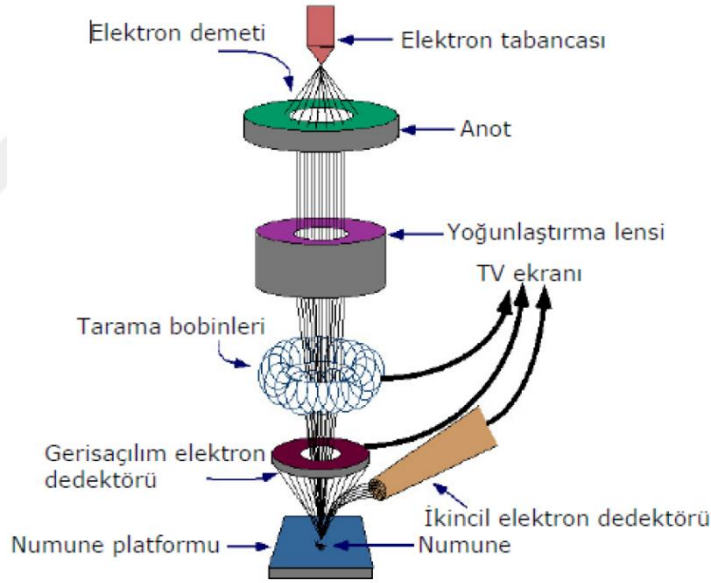
Diferansiyel taramalı kalorimetri cihazı ile endotermik ve/veya ekzotermik çalışma alanı olan FDM'ler de daha çok kullanılır. FDM uygulanmış bir materyale DSC analiz yapıldığında, malzemenin özgül ısı kapasitesine, faz değişim ısı ve tepkime ısı farklılarının verileri elde edilir. DSC sonucunda alınan grafikler diferansiyel termogram grafiği ile birlikte yorumlanmaktadır.



Şekil 2.17. Diferansiyel termogram grafiği

### 2.9.2. FE-SEM Analizi

Materyale vakum ortamında, odaklanmış elektron demeti uygulanarak yüksek çözünürlüğe sahip resim elde etmek için kullanılan cihaza taramalı elektron mikroskobu denir.



Şekil 2.18. SEM Mikroskop kolonu (Meitam, 2014)

Elektron demeti uygulaması sonucunda düşük enerjili Auger elektronları oluşarak tekstil materyalinin yüzeyi hakkında bilgi taşır. Bu bilgi taşıyan elektron sayesinde ikincil elektronlar görüntünün oluşmasını sağlar (McMullan, 2006).

## 2.10. Spor Giysileri

Spor giyim, özellikle spor amaçlı tasarlanmış giysiler anlamına gelir. Günümüzde spor giyim üretmek için teknik tekstil alanında yeni teknolojiler geliştirilmiştir (Öner, 2015). Spor giyimden beklentiler zamanla farklılaşmaya başlamıştır. Globalleşen dünya da spor giyimde de günlük yaşantıda kullanımının artmasıyla, spor giysilere ilgi artmıştır. Kullanıcıya konfor sağlaması, hafif olması ve kullanım rahatlığı ile tercih sebebi olmuştur. Spor giyimde kullanılan lif yapısı, kumaş yapısı ve kullanılan kimyasallar konfor özelliklerini etkilemektedir. Spor giyim sektörü, kullanım alanına göre farklı özelliklere sahip spor giysiler üretmektedir. FDM'li tekstil materyalleri ile üretilen spor giysileri, fiziksel aktivite sırasında aşırı vücut ısısını emerek termal konforun dengelenmesini sağlar (Mondal, 2008).

### 2.10.1. Spor Giysilerden Beklenen Özellikler

Spor giysilerden beklenen özellikler kullanım alanlarına göre değişmektedir. Anti-statik performans, termal özellik performansı, nem taşıma performansı, anti-mikrobiyal performans gibi kullanılan alana göre farklı performanslar beklenebilir.

Spor giysilerden genel anlamda;

- Teri ciltten etkin şekilde uzaklaştırma özelliği,
  - Hızlı kuruyabilme özelliği,
  - Nefes alabilir kumaş yapısı,
  - Nemi uzaklaştırırken vücut ısısını dengede tutma,
  - Vücut hareketini kısıtlamama,
  - Yumuşak olma,
  - Hava koşullarına karşı dayanıklı olma,
  - Estetik bir görünüme sahip olma,
  - Bakımı kolay olma,
  - Hem taşırken hem de spor yaparken hafiflik sağlama,
- gibi özellikler bekleriz (Ayon, 2021).

Kullanım alanına göre spor giysilerin termofizyolojik özellikleri değişiklik göstermektedir.

**Çizelge 2.7.** Kullanım alanına göre spor giysilerin termofizyolojik özellikleri (Ishtiaque, 2001)( Ayon, 2021)

<b>Kullanım Alanı</b>	<b>İstenen Fonksiyonel Özellikler</b>
Tenis, golf, voleybol, basketbol, futbol, atletizm giysileri	Ter emme ve kumaş yüzeyine iletimi, çabuk kuruma, optimum ısı-nem transferi, serin tutma, esneklik, hava geçirgenliği, hareket kolaylığı
Kayak giysileri, rüzgârlık, yağmurluk	Su buharı geçirgenliği, su iticilik
Kayak giysileri, rüzgârlık, koşu giysileri	Güneş ışığını absorblama, ısı tutma
Yüzme, paten, yamaç kayağı, bisiklet giysileri, sörf giysileri	Hava ve su için düşük akışkan direnci, hareket kolaylığı, streç özelliği, vücut ısı koruma
Mayo, dansçı esnek giysileri, paten giysileri	Yüksek esneme özelliği, opaklık, ışık geçirmezlik, su iticilik
Kayak ve snowboard giysileri, futbol formaları, beysbol giysileri	Yüksek mukavemet ve aşınma direnci
Araba yarış sporlar giysileri	Darbeye karşı koruma, dayanıklılık, iyi hava geçirgenliği, iyi su buharı geçirgenliği, güç tutuşurluk

### 2.10.2. Spor Giyimde Kullanılan Lif Yapıları

**Polyester:** Polyester lifi dünya çapında en çok kullanılan sentetik liftir. Düşük maliyete sahip olmasıyla birlikte pamuk ve diğer doğal liflerle karıştırma kolaylığı polyester lifini seçmedeki en önemli sebeplerdendir. Bununla birlikte kolay işlenebilirliği, termal performansının iyi olması ve hidrofob özelliği sayesinde spor giyiminde en çok tercih edilen liftir (Jaffe, 2020).

**Pamuk:** Pamuk lifinin spor giysilerde kullanılmasındaki en önemli sebeplerden biri yumuşaklığı ve dokusal konfor özelliğinin yüksek olmasıdır. Kendi ağırlığının %85' i kadar nem çekme özeliğine sahip olabilir. Spor giyimlerde pamuk lifi karışım liflerle birlikte daha çok kullanılır.

**Yün:** Kış sporlarında karışım liflerle birlikte kullanılan yün lifi, ince lif yapısına sahip olması ve bu sayede nemin vücuttan uzaklaştırılmasında özeliğinden dolayı tercih edilir.

**Polipropilen:** Polipropilen (PP), kısmen düşük bir erime noktasına sahiptir. Çoğunlukla teknik tekstil için kullanılsa da spor giyimde tercih edilme sebebi sıcak ortamda serin, serin ortamda sıcak hissi vermesi sebebiyle kullanılır.

**Naylon:** Nem yönetimi, hafiflik, çabuk kuruyabilme gibi özellikleri sayesinde spor giyim alanında kullanılır. Farklı liflerle kombinasyonu ile açık hava sporlarında daha çok tercih edilir.

**Hygra:** Aktif spor giyimlerinde tek lif nadiren kullanılır. Çoğunlukla özel lif formları üretilir. Naylon lifinin içerisine su emici polimer yerleştirilerek kılıf çekirdek metoduna yöntemiyle hygra lifi üretilmiştir. Gösterdiği iyi antistatik özelliği sebebiyle kayak kıyafetleri, atletizm ve golf kıyafetlerinde de kullanılır (Anonim, 2021b).

**Lycra25:** En az %85 Poliüretan içeren uzun polimer zincire sahip sentetik bir liftir. Vücuda oturma özellikleri ve konfor nedeniyle yüzücü giysilerinde aktif spor giyimde ve jimnastikçi giysilerinde tercih edilmektedir.

**Dacron:** Dacron polietilen tereftalat adı verilen malzemenin ticari adıdır. Nem özellikleri sayesinde spor giyimde kullanımını artmıştır. Dört kanallı bir yapıya sahiptir (Anonim, 2022b).

**Tencel:** Lyocell lifinin genel adıdır. Tencel lifi nem yönetim özellikleri, hava geçirgenliği özelliği, anti bakteriyel özelliği ve esnekliği sayesinde spor giyimde tercih edilir.

### **2.10.3. Vücuda Saran Spor Giysileri (CSW-Compression Sportwear)**

Yıllar içerisinde spor, insanların yaşamlarında rutin haline girmeye başladı. Spora, spor dallarına karşı ilginin artmasıyla birlikte spor giyim ürünlerine de talep artışı gözlenmiştir. Spor giysilerden beklentilerinde artmasıyla daha yenilikçi, daha konforlu ve güven unsurlarının artırıldığı tekstil malzemelerine ihtiyaç artmıştır (Kaçoğlu, 2015).

Spor giysilerden yıllar geçtikçe geliştirilip daha göze hitap eden bir hal almaya başladığında, insanlar spor giysileri günlük giyimleri içerisine de yerleştirdi. Vücuda

tam oturan, hareket kolaylığı sağlayan ve insan cildi ile giyilen spor giysi arasındaki hava katmanı en aza indirilen spor giyim tasarımları üretilmeye başlandı (Liu ve Little, 2009).

Spor giyimde, kumaşı oluşturan materyallerden belli fiziksel, mekanik ve tasarımsal özellikler beklenmektedir. Bunlar; nem özellikleri, termal özellikleri, hava geçirgenliği, vücuda uygun tasarımı, çevre koşullarına uyum sağlayabilme özellikleri vb. şeklinde ilerlemektedir. Bireyin yaptığı spor doğrultusunda hangi özelliklere sahip giysi isteniliyorsa, o doğrultuda ilerlenmelidir. Çünkü her spor branşının beklentisi farklıdır. Vücudu saran spor giysilerinden beklentimiz ise, termal konforun sağlanması, esneklik rahat hareket edebilirlik özelliğinin gerçekleştirilmesidir (Liu ve Little, 2009).

### **2.11. Tekstil Yüzeylerinin Termofizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar**

Spor giysilerde kullanılan lif ve kumaş yapılarının seçimi performans, verimlilik, koruma ve fiziksel konforu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Spor giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerinin belirlenmesine yönelik literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

Öner ve Okur (2015) tarafından örme kumaşların termal konfor özelliklerine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara kapsamında çevre koşulları ve aktivite düzeyi göz önünde bulundurulmuştur. Termal konfor özelliklerinden hava geçirgenliği başta olmak üzere kılcallık, nem yönetimi, termal direnç ve su buharı direnç değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak polyester ve pamuk/coolmax kumaşındaki atlama ilmek yapıları iyi nem taşıma özellikleri sergilerken askı ilmek yapısına sahip viskon ve tencel kumaşlarda hava geçirgenliğinde yüksek değerler elde edilirken su buharı direncinde düşük değerler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda kumaş yapısının sıklığı hava geçirgenliğini azalttığı gözlenmiştir.

Ertekin ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada farklı elastan iplik numaraları ve farklı elastan oranlarına sahip örme kumaşların konfor özelliklerini incelemişlerdir. Kumaşlara yapılan testler sonucunda kumaş yapısında kullanılan ipliklerin elastan oranı ve kalın elastan kullanımı ağırlık artışına sebep olmuştur.

Bununla birlikte kumaş kalınlığında artma eğilimi, yüksek patlama mukavemeti ve yüksek delinme direncine sahip olduğu görülmüştür. Termal konfor özellikleri açısından incelendiğinde ise elastan iplik kalınlığının artması ile kumaş yapılarının yüksek termal iletkenlik, yüksek termal soğuma, düşük hava geçirgenliği ve düşük su buharı geçirgenliği özelliği sergilediği gözlemlenmiştir.

Özkan ve Kaplangiray (2019) tarafından yapılan çalışmada ring stapel, tekstüre ve nem yönetim özelliğine sahip polyester ipliklerden örülmüş kumaşların; ısı direnci, ısı soğurma, ısı iletkenlik, hava geçirgenliği ve nem yönetimi özellikleri test edilmiştir. Çalışmada tekstüre polyester iplikten örme kumaşların, aynı iplik numarası ve örgü yapısında nem yönetimli polyestere göre daha yüksek hava geçirgenlik değerlerini verdiği görülmüştür. Enine kesit şekli farklı olan nem yönetimine sahip polyester iplikten örülmüş kumaşların nem yönetimi açısından diğer kumaşlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Öner (2019) tarafından yapılan çalışmada doğal, rejenere ve sentetik elyaflardan yapılan dokuz farklı örme kumaşın performans ve termal konfor özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı lif tiplerinden yapılan örme kumaşların, hava geçirgenliği, aşınma direnci, patlama mukavemeti gibi fiziksel özelliklerinin yanında, iletkenlik, ısı yayılma, ısı direnci ve ısı emiciliği ölçülmüştür. Araştırmanın sonuçlarına göre sıcak hava koşullarında rahat olduğuna ve yaz aylarında serin kaldığına inanılan keten kumaşların yüksek termal emicilik gösterdiği, yani serinlik hissi verdiği ve düşük termal direnci gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca rejenere protein olarak Zein kumaşlar, rejenere selülozik liflerden yapılan kumaşlara kıyasla daha düşük hava geçirgenliği, daha yüksek aşınma direnci, daha yüksek patlama mukavemeti ve daha düşük termal emicilik göstermiştir. Çalışmada genel olarak liflerin karakteristik özelliklerinin, kumaşların mekanik ve termal özelliklerinin belirlenmesinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Özkan ve Kaplangiray (2020), spor giyimde kullanılan farklı iplik yapısına sahip süprem örme kumaşların hava geçirgenliği, ısı direnci, su buharı direnci ve nem yönetimi özellikleri araştırılmıştır. %100 tinsel iplikten örülmüş kumaşın en fazla hava geçirgenliğine sahip olduğu, trilobal kesitli polyester iplikten üretilen kumaşın en düşük

su buharı direncine sahip olduğu görülmüştür. Nem yönetim özellikleri açısından en iyi sonuç, tensel iplikten örülmüş kumaş yapısında görülmüştür.

Özkan ve Kaplangiray (2020) yaptıkları çalışmada, file örme kumaşlarda ilmek iplik uzunluğundaki değişimin kumaşların ısı ve nem iletim özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada tek katlı ve iki katlı filament tekstüre polyester iplikten iki farklı örgüde olmak üzere ilmek iplik uzunlukları farklı altı adet kumaş üretilmiştir. Araştırmanın sonunda ilmek iplik uzunluğu arttıkça kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin arttığı, genel nem yönetimi özelliğinin (OMMC) ve ısı soğurganlık değerlerinin düştüğü görülmüştür. İki katlı iplikten yapılan file örgü kumaşların ısı direnç değerinin, kumaşın yoğunluk değerindeki artışla birlikte düştüğü görülmüştür.

Tesinova ve Atalie (2022), spor giyimde kullanılan katmanlı yapıların konfor özelliklerini araştırmıştır. Bunun için farklı özelliklerde üç ana kumaş seçilerek tek kat formunda termal özellikleri belirlenmiştir. Bu kumaş yapılarından farklı kombinasyonlarla katmanlı yapılar elde edilerek termal dirençler ve su buharı geçirgenlik özellikleri ölçülmüştür. %100 Elastan ve %100 PES kombinasyonundan üretilen spor giysilerin, poliamidden yapılan spor giysilere kıyasla daha düşük ısı iletkenliğine sahip olduğu, ayrıca poliamid kombine spor kumaşların polyester bazlı spor giysilere göre daha yüksek su emme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin %10 elastan içeren PES bazlı kumaşların, poliamid bazlı spor kumaşlardan daha iyi termal yayılıma sahip olmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Kumaş kalınlığı azaldıkça ve kumaşın açıklığı arttıkça spor kumaşın su buharı geçirgenliğinin arttığı görülmüştür.

Termal dengenin kurulmasında rol oynayan faz değiştiren malzemeler (FDM) giysiyle birleştirildiğinde giysiye termal düzenleme özelliklerini verir. Günümüzde, tekstilde faz değişim malzemeleri esas olarak iyileştirilmiş termal konforu elde etmek amacı ile sıcaklığı düzenleyen ürünler üretmek için aşırı sıcak veya soğuk ortamlarda koruyucu giysiler tasarlanmaktadır.

Güler ve Kut (2011), perdelik kumaşlarda ısı regülasyonu sağlamak amacıyla yaptıkları çalışmada mikrokapsül kabuk yapısını jelatin-arap zıncı kullanarak içerisine yağ asidi

bileşiginden oluşan kaprik asit-palmitik asit hapsederek mikrokapsüller elde etmişlerdir. Mikrokapsüllenmiş FDM'ler %100 poliester perdelik kumaşa emdirme yöntemi ile aktarılmıştır. Kumaşlar üzerinde ısıl değişim olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen verilerden sonuç olarak kumaşa aktarılan FDM'lerin, ortamın ısıl konforunu 0,5-1,5 °C iyileştirdiği gözlenmiştir.

Liu, Wang ve Sun (2012), yaptıkları çalışmada, faz değiştiren mikrokapsüller, denim kumaş yüzeyine emdirme ve kaplama yöntemi ile aktarılmıştır. Farklı uygulama yönteminin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak faz değiştiren mikrokapsüllerin ticarileşmiş faz değiştiren mikrokapsüllere benzer etki yaptığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte emdirme ve kaplama tekniklerinin ısıyı akıllı şekilde ayarlayabildiği sonucuna varılmıştır.

Celcar (2013), erkek iş kıyafetlerini üzerine yaptığı çalışmada kumaşlar üzerine uygulanan faz değiştiren malzemenin termal konfor üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma kapsamında 5 farklı erkek iş giysisi kullanılmıştır. Farklı fiziksel aktivite ve farklı ortam koşulları altında yaşları 22-23 arasında değişen 5 denek denemelerde yer almıştır. Deneklerden test öncesi, test esnasında ve test bitiminde görüşleri anket yardımı ile alınmıştır. Her bir denek 0,2 ms<sup>-1</sup> hava hızında, 25 °C – 10 °C arasındaki dört farklı sıcaklıkta ve % 50 bağıl nem ortamında deney gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 15 C° sıcaklık dışındaki tüm sıcaklıklarda faz değiştiren malzemenin fazla etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Deney sonucunda FDM' nin giysi sistemlerinde küçük bir ısıtma etkisi gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Saraç (2015) , denim giysilerde ısıl düzenleme üzerine yaptığı çalışmada FDM'nin uygulama yönteminden bağımsız olarak kumaşın termal konfor özelliğini etkilediği gözlemlenmiştir. Yüzeye uygulanan FDM miktarı arttıkça denim kumaşında ısıl düzenleme özelliğinin arttığı gözlemlenmiştir.

Çetiner ve Belten (2017) yaptığı “Farklı Faz Değiştiren Malzemeler İle İşlem Görmüş Pamuklu Kumaşların Isı Düzenleme Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı çalışmada pamuklu dokuma kumaşlar iki farklı mikrokapsül ile numune pad batch makinasında

kaplanmıştır. Mikrokapsül türünün, kumaşların ısı düzenleme ve morfolojik özellikleri ile mukavemet, sürtme ve ter haslığı özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Celcar (2017), yaptığı çalışmada farklı lif içeriğine sahip ve FDM uygulanmış iş giysi sisteminin (iç giyim-gömlek-pantolon-çeket ve trençkot) soğuk ortam koşullarında termal konfor özellikleri araştırmıştır. Çalışmada farklı ortam koşullarında deneklerin yürüme ve oturma durumlarında hisleri anket uygulaması ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda FDM'nin aktivitedeki değişiklikler sırasında ortalama cilt sıcaklığında küçük artışlara veya azalmalara neden olarak küçük bir geçici termal etki sağladığını göstermiştir.

Celcar (2020) tarafından yapılan çalışmada; yünü/yünlü karışımı ve faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlardan yapılan iş giysilerinin sıcak ve hafif soğuk ortamda termal konfor özellikleri sübjektif değerlendirme yöntemleri ile araştırılmıştır. Termal konfor değerlendirmeleri 25°C ortam sıcaklığında ve yapay olarak oluşturulmuş ılık ve hafif soğuk çevre koşullarında (20°C, 15°C ve 10°C) belirli bir deney protokolü kapsamında gerçekleştirilmiştir. Sübjektif değerlendirmelerde anket ve 7'li likert ölçeği kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonunda deneklerin 20°C ve 15°C ortam sıcaklığında seçilen iş kıyafetlerinde kendilerini en rahat hissettikleri, ayrıca, 25°C'lik bir ortam sıcaklığında, seçilen giysilerdeki kişilerin, özellikle yürüyüş sırasında ve sonrasında sıcak hissettikleri ve bu nedenle rahatsızlık duydukları görülmüştür.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında farklı iplik ve farklı örgü yapılarına sahip 6 farklı örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşların özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Kumaşlar üç farklı konsantrasyondaki faz değiştiren mikrokapsül çözeltisi ile işleme alınarak toplam 24 kumaş elde edilmiştir. Çizelge 3.2’de kumaş yapılarında kullanılan örgü yapılarının ilmek diyagramları, Şekil 3.1’de ön ve arka yüzlerin mikroskopik görüntüleri verilmiştir. Kumaşlara faz değiştiren malzeme uygulanmadan önce enzimatik hidrofilleştirme, reaktif boyarmadde ile boyama, yumuşatıcı uygulaması ve ramözde kurutma işlemleri uygulanmıştır.



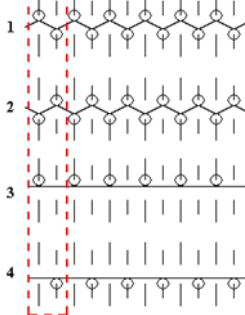
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan ön işlem görüş kumaşların özellikleri

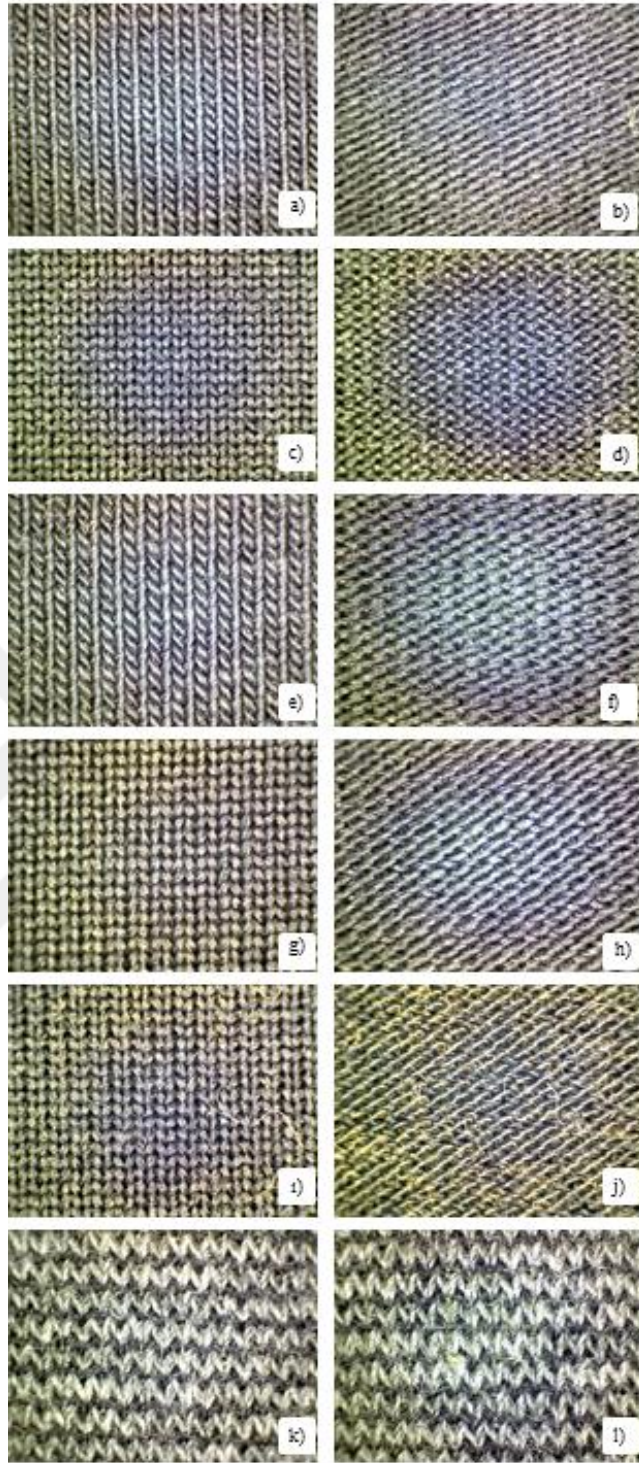
Kumaş Kodu	Kumaş Yapısı	İplik Kompozisyonu	Makina İnceliği	İlme Boyu(mm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İplik Raporu
K1	SÜPREM	- Ne 28/1 Compact Penye Pamuk, - 60 dtex Elastan Oran: % 90 Pamuk - %10 Elastan	26"28	3,3 mm	269,40	Pamuk+ LYC
K2		- 75/72X2 Denye Tekstüre Düşük Puntolu PES, -78 dtex Elastan Oran: % 84 PES-%16 Elastan	26"28	3,2 mm	280,86	PES+ LYC
K3	VANİZE SÜPREM	- Ne 40/1 Compact Penye Pamuk - 75/72 Denye Tekstüre Puntolu PES -78 dtex Elastan Oran: %58 Pamuk-%30 PES %12 Elastan	30"20	40/1: 3,7 mm 75/72: 3,4 mm	281,54	Ön yüz: Pamuk Arka yüz: Pamuk/ PES+LYC
K4		-100/96 Denye Ecrü Düşük Puntolu Tekstüre PES - Ne 40/1 Compact Penye Pamuk -78 dtex Elastan Oran: %48 PES- %41 Pamuk- %11 Elastan	30"20	100/96: 3,7 mm 40/1: 3,4 mm	279,38	Ön yüz: PES Arka yüz: Pamuk+ LYC
K5		-100/96 Denye Ecrü Tekstüre Düşük Puntolu PES - Ne 38/1 % 88/12 Ring Polyester / Yün -78 dtex Elastan Oran: %49 PES -%40 PES+Yün- %11 Elastan	30"20	100/96:3.7 mm 38/1: 3,4 mm	326,40	Ön Yüz: PES Arka yüz: PES/Yün+ LYC

**Çizelge 3.1.** Deneysel çalışmada kullanılan ön işlem görüş kumaşların özellikleri (devam)

Kumaş Kodu	Kumaş Yapısı	İplik Kompozisyonu	Makina İnceliği	İlmek Boyu(mm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İplik Raporu
K6	GİPELİ PUNTO Dİ ROMA	-Ne 30/1, % 50/50 Penye Pamuk/Polyester -75/36+40 Denye Ecru PES/Elastan Oran: % 70 Pamuk/PES - %30 PES/ Elastan	34"20	30/1: 3,1 mm Gipe: 2,6 mm	253,72	1.İplik: Pamuk /PES 2.İplik: PES/LYC

**Çizelge 3.2.** Deneysel çalışmada kullanılan kumaşların örme diyagramları ve özellikleri

Kumaş Yapısı	Örgü Diyagramı	Yapı özellikleri	Numune
SÜPREM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön yüzü ve arka yüzü farklıdır.</li> <li>• Elastikiyeti yapısal olarak iyidir</li> <li>• Üretim esnasında elastan kullanımı esneklik seviyesini artırır.</li> </ul>	K1, K2
VANİZE SÜPREM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Süprem örgüden tek farkı iplik beslemesinin çift iplikle oluşmasıdır.</li> </ul>	K3, K4, K5
GİPELİ PUNTO Dİ		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön ve arka yüzü pürüzsüzdür ve aynı yüze sahiptir.</li> <li>• Sık bir yapıya sahiptir.</li> <li>• Boyutsal stabilitesi ve şeklini koruma özelliği yüksektir.</li> <li>• Örme kumaşlar arasında en yüksek gramaja sahiptir.</li> <li>• İyi ısı yalıtım özelliğine sahiptir</li> </ul>	K6



**Şekil 3.1.** Örne kumaşların sırasıyla ön ve arka yüz mikroskop görüntüleri a, b) K1 kodlu kumaş c, d) K2 kodlu kumaş e, f) K3 kodlu kumaş g, h) K4 kodlu kumaş ı, j) K5 kodlu kumaş k, l) K6 kodlu kumaş.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Faz Değiştiren Malzeme Uygulaması

Bu tez çalışmasında kimyasal olarak faz değiştiren mikrokapsül uygulaması yapılmıştır. Faz değiştiren malzeme 50, 100 ve 200 g/l olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda kumaşlarda emdirme yöntemine göre kumaşa aktarılmıştır. Faz değiştirme malzemesi olarak Rudolf Duraner firmasından temin edilen parafin içerikli faz değiştiren malzeme kullanılmıştır (Ruco-Therm PCM 28).

Kullanılan kimyasaldan beklenen özellikler;

- Mikrokapsül sistemi ile termal ısıyı absorbalaması, depolaması ve belirli sıcaklıkta serbest bırakması
- Uygulanan kumaşa termal konfor özelliği kazandırması
- Yıkamaya dayanıklı olması
- 28 °C sıcaklıkta mikrokapsüllerin faz değişimi

Kullanılan kimyasalın teknik verileri;

- Beyaz dispersiyon
- pH değeri, 6,5 - 9,0
- Özgül ağırlığı 20 °C' de 0,97 g/cm<sup>3</sup>
- Soğuk ve ılık suda kolayca seyreltilir
- Alınan banyo oranı % 80-90
- DSC ölçümü sonucu entalpi değeri 10 J/g
- İçerik parafin ve formaldehit içermeyen reçine dış çeper

Ön işlem görmüş kumaşlara 50 g/l, 100g/l ve 200g/l faz değiştiren malzeme uygulaması için her bir konsantrasyon için 50 litre çözelti hazırlanmıştır. Çözelti hazırlanırken pH değerini alkaliye yönelik döndürmek için çözeltiye bir miktar sodyum bikarbonat (soda) eklenerek pH değerinin 10 civarında olması sağlanmıştır. Ayrıca çözelti hazırlarken kullanılan suyun sıcaklığının 40°C'ı geçmemesine dikkat edilmiştir. Çizelge 3.3'de hazırlanan çözeltilerin miktarları verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Deneysel çalışmada kullanılan çözelti miktarları

Konsantrasyon	50 g/l FDM	100 g/l FDM	200 g/l FDM
Çözelti miktarı	50 litre	50 litre	50 litre
FDM miktarı	2,5 kg	5 kg	10 kg

Hazırlanan çözeltiler, her bir kumaş numunesi için fulard ünitesinde emdirme yöntemiyle aktarılmıştır (Şekil 3.2). Kumaşların fulardan geçiş hızı 10 m/dk ve ram ünitesinde kurutma sıcaklığı 150 °C olarak sabit tutulmuştur. İşlem sonrasında ham kumaşlar ile birlikte 24 kumaş yapısı oluşmuştur.



**Şekil 3.2.** Fulard Emdirme makinası

### 3.2.2. Çalışmada Kullanılan Test Yöntemleri

Ön işlem görmüş ve faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlara aşağıda belirtilen testler uygulanmıştır.

#### 3.2.2.1. Gramaj Tayini

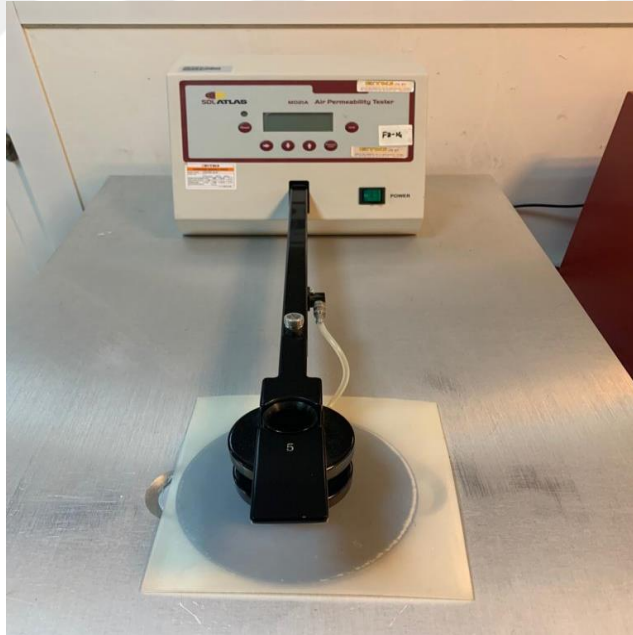
Numune kumaşların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi doğrultusunda gramaj tayini gerçekleştirilmiştir. Gramaj tayini TS EN 12127 Standardına uygun Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kumaşların 24 saat boyunca kondüsyonlanması sonrasında gramajları g/m<sup>2</sup> cinsinden belirlenmiştir.



**Şekil 3.3.** Gramaj tayini metodunda kullanılan hassas terazi

### 3.2.2.2. Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği testi Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan TS 391 EN ISO 9237'ye göre SDL ATLAS hava geçirgenliği cihazında (Şekil 3.4) gerçekleştirilmiştir. Uygulanan basınç 100 Pa ve yüzey alanı olarak 5 cm<sup>2</sup> koşullarında belirlenmiştir.



**Şekil 3.4.** Hava geçirgenliği test cihazı

### 3.2.2.3. Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği testi Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan TS EN ISO 11092'ye göre PERMETEST su buharı geçirgenliği cihazında (Şekil 3.5) gerçekleştirilmiştir. Kumaşların su buharı direnci  $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{w}$  ve % su buharı geçirgenliği değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Permetest su buharı geçirgenliği test cihazı

### 3.2.2.4. Termal Konfor Özellikleri

Kumaşların termal konfor özellikleri Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan ALAMBETA cihazında (Şekil 3.6) EN ISO 11092 standardına göre belirlenmiştir. Kumaşların belirlenen termal konfor özellikleri:

- termal iletkenlik katsayısı:  $\lambda$  ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
- termal difüzyon katsayısı:  $a$  ( $\text{m}^2/\text{sn}$ )
- termal soğurganlık:  $b$  ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\sqrt{\text{sn}}\cdot\text{K}$ )
- termal direnç:  $r$  ( $\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ )
- ısı akış miktarı:  $q$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- kumaş kalınlığı:  $h$  (mm)



**Şekil 3.6.** Alambeta termal iletkenlik test cihazı

### 3.2.2.5. Nem Yönetim Özellikleri

Kumaşların nem yönetim özelliklerinin belirlenmesi için Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan SDL ATLAS MMT cihazında AATCC 195 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Uygulanan test sonucunda kumaşların ıslanma süresi ve hızı, emilim oranı ve sıvı yönetim performansı ölçülmüştür.



**Şekil 3.7.** MMT nem yönetim test cihazı

#### **3.2.2.6. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Analizi**

Kumaş numunelerinin sıcaklık değişimine bağlı ısı kapasitelerini belirlemek için DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetri) analizi yapılmıştır. DSC analizi 10 °C/dk ısıtma hızında -20 °C / 40 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. DSC analizi Bursa Teknik Üniversitesi MERLAB laboratuvarında TA / Discovery DSC250 cihazında ISO11357-4 ve ISO11357-3 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.2.7. Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntü Analizi**

Kumaş yapısında mikrokapsül varlığını ve dağılımını belirlemek için numunelerin taramalı elektron mikroskobunda görüntüleri alınmıştır. Görüntü alma işlemleri Bursa Teknik Üniversitesi MERLAB laboratuvarında bulunan Carl Zeiss / Gemini 300 modeli elektron mikroskobunda gerçekleştirilmiştir.

### **3.3. İstatistiksel Değerlendirme**

Verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi (ANOVA) kullanarak kumaş yapısı, iplik kompozisyonu ve kumaşa uygulanan faz değiştiren malzeme oranının kumaşların konfor özellikleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. İstatistiksel analizde anlamlılık düzeyi (p) 0,05 kabul edilmiştir. ANOVA tablosuna göre  $p < 0,05$  olduğunda hangi grupların birbirinden farklı olduğunu belirlemek için Student-Newman-Keuls (SNK) testi uygulanmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Konfor Özelliklerinin Değerlendirilmesi

#### 4.1.1. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Hava Geçirgenliği Özellikleri

Kumaşlara faz değiştiren malzeme uygulanmadan önce ön işlem olarak enzimatik hidrofilleştirme, reaktif boyarmadde ile boyama, yumuşatıcı uygulaması ve ramözde kurutma işlemleri uygulanmıştır. Kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Ön işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği sonuçları

<b>Kumaş Kodu</b>	<b>Hava Geçirgenliği (l/ m<sup>2</sup> /s)</b>
K1	158,4
K2	127,2
K3	151,6
K4	226,8
K5	141,0
K6	742,6

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki yüzü arasında belirli bir basınç farkı bulunduğunda birim kumaş yüzeyinden geçen hava akımının hacmidir. Ön işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde K6 kodlu gipeli punto di roma örgüsüne sahip kumaşın en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer kumaş yapıları ile karşılaştırıldığında kumaş gramajının diğerlerine göre daha düşük ve daha gözenekli yapıya sahip olması dolayısıyla hava geçirgenliği daha yüksektir.

#### 4.1.2. Ön işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği test sonuçları

Bir kumaşın su buharı geçirgenliği özellikle yüksek aktivite ve sıcak hava şartları sonucu oluşan yüksek metabolik ısı ve terleme durumlarında konfor performansı üzerinde belirleyici olur. Ön işlem görmüş kumaşların su buharı direnci ve su buharı geçirgenlik yüzdesi Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek su buharı direnci K5 kodlu vanize süprem örgü kumaşta elde edilmiştir. Bu kumaş yapısında ön yüzde polyester

arka yüzde polyester/yün/ elastan karışımı iplik kullanılmıştır. Yün lifinin hidrofıl yapısı nedeni su buharı molekülleri lifler tarafından emilerek bünyesinde tutulmaktadır. Bu da su buharının difüzyonunu yavaşlatmaktadır. En düşük su buharı direnci K2 kodlu süprem kumaşta görülmüştür. Bu kumaş yapısı düşük puntolu tekstüre polyester iplikten örülmüştür. İplik yapısının daha gevşek olması ve hidrofob özellikteki polyester lifinin kullanılmış olması su buharı direncini düşürmektedir.

**Çizelge 4.2.** Ön işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları

<b>Kumaş Kodu</b>	<b>Su Buharı Direnci (Pa.m<sup>2</sup>/w)</b>	<b>Su Buharı Geçirgenliği (%)</b>
K1	6,98	53,14
K2	4,12	64,94
K3	5,92	56,54
K4	5,94	58,98
K5	8,82	54,40
K6	7,08	53,34

#### **4.1.3. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Termal Konfor Özellikleri**

Ön işlem görmüş kumaşların ölçülen termal konfor parametreleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Termal iletkenlik katsayıları açısından kumaşlar değerlendirildiğinde K2 kodlu polyester süprem kumaşın 59,56 W/mK ile en düşük termal iletkenliğe sahip olduğu görülmektedir. Literatürde belirtildiği gibi pamuk lifinin termal iletkenlik katsayısı yüksektir ve buna bağlı olarak pamuk içeren kumaşların termal iletkenlik katsayıları daha yüksektir (Güneşoğlu, 2005). En yüksek termal iletkenlik değerleri K3 ve K4 kodlu kumaşlarda elde edilmiştir. Bu kumaş yapılarında arka yüzde kullanılan pamuk lifinin oranı daha fazladır. Isı akış miktarı açısından değerlendirildiğinde bu kumaşların ısı akış miktarları diğer kumaşlara nazaran yüksektir.

Termal direnç kumaşların ısı iletimine karşı gösterdiği dirençtir. Ön işlem görmüş kumaşların termal direnç özellikleri incelendiğinde K6 kodlu kumaş 14,74 Km<sup>2</sup>/W ile en yüksek termal dirence sahip olduğu görülmektedir. Bu kumaşın kalınlığı diğer kumaşlara göre daha fazladır. Kumaş kalınlığının fazla olması içinde tutulan hava miktarını ve dolayısıyla termal direnci artıracaktır. K3 ve K4 kodlu kumaşlarda termal

iletkenlik katsayısının yüksek olması dolayısıyla daha düşük termal direnç değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Ön işlem görmüş kumaşların termal özellikleri

Kumaş Kodu	Termal iletkenlik $\lambda$ (W/m.K)	Termal difüzyon katsayısı a (m <sup>2</sup> /sn)	Termal soğurganlık b (W/m <sup>2</sup> . $\sqrt$ sn.K)	Termal direnç r (Km <sup>2</sup> /W)	Isı akış miktarı q (W/m <sup>2</sup> )	Kumaş kalınlığı h (mm)
K1	70,84	0,101	222,4	10,66	0,567	0,756
K2	59,56	0,094	193,8	10,88	0,522	0,648
K3	71,58	0,092	235,4	10,12	0,620	0,724
K4	71,58	0,086	243,2	9,68	0,644	0,690
K5	63,82	0,082	222,4	11,02	0,561	0,702
K6	59,54	0,111	178,4	14,74	0,543	0,878

#### 4.1.4. Ön İşlem Görmüş Kumaşların Nem Yönetim Özellikleri

Ön işlem görmüş kumaşların SDL Atlas MMT cihazında yapılan test sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Cihazda üst yüzey, giysi giyildiğinde insan vücudunun derisine yakın olan kısmı; alt yüzey ise dış çevreye yakın olan kısmı simüle etmektedir.

**Çizelge 4.4.** Ön işlem görmüş kumaşların sıvı nem yönetim özellikleri

Kumaş Kodu	WT(t) (sec)	WT(b) (sec)	TAR (%/sec)	BAR (%/sec)	OMMC
K1	24,575	6,778	25,720	32,538	0,760
K2	5,890	3,396	72,724	73,252	0,833
K3	4,743	2,962	43,329	23,588	0,740
K4	5,437	5,531	52,570	76,366	0,827
K5	1,934	10,571	31,634	46,973	0,655
K6	5,906	5,906	24,819	85,048	0,917

Islanma süresi, malzemenin sıvı tarafından ne kadar hızlı veya yavaş ıslatıldığını ifade etmektedir. Islanma süresi ne kadar kısa olursa sıvı, malzeme tarafından daha kolay ve hızlı emilmektedir. Ön işlem görmüş kumaşların üst ve alt yüzey ıslanma süreleri (WT(t) ve WT(b)) değerlendirildiğinde en yüksek üst ıslanma süresine K1 kodlu pamuk süprem kumaşın sahip olduğu görülmektedir. Bu pamuklu kumaşın sıvı ter çözeltisini diğer

kumaşlardan daha yavaş ve daha uzun sürede emdiğini göstermektedir. En düşük üst ıslanma süresi K5 kodlu yün içeriğine sahip vanize süprem örgüde görülmüştür. Alt ıslanma süresi açısından ise en yüksek değere sahiptir. Bu da kamışın daha hızlı ıslandığı ancak dış çevreye daha uzun sürede sıvıyı iletmediğini göstermektedir.

Emilim oranı (TAR ve BAR) sırasıyla üst ve alt kumaş yüzeylerinin sıvının pompalanma süresi içinde % olarak ortalama emilim kabiliyetini göstermektedir. Ön işlem görmüş kumaş yapıları değerlendirildiğinde K2 kodlu düşük puntolu polyester ve elastan iplik içeren süprem kumaşın en yüksek üst emilim oranına sahip olduğu görülmektedir.

Kumaşların Genel Nem Yönetimi (OMMC) açısından değerlendirilmesi cihazın değerlendirme skalasına (Çizelge 4.5) göre yapılır.

**Çizelge 4.5.** Genel nem yönetimi (OMMC) değerlendirme skalası (SDL Atlas Nem Yönetim Cihazı test kataloğu)

İndeksler		Derece	Skala				
			1	2	3	4	5
Islanma süresi (sn)	üst	>120	20-119	5-19	3-5	<3	
		ıslanma yok	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
	alt	>120	20-119	5-19	3-5	<3	
		ıslanma yok	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
Emilim oranı (%/sn)	üst	0-9	10-29	30-49	50-100	>100	
		çok yavaş	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
	alt	0-9	10-29	30-49	50-100	>100	
		çok yavaş	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
Maksimum ıslak daire yarıçapı (mm)	üst	0-7	8-12	13-17	18-22	>22	
		ıslanma yok	küçük	orta	hızlı	çok hızlı	
	alt	0-7	8-12	13-17	18-22	>22	
		ıslanma yok	küçük	orta	hızlı	çok hızlı	
Islanma hızı (mm/sn)	üst	0,0-0,9	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,0	>4,0	
		çok yavaş	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
	alt	0,0-0,9	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,0	>4,0	
		çok yavaş	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı	
Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)	<-50	-50-99	100-199	200-400	>400		
	çok kötü	kötü	iyi	çok iyi	mükemmel		
Sıvı yönetim performansı	0,0-0,19	0,2-0,39	0,4-0,59	0,6-0,8	>0,8		
	çok kötü	kötü	iyi	çok iyi	mükemmel		

Çizelge 4.5'e göre genel nem yönetimi açısından kumaşlar "çok iyi" sınıfında yer almaktadır. Gipeli punto di roma örgü yapısında olan K6 kodlu kumaş genel nem yönetimi açısından "mükemmel" seviyesindedir.

## 4.2. Faz Değiştiren Malzeme (FDM) İle İşlem Görmüş Kumaşların zellikleri

Kumaşların ısı düzenleme etkilerini geliştirmek amacıyla faz değiştiren malzeme 50, 100 ve 200 g/l olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda fulardda emdirme yöntemine göre kumaşa aktarılmıştır. Uygulanan faz değiştiren malzemenin sıcaklık değişimine bağlı ısı kapasitelerini belirlemek için DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetri) analizi ve kumaş üzerindeki dağılımını belirlemek amacıyla taramalı elektron mikroskobunda (SEM) görüntüleri alınmıştır.

### 4.2.1. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Gramaj Tayini Sonuçları

Faz değiştiren malzeme ile işlem görmüş kumaşların gramaj, kalınlık, ilmek çubuk sayısı, ilmek sıra sayısı ve ilmek yoğunluğu değerleri izelge 4.6'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kumaşların faz değiştiren malzeme ile işlem gördükten sonra yapılan kurutma işlemi sonrasında gramaj ve kalınlık değerleri azalmıştır.

**Çizelge 4.6.** Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların fiziksel değerleri

Kumaş kodu	Konsant. miktarı	İlmeK Sıra Sayısı/cm	İlmeK ubuk Sayısı/cm	İlmeK yoğunluğu/cm <sup>2</sup>	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)
K1	n işlem	24	14	322	269,40	0,756
	50 g/l	23	13	299	253,94	0,732
	100 g/l	23	13	299	253,00	0,714
	200 g/l	22	13	286	251,24	0,694
K2	n işlem	27	17	459	280,86	0,648
	50 g/l	25	15	375	241,10	0,514
	100 g/l	25	15	375	262,04	0,487
	200 g/l	24	14	336	260,34	0,502
K3	n işlem	22	13	286	281,54	0,724
	50 g/l	20	11	220	243,94	0,646
	100 g/l	20	11	220	245,06	0,654
	200 g/l	20	11	220	245,02	0,656
K4	n işlem	22	12	264	279,38	0,690
	50 g/l	21	11	231	271,46	0,670
	100 g/l	21	11	231	280,78	0,682
	200 g/l	20	11	220	274,48	0,656
K5	n işlem	22	14	308	326,40	0,702
	50 g/l	20	12	240	303,16	0,556
	100 g/l	20	12	240	299,50	0,541
	200 g/l	20	12	240	302,80	0,525

**Çizelge 4.6.** Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların fiziksel değerleri (devam)

K6	Ön işlem	20	14	280	253,72	0,878
	50 g/l	20	12	240	271,22	0,545
	100 g/l	20	12	240	263,08	0,549
	200 g/l	20	12	240	268,98	0,577

#### 4.2.2. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların DSC Analiz Sonuçları

Kumaşlar üzerine uygulanan FDM artan ortam sıcaklığı ile birlikte ( RUCO-THERM PCM 28 = 28 °C), FDM' nin faz durumu katı halden sıvı hale geçer. Bu erime işlemi sırasında ortamdan gizli ısı enerjisi soğurularak depolanır. Böylece bir soğutma etkisi sağlanmış olur. FDM' nin erime sıcaklığı ( $T_m$ ) 28 °C entalpi değeri (füzyon gizli ısı) 10 J/g dır. Kumaşların DSC analiz sonuçları erime sıcaklığı ( $T_m$ ), erime entalpisi ( $\Delta H_m$ ), kristalleşme sıcaklığı ( $T_c$ ) ve kristalleşme entalpisi ( $\Delta H_c$ ) Çizelge 4.7'de verilmiştir.

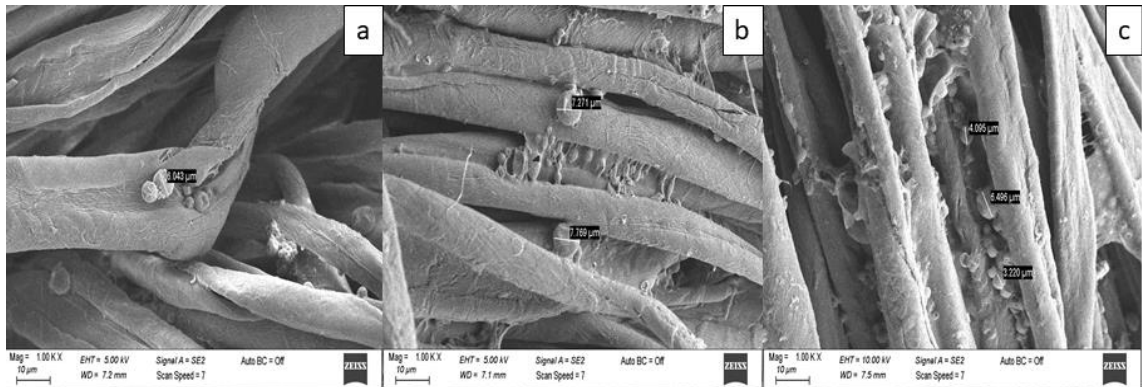
**Çizelge 4.7.** Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların DSC analiz sonuçları

	50 g/l FDM				100 g/l FDM				200 g/l FDM			
	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	$T_m$ (°C)	$\Delta H_m$ (J/g)	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	$T_m$ (°C)	$\Delta H_m$ (J/g)	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	$T_m$ (°C)	$\Delta H_m$ (J/g)
<b>K1</b>	21,59	0,9903	26,99	0,6819	21,68	2,0197	26,97	1,6345	21,63	4,4395	26,99	2,9126
<b>K2</b>	20,71	0,7969	26,97	0,6797	20,84	1,4422	27,00	1,1816	21,44	3,3416	27,07	3,1406
<b>K3</b>	21,48	1,2048	27,02	0,8046	22,61	3,0301	27,01	2,372	21,98	4,6432	27,01	4,0135
<b>K4</b>	21,86	1,1869	27,00	0,7515	21,82	2,6279	27,12	1,6624	21,86	4,4099	26,94	3,4650
<b>K5</b>	21,64	1,3428	26,96	0,7083	20,89	1,2166	26,94	0,9216	21,60	2,6494	26,97	2,2187
<b>K6</b>	21,21	1,2399	27,00	0,6006	21,80	2,5987	27,01	1,8001	21,52	3,0619	27,08	2,5526

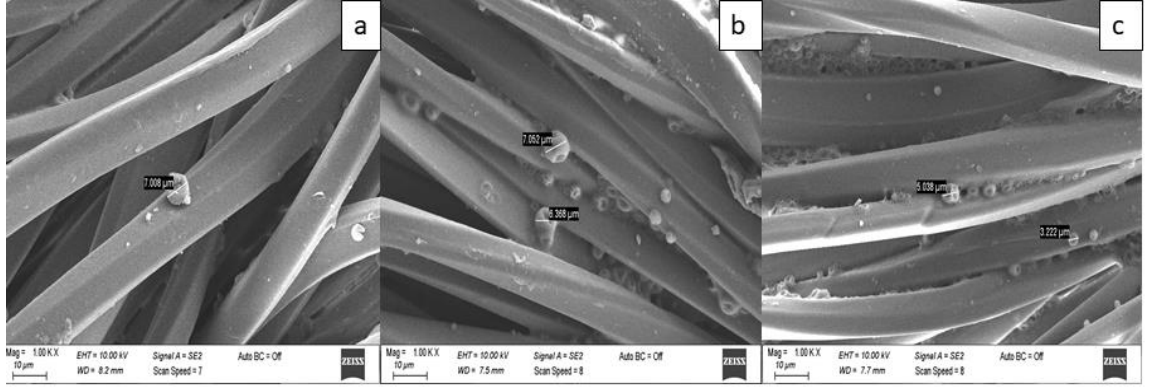
Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların DSC analizlerine bakıldığında FDM konsantrasyon miktarı arttıķa kristalleşme sıcaklıklarının arttığı bununla birlikte kristalleşme entalpisinin de arttığı gözlemlenmektedir. Erime sıcaklıklarını genel anlamda incelediğinde en düşük 26,94 °C olurken en yüksek 27,08 °C olduğu gözlenmektedir. Kumaşlara uygulanan FDM konsantrasyon farklılıkları arasında erime sıcaklık farkları minimal olduğu gözlemlenmiştir. Fakat erime entalpsi FDM konsantrasyonu arttıķa yükselmiştir.

#### 4.2.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların SEM Görüntüleri

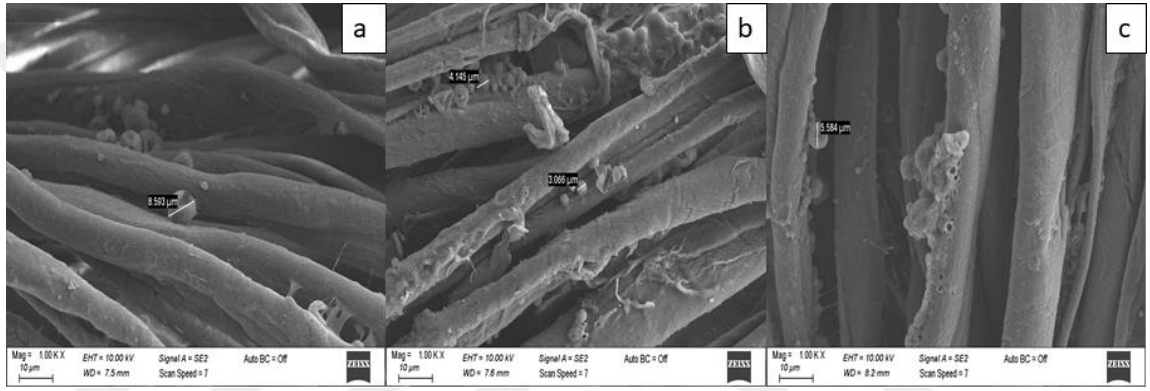
Taramalı elektron mikroskobu cihazı ile kumaş üzerine uygulanan faz değiştiren mikrokapsüllerin yerleşimi incelenmiştir. Uygulanan farklı konsantrasyondaki faz değiştiren mikrokapsül yapıları ve mikrokapsüllerin kumaş üzerine yerleşiminin etkisi değerlendirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobundan alınan görüntüleri göre tüm kumaş yapılarında uygulanan FDM konsantrasyon miktarı arttıķa mikrokapsül miktarlarında da artış gözlemlenmiştir. Fakat mikrokapsüller homojen yayılımdan daha fazla öbekleşerek yayılım gerçekteşirmiştir. Mikrokapsül çapları 3µm ve 8,5µm aralığında çeşitli boylarda yüzey üzerine tutunmuştur. Yüzey üzerinde bazı mikrokapsüllerin patladığı SEM görüntülerinde net bir şekilde görülmektedir. Bu sonuçlar ışıkında uygulanan FDM konsantrasyonu miktarı kumaş için anlamlı etki oluşturmaktadır. şekil 4.1, şekil 4.2, şekil 4.3, şekil 4.4, şekil 4.5 ve şekil 4.6'da üç farklı konsantrasyona göre elde edilen görüntüler verilmiştir.



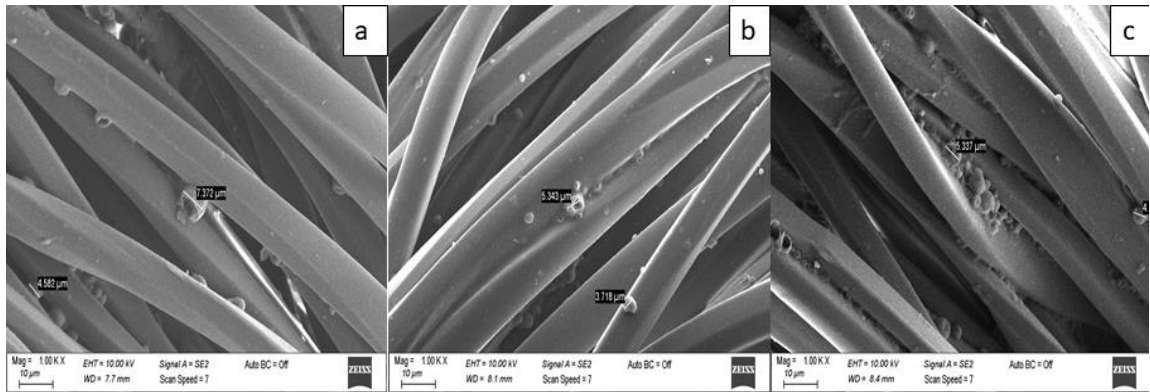
**şekil 4.1.** K1 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM



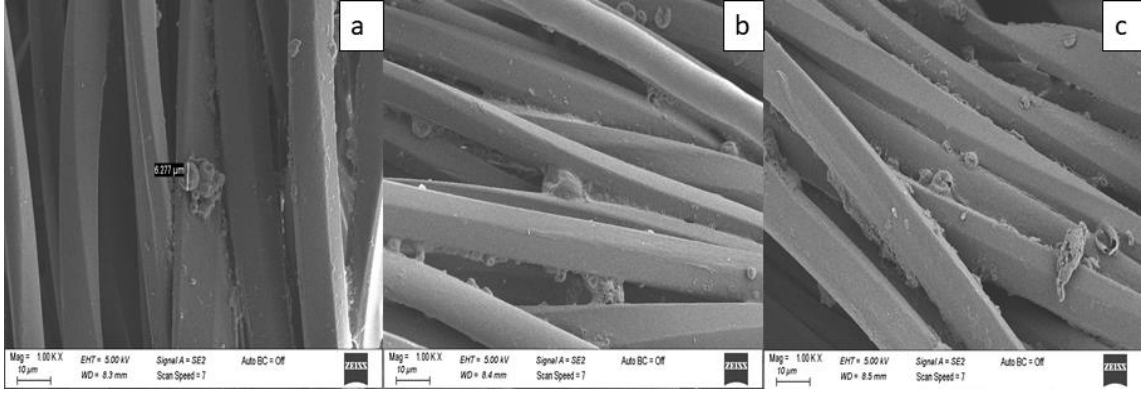
**Şekil 4.2.** K2 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM



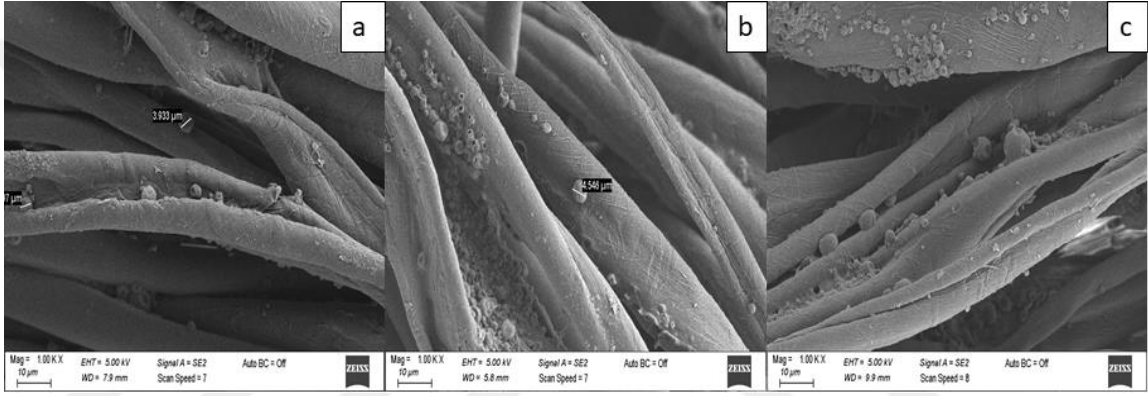
**Şekil 4.3.** K3 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM



**Şekil 4.4.** K4 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM



Şekil 4.5. K5 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM



Şekil 4.6. K6 kumaşının SEM görüntüleri a) 50g/l FDM, b) 100 g/l FDM, c) 200 g/l FDM

### 4.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Konfor zelliklerinin Değerlendirilmesi

#### 4.3.1. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Hava Geçirgenliği zellikleri

Üç farklı konsantrasyonda faz değiştiren malzeme ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği değerleri izelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** FDM ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği sonuçları

Kumaş Kodu	Konsantrasyon oranı (g/l)	Hava Geçirgenliği (l/ m <sup>2</sup> /s)
K1	50	187,0
	100	205,0
	200	222,6
K2	50	284,0
	100	290,6
	200	286,8
K3	50	315,0
	100	333,2
	200	384,4
K4	50	277,4
	100	257,4
	200	307,4
K5	50	291,4
	100	320,2
	200	364,4
K6	50	676,2
	100	823,6
	200	777,0

Kumaş yapısının ve konsantrasyon oranının hava geçirgenliği üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 23 programında iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Çizelge 4.9’da ANOVA test sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.9.** Hava geçirgenliği iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	4738718,667(a)	23	206031,246	589,025	,000
Sabit öznel	13842096,133	1	13842096,133	39573,344	,000
Kumas_Tipi	4263422,567	5	852684,513	2437,751	,000
Konsantrasyon	308488,467	3	102829,489	293,981	,000
Kumas_Tipi * Konsantrasyon	166807,633	15	11120,509	31,793	,000
Hata	33579,200	96	349,783		
Toplam	18614394,000	120			
Düzeltilmiş Toplam	4772297,867	119			

a R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,991)

İstatistiksel analizde anlamlılık düzeyi (p) 0,05 kabul edilmiştir. ANOVA tablosuna göre  $p < 0,05$  olduğunda hangi grupların birbirinden farklı olduğunu belirlemek için SNK (Student-Newman-Keuls) testi uygulanmıştır. ANOVA test sonucuna göre kumaş tipinin ve konsantrasyonun hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş tipine göre SNK sonuçları Çizelge 4.10'da ve konsantrasyon oranına göre yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Hava geçirgenliği testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları

Kumas_Tipi	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
K1	20	193,25					
K2	20		247,15				
K4	20			267,25			
K5	20				279,25		
K3	20					296,05	
K6	20						754,85
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = 349,783.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

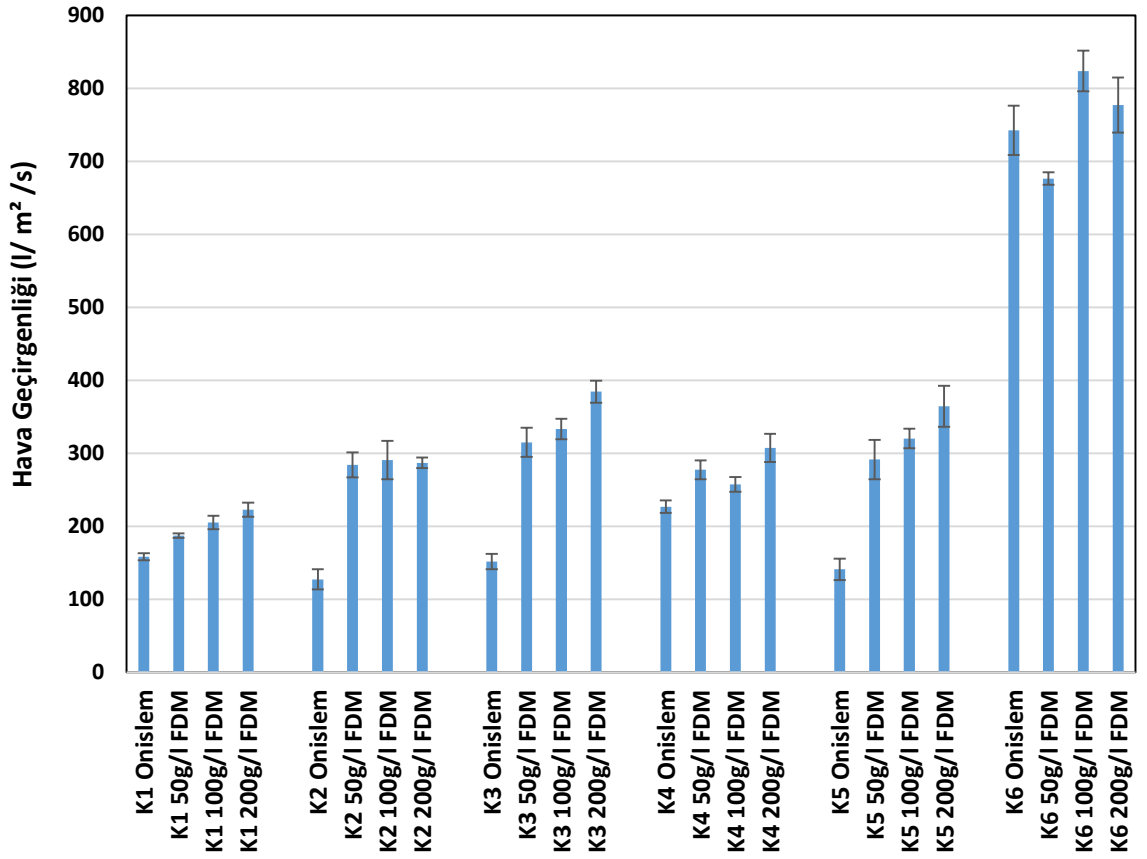
b Alpha = ,05.

SNK sonuçlarına göre en yüksek hava geçirgenliği değerleri Gipeli punto di roma örgü yapısına sahip K6 kodlu kumaş yapısında edilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Hava geçirgenliği üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset			
		1	2	3	4
Onislem	30	257,93			
50g/l	30		338,50		
100g/l	30			371,67	
200g/l	30				390,43
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 349,783.					
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.					
b Alpha = ,05.					

Uygulanan FDM konsantrasyon miktarının kumaşın hava geçirgenliğini etkilediği gözlemlenmektedir. FDM konsantrasyon miktarı arttıkça kumaşın hava geçirgenliği değerlerinin artmaktadır. Buna göre 200 g/l konsantrasyon oranında elde edilen hava geçirgenliği değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Şekil 4.7’de kumaşların hava geçirgenliği değerleri verilmiştir.



Şekil 4.7. Numune kumaşların hava geçirgenliği sonuçları

Faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşların hava geçirgenliği değerlerine bakıldığında genel olarak ön işlem görmüş kumaşların değerlerine göre bir artış gözlenmektedir. Bu durum faz değiştiren malzeme uygulaması sonrasında yapılan kurutma işlemi sonrasında gramaj ve kalınlık değerlerinin azalması ile açıklanabilir. Süprem örgü yapısında olan K1 ve K2 kodlu kumaşlar değerlendirildiğinde gramajı ve kalınlığı daha az olan K2 kodlu kumaşın hava geçirgenliği daha fazladır.

Vanize süprem örgü yapısında olan K3, K4 ve K5 kodlu kumaşlarda tekstüre polyester iplik kullanılan K3 kodlu kumaşın hava geçirgenliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç Özkan ve Kaplangiray (2019), yaptığı çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumludur. Tekstüre polyester iplik içeren örme kumaşlarda iplik yapısının gevşek olması daha yüksek hava geçirgenliğine neden olmaktadır.

Gipeli punto di roma örgüsüne sahip kumaşımız ise en yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir. İnterlok yapıdaki bu kumaşın gramajının yüksek olmasına rağmen örgü raporundaki atlamalar nedeniyle oluşan gözenekli yapıya bağlı olarak hava geçirgenliği değeri diğer kumaş yapılarına göre daha fazladır.

Uygulanan faz değiştiren malzemenin konsantrasyondaki değişimin etkisine bakıldığında genel olarak tüm kumaş yapılarında konsantrasyon oranı arttıkça hava geçirgenliği değerlerinin arttığı görülmektedir.

#### 4.2.2. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Su Buharı Geçirgenlik Özellikleri

Faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşların su buharı direnci (Pa.m<sup>2</sup>/w) ve su buharı geçirgenliği (%) Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** FDM ile işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları

Kumaş Kodu	Konsantrasyon oranı (g/l)	Su Buharı Direnci Pa.m <sup>2</sup> /w	Su Buharı Geçirgenliği (%)
K1	50	7,00	54,06
	100	7,24	54,52
	200	7,92	56,94
K2	50	4,06	67,26
	100	4,58	64,20
	200	5,82	64,94
K3	50	6,00	56,76
	100	5,60	57,28
	200	6,88	60,94
K4	50	5,92	59,44
	100	5,98	59,02
	200	7,34	58,96
K5	50	5,10	60,06
	100	7,12	58,18
	200	8,20	54,54
K6	50	6,70	54,64
	100	6,84	55,50
	200	8,58	55,52

Kumaş tipinin ve konsantrasyon oranının su buharı geçirgenliği üzerinde etkili olup olmadığını görmek amacıyla yapılan iki faktörlü ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Su buharı direnci iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	177,868(a)	23	7,733	8,088	,000
Sabit öznel	5119,520	1	5119,520	5354,213	,000
Kumaş_Tipi	120,550	5	24,110	25,215	,000
Konsantrasyon	38,127	3	12,709	13,292	,000
Kumaş_Tipi * Konsantrasyon	19,191	15	1,279	1,338	,195
Hata	91,792	96	,956		
Toplam	5389,180	120			
Düzeltilmiş Toplam	269,660	119			

a R Squared = ,660 (Adjusted R Squared = ,578)

Çizelge 4.13’e göre kumaş tipinin ve konsantrasyon oranının su buharı direnci üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş yapıları arasında anlamlılık düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Su buharı direnci testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları

Kumaş_Tipi	N	Subset		
		1	2	3
K2	20	4,645		
K3	20		6,100	
K4	20		6,295	
K1	20			7,285
K6	20			7,300
K5	20			7,565
Sig.		1,000	,530	,638

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,956.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b Alpha = ,05.

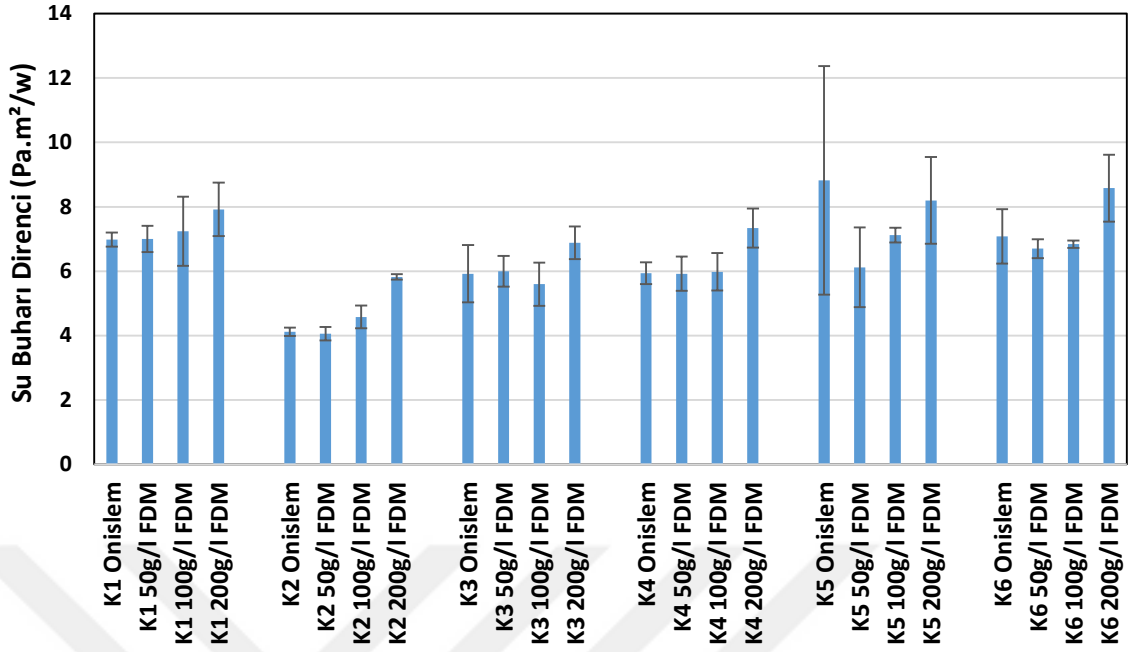
Çizelge 4.14'e K3 ve K4 kodlu kumaşlar ile K1, K6 ve K5 kodlu kumaşlar kendi içinde benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.15'de Uygulanan konsantrasyon oranına bağlı su buharı direnci SNK analizi verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Su buharı direnci üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset	
		1	2
50g/l	30	5,967	
100g/l	30	6,227	
Onislem	30	6,477	
200g/l	30		7,457
Sig.		,113	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = ,956.			
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.			
b Alpha = ,05.			

Çizelge 4.15'e göre ön işlem görmüş, 50 g/l ve 100 g/l konsantrasyon oranında faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlar arasında anlamlı bir fark görülmezken 200 g/l konsantrasyon oranında işlem görmüş kumaşların su buharı direnci farklıdır. Şekil 4.8'de kumaşların su buharı direnci değerleri görülmektedir.



**Şekil 4.8.** Numune kumaşların su buharı direnci sonuçları

Şekil 4.8'e bakıldığında süprem kumaş yapısındaki K1 ve K2 kodlu kumaşlardan K2 kumaş yapısı en düşük su buharı direncine sahiptir. Bu kumaş yapısının ön işlem görmüş halinde de en düşük su buharı direnci elde edilmiştir. Konsantrasyon farklılığı dikkate alındığında 200 g/l konsantrasyonda FDM uygulanan kumaş yapılarında daha yüksek su buharı direnci değerleri elde edilmiştir. Kumaşların SEM görüntüleri incelendiğinde bu kumaş yapılarında daha fazla oranda mikrokapsüllerin öbek formunda kumaş yüzeyine bağlandığı görülmektedir. Bu durum kumaşların su buharı direncini arttırmıştır.

#### **4.2.3. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Termal Konfor Parametrelerinin Değerlendirilmesi**

Üç farklı konsantrasyonda faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşların ölçülen termal konfor parametreleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

**Çizelge 4.16.** FDM ile işlem görmüş kumaşların termal konfor özellikleri

Kumaş Kodu	FDM oranı (g/l)	Termal iletkenlik $\lambda$ (W/m.K)	Termal difüzyon katsayısı a (m <sup>2</sup> /sn)	Termal soğurganlık b (W/m <sup>2</sup> . $\sqrt$ sn.K)	Termal direnç r (Km <sup>2</sup> /W)	Isı akış miktarı q (W/m <sup>2</sup> )	Kumaş kalınlığı h (mm)
K1	50	67,94	0,093	222,2	10,78	0,581	0,732
	100	67,20	0,091	222,2	10,64	0,581	0,714
	200	65,32	0,063	251,2	10,64	0,597	0,694
K2	50	55,58	0,088	187,0	11,12	0,616	0,514
	100	57,12	0,087	187,0	11,28	0,648	0,487
	200	57,84	0,071	217,6	11,26	0,654	0,502
K3	50	66,12	0,083	229,4	9,78	0,627	0,646
	100	66,40	0,082	231,4	9,82	0,636	0,654
	200	66,34	0,064	261,0	9,88	0,636	0,656
K4	50	69,54	0,084	239,8	9,60	0,637	0,670
	100	69,64	0,087	236,0	9,78	0,617	0,682
	200	64,32	0,056	270,8	10,16	0,608	0,656
K5	50	60,66	0,072	225,0	11,18	0,678	0,556
	100	60,02	0,073	221,4	11,36	0,682	0,541
	200	59,52	0,071	223,2	11,38	0,678	0,525
K6	50	61,14	0,109	184,5	14,82	0,904	0,545
	100	59,00	0,104	183,4	14,96	0,882	0,549
	200	57,36	0,066	221,8	14,98	0,858	0,577

### Isıl İletkenlik

Kumaş yapısının ve konsantrasyon oranının ısı iletkenlik üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 23 programında iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Çizelge 4.17’de ANOVA test sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.17.** Isıl iletkenlik iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	2925,038(a)	23	127,176	109,879	,000
Sabit öznel	486400,600	1	486400,600	420246,756	,000
Kumas_Tipi	2462,177	5	492,435	425,461	,000
Konsantrasyon	298,501	3	99,500	85,968	,000
Kumas_Tipi * Konsantrasyon	164,360	15	10,957	9,467	,000
Hata	111,112	96	1,157		
Toplam	489436,750	120			
Düzeltilmiş Toplam	3036,150	119			

a R Squared = ,963 (Adjusted R Squared = ,955)

ANOVA test sonucuna göre kumaş tipinin ve konsantrasyonun ısıl iletkenlik üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş tipine göre SNK sonuçları Çizelge 4.18’de ve konsantrasyon oranına göre yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** Isıl iletkenlik testinde kumaş tipinin değişkeninin etki sonuçları

Kumas_Tipi	N	Subset				
		1	2	3	4	5
K2	20	57,525				
K6	20		59,260			
K5	20			61,005		
K3	20				67,610	
K1	20				67,825	
K4	20					68,770
Sig.		1,000	1,000	1,000	,529	1,000

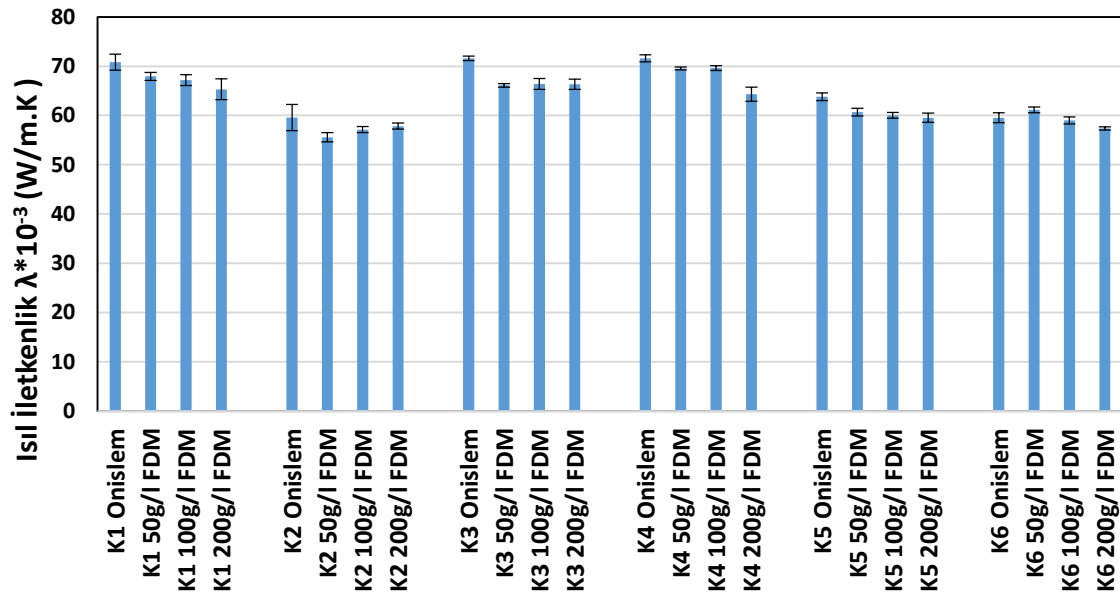
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = 1,157.  
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.  
b Alpha = ,05.

SNK sonuçlarına göre en yüksek ısıl iletkenlik değerleri vanize süprem örgü yapısına sahip K4 kodlu kumaş yapısında görülmektedir. K1 ve K2 kodlu kumaş arasında anlamlı farklılıklar görülmemektedir.

**Çizelge 4.19.** Isıl iletkenlik üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset		
		1	2	3
200g/l	30	61,783		
100g/l	30		63,230	
50g/l	30		63,497	
Onislem	30			66,153
Sig.		1,000	,339	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The error term is Mean Square(Error) = 1,157.				
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.				
b Alpha = ,05.				

Uygulanan FDM konsantrasyon miktarının kumaşın ısıl iletkenliği etkilediği gözlemlenmektedir. FDM konsantrasyon miktarı arttıkça kumaşın ısıl iletkenlik değerleri azalmaktadır. Buna göre 200 g/l konsantrasyon oranında elde edilen ısıl iletkenlik değeri daha düşük elde edilmiştir. Şekil 4.9’da kumaşların ısıl iletkenlik değerleri verilmiştir.



**Şekil 4.9.** Numune kumaşların ısıl iletkenlik sonuçları

FDM uygulamasının genel olarak tüm kumaş yapılarında ısıl iletkenliği düşürdüğü gözlemlenmiştir. Şekil 4.9’a bakıldığında pamuk içeriği bulunan K1 süprem örme kumaşlarında uygulanan FDM konsantrasyonu arttıkça ısıl iletkenlik değerlerinde de

düşüş görülmektedir. FDM uygulanan Poliyester içeriği bulunan K2 süprem ve K3 vanize süprem ısı iletkenlik değeri ilk başta düşme eğilim gösterse de konsantrasyon miktarı arttıkça minimal artışlar görülmektedir. K4 ve K5 vanize süprem kumaşlardaki FDM konsantrasyon miktarı arttıkça ısı iletkenlik değeri azalmıştır. K6 gipeli punto di roma örme kumaşında FDM konsantrasyonu ilk uygulamada ısı etkinliği arttırmış görülsede uygulanan FDM miktarı arttıkça ısı iletkenlik değeri düşüklük görülmüştür. Bu sonuç Celcar (2017), yaptığı çalışmada FDM uygulanan farklı lif yapısına sahip kumaşlarda ortalama cilt sıcaklığında küçük artışlar ve azalmalar gözlemlenmektedir sonucuya uyumludur. Konsantrasyon farklılığı dikkate alındığında K2 kodlu süprem örme kumaş dışında diğer kumaşlarda 200 g/l konsantrasyonda en düşük ısı iletkenlik değeri görülmüştür. K2 kodlu kumaş PES/Elastan iplik kombinasyonundan oluşmaktadır ve konsantrasyon miktarı arttıkça ısı iletkenlik değerinin arttığı görülmektedir. Genel olarak incelediğimizde alambeta cihazının üst tabaka sıcaklığının 32 °C'dir. Kumaşlara uygulanan FDM'nin aktivite sıcaklığı 28 °C olması sebebiyle cihazın ölçüm aldığı esnada FDM ısıyı depolamaya başlamıştır ve ısı iletkenlik değerini düşürdüğü görülmektedir.

### Isıl Soğurganlık

Kumaş yapısının ve konsantrasyon oranının ısı soğurganlık üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 23 programında iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Çizelge 4.20'de ANOVA test sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.20.** Isıl soğurganlık iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	70464,725(a)	23	3063,684	68,667	,000
Sabit öznél	5875515,075	1	5875515,075	131688,795	,000
Kumas_Tipi	51120,275	5	10224,055	229,153	,000
Konsantrasyon	15542,158	3	5180,719	116,116	,000
Kumas_Tipi * Konsantrasyon	3802,292	15	253,486	5,681	,000
Hata	4283,200	96	44,617		
Toplam	5950263,000	120			
Düzeltilmiş Toplam	74747,925	119			

a R Squared = ,943 (Adjusted R Squared = ,929)

ANOVA test sonucuna göre kumaş tipinin ve konsantrasyonun ısıl soğurganlık üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş tipine göre SNK sonuçları Çizelge 4.21’de ve konsantrasyon oranına göre yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Isıl soğurganlık testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları

Kumas_Tipi	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
K6	20	192,05					
K2	20		196,35				
K5	20			223,00			
K1	20				229,50		
K3	20					239,30	
K4	20						247,45
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 44,617.							
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.							
b Alpha = ,05.							

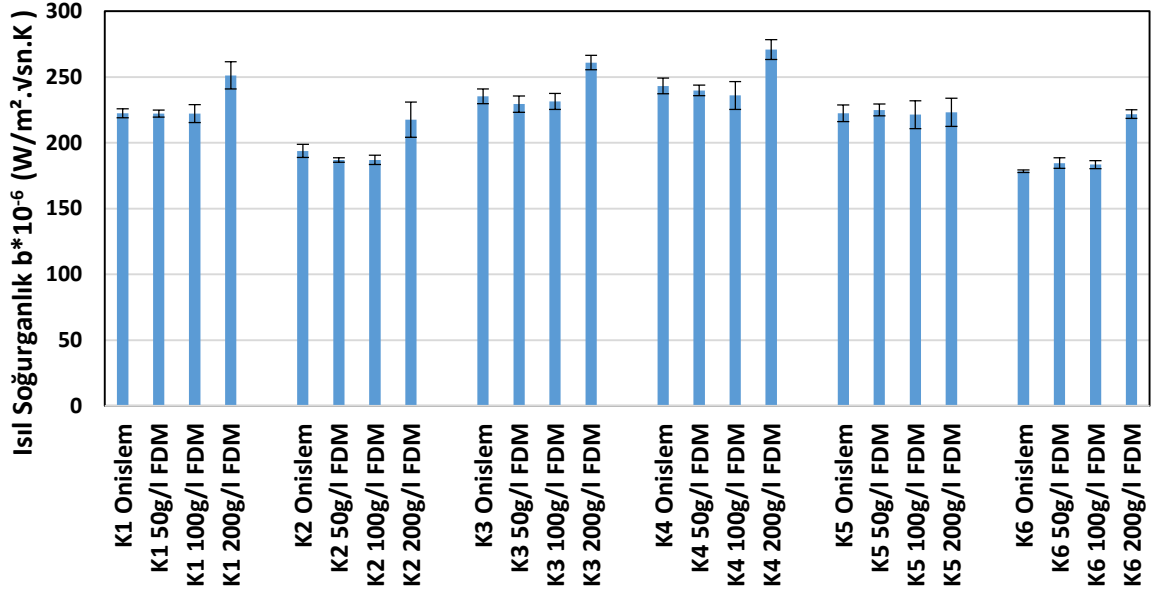
SNK sonuçlarına göre en yüksek ısıl soğurganlık değerleri vanize süprem örgü yapısına sahip K4 kodlu kumaş yapısında edilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Isıl soğurganlık üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset	
		1	2
100g/l	30	213,57	
50g/l	30	214,67	
Onislem	30	215,93	
200g/l	30		240,93
Sig.		,359	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The error term is Mean Square(Error) = 44,617.			
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.			
b Alpha = ,05.			

Uygulanan FDM konsantrasyon miktarının kumaşın ısıl soğurganlığını etkilediği gözlemlenmektedir. Çizelge 4.22’e göre ön işlem görmüş, 50 g/l ve 100 g/l

konsantrasyon oranında faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlar arasında anlamlı bir fark grlmzken 200 g/l konsantrasyon oranında işlem görmüş kumaşların ısıı soęurđanlık değeri farklıdır. Şekil 4.10'da kumaşların ısıı soęurđanlık değerleri görülmektedir.



**Şekil 4.10.** Numune kumaşların ısıı soęurđanlık sonuçları

Şekil 4.10'a bakıldığında en düşük ısıı soęurđanlık değeri K6 gipeli punto di roma kumaş yapısının ön işlem görmüş halinde de en düşük ısıı soęurđanlık değeri elde edilmiştir. Konsantrasyon farklılığı dikkate alındığında 200 g/l konsantrasyonda FDM uygulanan kumaş yapılarında daha ısıı soęurđanlık değerleri elde edilmiştir. Kumaşların SEM görüntüleri incelendiğinde bu kumaş yapılarında daha fazla oranda mikrokapsüllerin öbek formunda kumaş yüzeyine bağlandığı görülmektedir. Bu durum kumaşların ısıı soęurđanlık değerini arttırmıştır.

### Termal Direnç

Kumaş yapısının ve konsantrasyon oranının termal direnç üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 23 programında iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Çizelge 4.23'de ANOVA test sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.23.** Termal direnç iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	350,208(a)	23	15,226	371,376	,000
Sabit öznel	15246,056	1	15246,056	371855,033	,000
Kumas_Tipi	347,734	5	69,547	1696,262	,000
Konsantrasyon	,747	3	,249	6,073	,001
Kumas_Tipi * Konsantrasyon	1,727	15	,115	2,808	,001
Hata	3,936	96	,041		
Toplam	15600,200	120			
Düzeltilmiş Toplam	354,144	119			
a R Squared = ,989 (Adjusted R Squared = ,986)					

ANOVA test sonucuna göre kumaş tipinin ve konsantrasyonun termal direnç üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş tipine göre SNK sonuçları Çizelge 4.24'de ve konsantrasyon oranına göre yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Termal direnç testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları

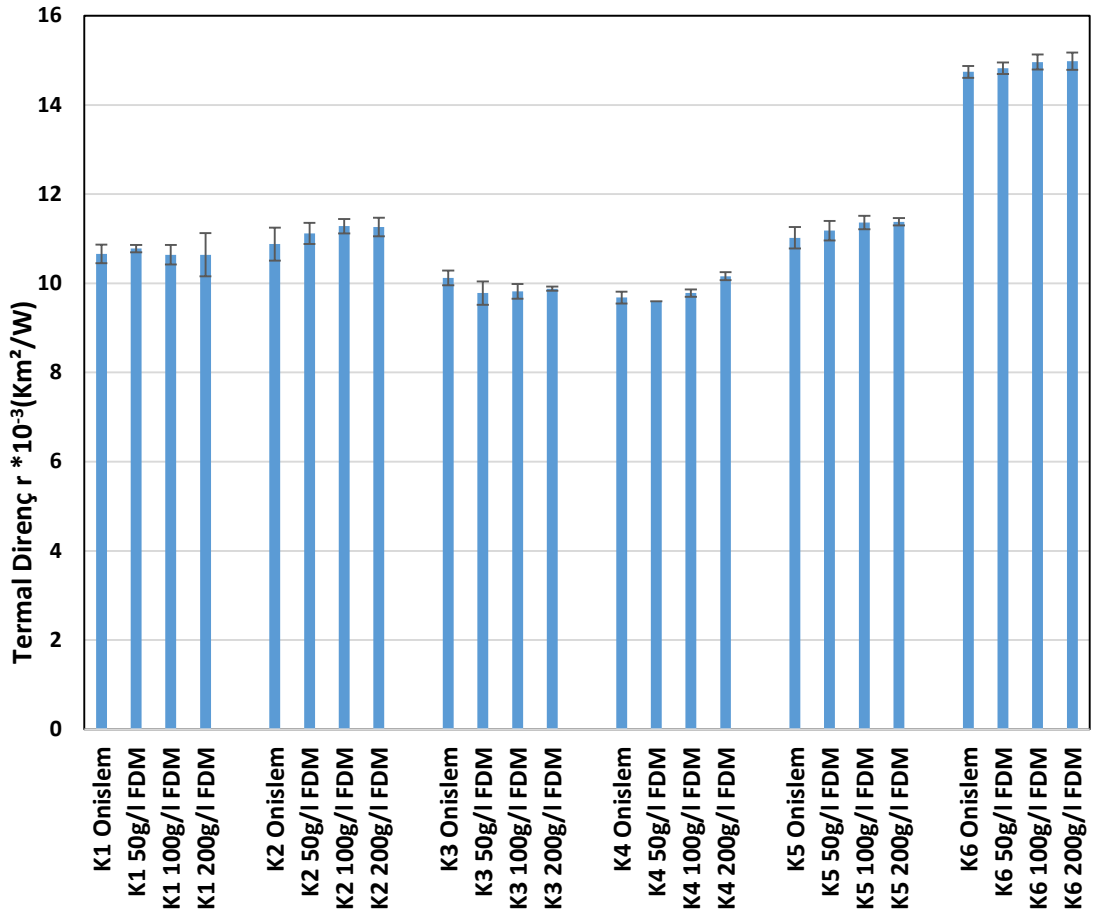
Kumas_Tipi	N	Subset			
		1	2	3	4
K4	20	9,805			
K3	20	9,900			
K1	20		10,680		
K2	20			11,135	
K5	20			11,235	
K6	20				14,875
Sig.		,141	1,000	,122	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = ,041.					
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.					
b Alpha = ,05.					

SNK sonuçlarına göre en yüksek termal difüzyon değerleri gipeli punto di roma örgü yapısına sahip K6 kodlu kumaş yapısında edilmiştir. K2 kodlu süprem kumaş yapısı ve K2 kodlu vanize süprem yapısına sahip numuneler ile K4 ve K3 kodlu vanize süprem kumaş yapısına sahip numunelerde termal difüzyon değerleri aralarında benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 4.25.** Termal direnç üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset	
		1	2
Onislem	30	11,183	
50g/l	30	11,213	
100g/l	30	11,307	11,307
200g/l	30		11,383
Sig.		,053	,146
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = ,041.			
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.			
b Alpha = ,05.			

Çizelge 4.25'e göre ön işlem görmüş, 50 g/l ve 100 g/l konsantrasyon oranında faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlar arasında anlamlı bir fark görülmezken 200 g/l konsantrasyon oranında işlem görmüş kumaşların termal difüzyon değerinde farklılık görülmektedir. Şekil 4.11'de kumaşların termal difüzyon değerleri görülmektedir.



**Şekil 4.11.** Numune kumaşların termal direnç sonuçları

Faz değıştiren malzeme uygulanmış kumaşların termal direnç değerlerine bakıldığında süprem örgü yapısı olan K1 kodlu kumaş yapısı dışında genel olarak ön işlem görmüş kumaşların değerlerine göre konsantrasyon miktarı arttıkça termal direnç değerinde artış gözlenmektedir. Termal direnç kumaşların ısı iletimine karşı gösterdiği direnci ifade ettiği için termal direnç değeri kumaş kalınlığı ile ilişkilidir. Kumaş K6 gipeli punto di roma örgü yapısı diğer kumaş yapılarına göre daha kalın ve katmanlı yapısından kaynaklı kumaş yapısı içerisinde daha fazla hava tuttuğu için en yüksek termal direnç değeri görülmektedir. K6 kumaşına uygulanan konsantrasyon miktarı arttıkça termal direnç değerinde de artış görülmektedir. En düşük termal direnç sonucu içeriği PES/pamuk/elastan karışımından oluşan ve vanize süprem örgü yapısı sahip K3 ve K4 kumaşlarında görülmektedir.

#### 4.2.4. Faz Değiştiren Malzeme İle İşlem Görmüş Kumaşların Nem Yönetim Özellikleri

Faz değiştiren malzeme konsantrasyon oranlarına göre kodlaması Çizelge 4.26’da gösterilmiştir. Faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşların SDL Atlas MMT cihazında yapılan test sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

**Çizelge 4.26.** Faz değiştiren malzemenin konsantrasyon oranlarına göre kodlaması

Konsantrasyon Miktarı	Konsantrasyon Kodlaması
Ön işlem görmüş kumaş	C
50 g/l FDM	C1
100 g/l FDM	C2
200 g/l FDM	C3

**Çizelge 4.27.** Faz değiştiren malzeme uygulanan kumaşların sıvı nem yönetim özellikleri

Kumaş Kodu	WT(t) (sec)	WT(b) (sec)	TAR (%/sec)	BAR (%/sec)	OMMC
K1-C1	18,340	6,787	32,017	5,120	0,598
K1-C2	18,086	3,768	52,307	3,851	0,633
K1-C3	1,931	9,893	7,771	70,950	0,815
K2-C1	5,550	4,706	99,713	143,808	0,924
K2-C2	4,237	3,843	72,421	93,826	0,929
K2-C3	1,993	5,159	28,249	54,056	0,793
K3-C1	6,244	6,244	62,345	120,887	0,863
K3-C2	6,094	6,187	68,707	121,530	0,904
K3-C3	1,909	5,609	30,689	52,981	0,422
K4-C1	6,018	6,375	77,990	114,287	0,891
K4-C2	6,609	6,890	80,336	45,991	0,852
K4-C3	1,953	5,331	38,298	70,612	0,399
K5-C1	1,881	5,971	53,259	66,162	0,860
K5-C2	2,018	6,337	38,428	74,169	0,870
K5-C3	1,978	5,215	46,424	76,797	0,904
K6-C1	5,868	5,456	37,475	53,574	0,799
K6-C2	6,375	6,449	30,190	52,778	0,800
K6-C3	1,918	4,197	9,944	38,847	0,401

## OMMC

Kumaş yapısının ve konsantrasyon oranının OMMC üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 23 programında iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Çizelge 4.28’de ANOVA test sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.28.** OMMC iki yönlü ANOVA test sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Düzeltilmiş model	3,119(a)	23	,136	17,772	,000
Sabit öznal	70,524	1	70,524	9243,451	,000
Kumas_Tipi	,424	5	,085	11,112	,000
Konsantrasyon	,857	3	,286	37,455	,000
Kumas_Tipi * Konsantrasyon	1,837	15	,122	16,056	,000
Hata	,732	96	,008		
Toplam	74,376	120			
Düzeltilmiş Toplam	3,851	119			

a R Squared = ,810 (Adjusted R Squared = ,764)

ANOVA test sonucuna göre kumaş tipinin ve konsantrasyonun OMMC üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kumaş tipine göre SNK sonuçları Çizelge 4.29’da ve konsantrasyon oranına göre yapılan SNK analizi sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir.

**Çizelge 4.29.** OMMC testinde kumaş tipi değişkeninin etki sonuçları

Kumas_Tipi	N	Subset	
		1	2
K1	20	,701720	
K6	20	,729540	
K3	20	,732770	
K4	20	,742750	
K5	20		,822565
K2	20		,870365
Sig.		,450	,087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,008.

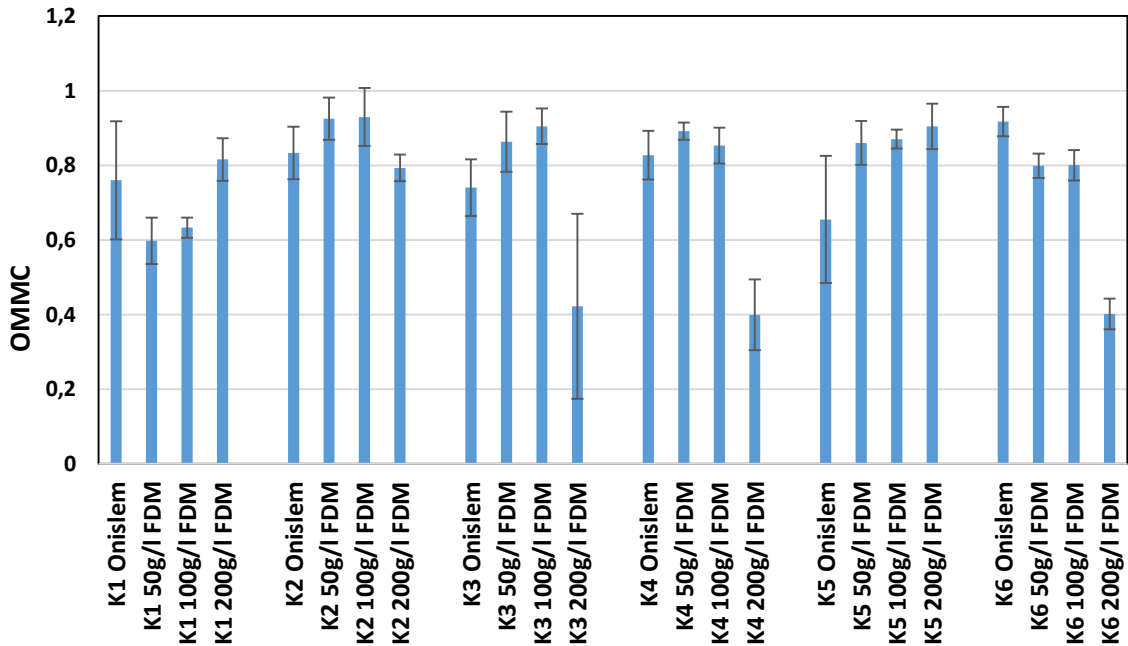
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.  
b Alpha = ,05.

Çizelge 4.29'a göre K1, K3, K4 ile K6 pamuk içeren kumaş yapıları kendi içinde benzerlik göstermektedir. K2 ve K5 PES içeren kumaş yapıları kendi aralarında benzerlik gösterir.

**Çizelge 4.30.** OMMC üzerinde FDM konsantrasyonunun etki sonuçları

Konsantrasyon	N	Subset	
		1	2
200g/l	30	,622873	
Onislem	30		,788883
50g/l	30		,822890
100g/l	30		,831827
Sig.		1,000	,143
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = ,008.			
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.			
b Alpha = ,05.			

Çizelge 4.30'a göre ön işlem görmüş, 50 g/l ve 100 g/l konsantrasyon oranında faz değiştiren malzeme uygulanmış kumaşlar arasında anlamlı bir fark görülmezken 200 g/l konsantrasyon oranında işlem görmüş kumaşların OMMC değerinde farklılık görülmektedir. Şekil 4.12'de kumaşların OMMC değerleri görülmektedir.

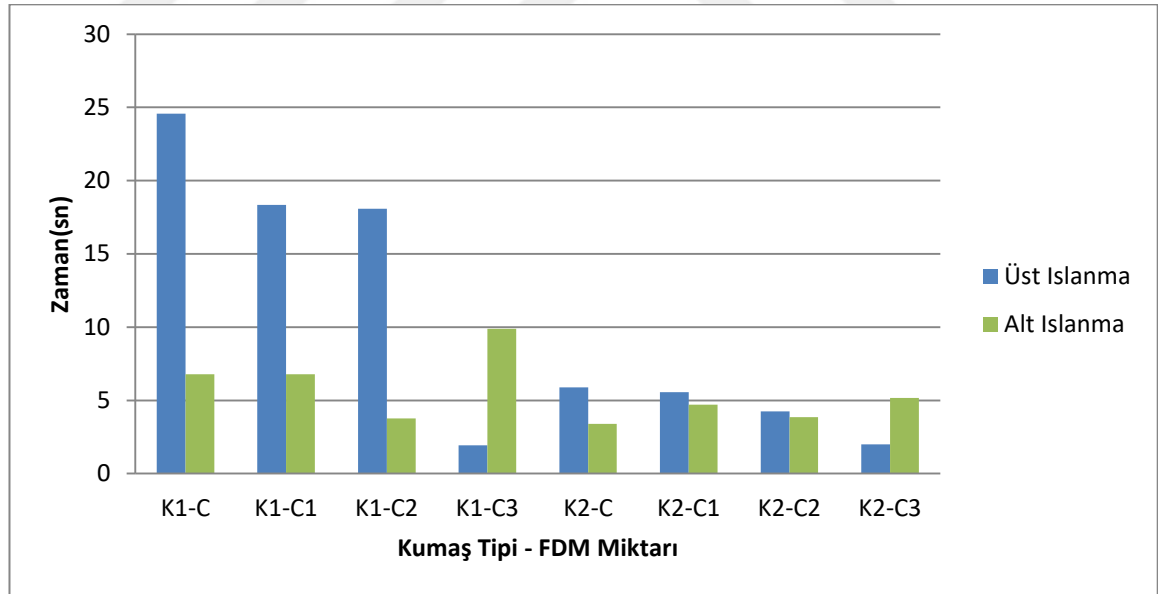


**Şekil 4.12.** Numune kumaşların OMMC (genel nem yönetim) sonuçları

Şekil 4.12'e bakıldığında süprem kumaş yapısındaki K3, K4 ve K6 pamuk/PES/elastan içeren kumaşların 200 g/l konsantrasyon uygulama sonucunda en düşük OMMC değeri görülmektedir. Kumaşların genel nem yönetimi (OMMC) açısından değerlendirilmesi cihazın değerlendirme skalasına (Çizelge 4.5) göre değerlendirdiğimizde K2 PES içerikli kumaşımızın 100 g/l konsantrasyon faz değiştiren malzeme uygulanan numunesinde genel nem yönetimi açısından kumaşlar “çok iyi” sınıfında yer almaktadır. K5 kodlu yün içeriği bulunan kumaşa uygulanan faz değiştiren malzeme konsantrasyon miktarı arttıkça kumaşın genel nem yönetiminde etkin bir artışa sebep olduğu görülmektedir. K1 kodlu kumaşta uygulanan faz değiştiren malzeme OMMC değerinde düşüklüğe sebep olsa da 200 g/l konsantrasyonda OMMC değerinde artış görülmektedir.

### Kumaş alt-üst ıslanma

Şekil 4.13'de K1 ve K2 kodlu süprem örgü yapısına sahip kumaşların alt-üst ıslanma süreleri verilmiştir.

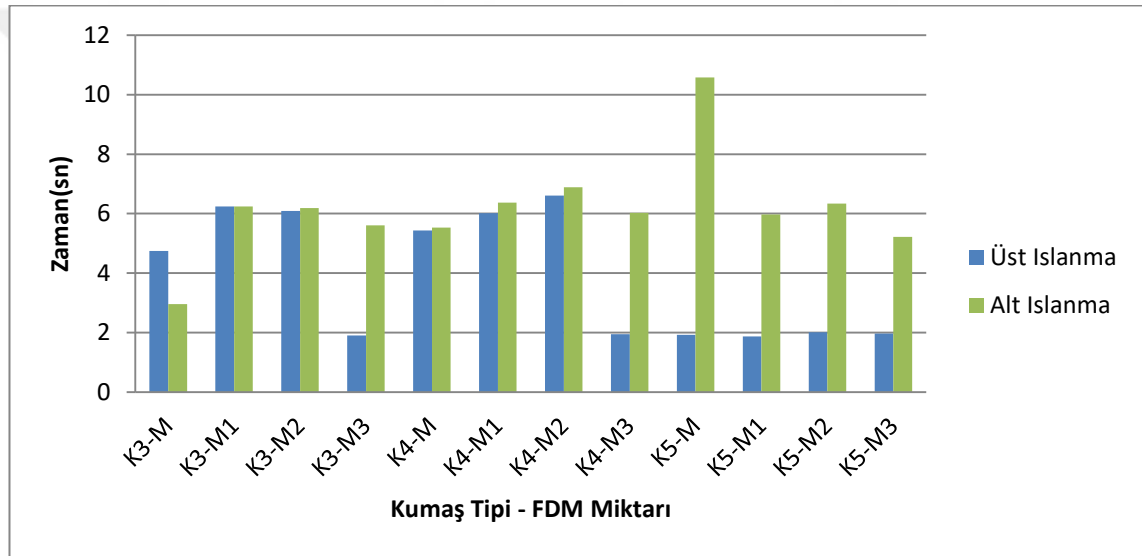


**Şekil 4.13.** Süprem örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri

En yüksek üst ıslanma süresine K1 kodlu pamuk süprem kumaşın ön işlem görmüş formunda görülmüştür. Uygulanan FDM konsantrasyonu arttıkça üst ıslanma süresinin azaldığı alt ıslanma süresinin arttığı görülmektedir. K1 ön işlem görmüş kumaşın sıvı

ter çözeltilisini diğer kumaşlara göre daha yavaş ve uzun zamanda emdiği gözlemlenirken uygulanan Ön işlem görmüş kumaş yapıları değerlendirildiğinde K2 kodlu düşük puntolu polyester ve elastan iplik içeren süprem kumaşın en yüksek üst emilim oranına sahip olduğu görülmektedir. FDM konsantrasyon miktarı arttıkça daha hızlı ve daha kısa zamanda teri emdiği görülmektedir. K2 kodlu kumaşta terin emilimi süresi ve hızı uygulanan FDM konsantrasyonu arttıkça artma eğilimi göstermesine rağmen K1 kodlu kumaş daha yüksek alt ıslanma süresine sahip olduğu görülmektedir.

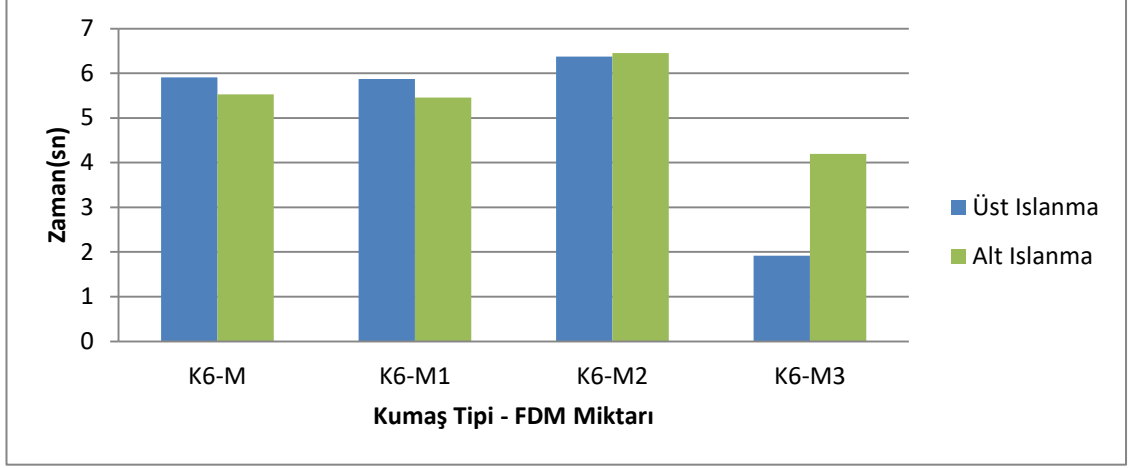
Şekil 4.14’de K3, K4 ve K5 kodlu vanize süprem örgü yapısına sahip kumaşların alt-üst ıslanma süreleri verilmiştir.



**Şekil 4.14.** Vanize süprem örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri

Ön işlem görmüş kumaşlar arasından en düşük üst ıslanma süresi K5 kodlu yün içeriğine sahip vanize süprem örgüde görülmüştür. Alt ıslanma süresi açısından ise en yüksek değere sahiptir. Bu da kumaşın daha hızlı ıslandığı ancak dış çevreye daha uzun sürede sıvıyı ilettiğini göstermektedir. Uygulanan FDM konsantrasyon miktarı arttıkça alt ıslanma değerlerinde azalma gözlenmektedir. K3 ve K4 PES / pamuk / elastan içeriğine sahip kumaşlarda uygulanan FDM konsantrasyonu arttıkça alt ıslanma sürelerinin arttığı görülmektedir.

Şekil 4.15’de K6 kodlu gipeli punto di roma örgü yapısına sahip kumaşın alt-üst ıslanma süreleri verilmiştir.



**Şekil 4.15.** Gipeli punto di roma örgü yapısındaki numune kumaşların arasındaki alt-üst ıslanma süreleri

K6 kodlu pamuk/PES/elastan kumaş içeriğinden oluşan gipeli punto di roma örme yapısına sahip numunenin ön işlem görmüş formunda üst ıslanma ve alt ıslanma süreleri arasında büyük farklılık görülmemektedir. Uygulanan faz değiştiren malzeme konsantrasyon miktarı arttıkça alt ıslanma süresinin arttığı görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında farklı iplik ve farklı örme yapılarından oluşan örme kumaşlara üç farklı konsantrasyonda FDM uygulaması yapılmıştır. Üretilen FDM içeren kumaşların giysi konfor parametreleri, yapılan çeşitli testler yardımıyla belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda iplik farklılıklarının giysinin termal konforunu etkilediği gözlemlenmiştir. Polyester içeren kumaşlar, pamuk içeren kumaşlardan termal konfor açısından daha olumlu ısı iletkenlik, ısı soğurganlık ve ısı direnç değerleri vermiştir. Pamuk/PES karışımı kumaşlarda istenilen termofizyolojik konfor özellikleri elde edilmiştir. Yün içeren kumaşlar ise daha çok nem yönetim özelliklerinde yüksek değerler vermiştir. Örme yapısı bakımından değerlendirme yaptığımızda hava geçirgenliği değeri en yüksek elde ettiğimiz kumaş, gipeli punto di roma örme kumaşdır. Yüksek ısı konfor özelliğine de sahip olan gipeli punto di roma örgü, süprem ve vanize süprem örme kumaşa göre farklılıklar sergilemiştir. Süprem ve vanize süprem örme kumaşın konforu arasındaki en büyük farklılığı, arka ve ön taraflarında farklı iplik çeşitlerinin kullanılması kanısına varılmıştır. Genel bir değerlendirme yaptığımızda en iyi termofizyolojik sonuçlar vanize süprem örgü yapısında açığa çıkmıştır. Kullanılan FDM konsantrasyon farklılıkları genelde termal konfor konusunda olumlu sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda konsantrasyon miktarı artıkça termal konfor özelliklerinde büyük farklılıklar gözlemlenmiştir. Karışım lifler içeren örme kumaşlar hem hidrofobik hem de iyi termal özellikler sergilediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak farklı lif, iplik, örme yapıları ve uygulanan FDM konsantrasyonun giysi konforunu etkilediği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

Abhat, A. 1983. Low temperature latent heat thermal energy storage materials, *Solar Energy* 30, 313-332.

Anonim, 2020a. <https://www.laboratuvar.com/tekstil-testleri/fiziksel-testler/hava-gecirgenligi> (Erişim tarihi :06.07.2020).

Anonim, 2020b. <https://www.outlast.com/en/thermo-technology> (Erişim tarihi :28.08.2020).

Anonim, 2021a. <https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/schoeller-pcm> (Erişim tarihi :24.07.2021).

Anonim, 2021b. <http://fiber2fashionworld.blogspot.com/2014/10/fibres-for-active-sportswear.html> (Erişim tarihi:04.03.2021).

Anonim, 2022a. <https://apparel.freudenberg-pm.com/products/Comfortemp> (Erişim tarihi:02.03.2022).

Anonim, 2022b. <https://whomhome.com/blogs/the-word/what-is-dacron> (Erişim tarihi :08.01.2022)

Ashrae. 1992. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55-1992)*. Atlanta, GA: Ashrae.

ASTM E96 2005 Standard test method for water vapour transmission of materials.

Auliciems, A. ve Szokolay, S. V. 1997. *Thermal Comfort*, The University of Queensland Brisbane Publishing.

Ayon, S. İ. *Sportswear: Properties, Functions, Types and Raw Materials*, Dept. of Textile Engineering, BGMEA University of Fashion and Technology.

Başal, G., Vahaplar, T., 2005. *Mikrokapsüller, Uluslararası Nonwoven Teknik Tekstil Teknoloji Dergisi*, Sayı:10.

Barker R.L., Guerth-Schacher C., Grimes R.V., Hamouda H., 2006. Effects of moisture on the thermal protective performance of firefighter protective clothing in low level radiant heat exposures. *Text. Res. J.*, 76 (1) s.27-31.

Boan, Y. (2005), *Physical Mechanism and Characterization of Smart Thermal Clothing*. The Hong Kong Polytechnic University, PhDThesis.

Brotherhood, J. R. 2008. Heat stress and strain in exercise and sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11: 6–19.

Celcar, D. 2013, Influence of Phase-Change Materials on Thermo-Physiological Comfort in Warm Environment, *Journal of Textiles*, 2013, 1-9.

Celcar, D. 2017, Thermo-physiological comfort of business clothing incorporating phase change materials in a cold environment, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol:30/1, 49-61.

Celcar, D. 2020, A Research Of Subjective Evaluations Of The Thermal Comfort Of Business Clothing Evaluated In Warm And Slightly Cold Environment, *Tekstilna Industrija · Broj 4*, 22-30.

Ceylan, S. 2010. Mikrokapsül Üretimi ile Tekstil Yüzeylerinin Isıl Özelliklerini İyileştirme Olanakları. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Chapman, R. (2006) Development in smart fabrics. United Kingdom: Pira International Ltd. S-2.

Chen, Z., Fang, G. 2011. Preparation and heat transfer characteristics of microencapsulated phase change material slurry : a review. *Renew Sustain Energy Rev*, 15 ,4624-4632.

Çetiner, S., Belten M.R. 2017, Investigation of Thermoregulation Properties of Cotton Fabrics Treated With Different Phase Change Materials M.R., *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4).

Coşkun, E. 2007. Akıllı Tekstiller Ve Genel Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Çimen, E. 2007. Mikrokapsülleme Yöntemiyle Dokuma Kumaşlara Yeni Özellikler Katma Olanakları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.

Deveci, Ş. 2009. Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiricilerin ve Özel Liflerin Elastik Bandajların Konfor Özelliklerinin İyileştirilmesinde Kullanımı, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 188, İzmir.

Ding D., Tang T., Song G., McDolnald 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 Text. Res. J.*, 81 (4) , s. 398-411.

Erkan, G. 2004. *Enhancing The Thermal Properties of Textiles With Phase Change Materials. RJTA*, Vol. 8, No. 2. 57-64.

Erkmen, Ş. 2013. Tekstil Terbiyesinde Mikrokapsüllendirilmiş Kimyasalların Kullanımı. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49, İstanbul.

- Ertekin, G., Oğlakcioğlu, N. & Marmaralı, A. (2018). Strength and comfort characteristics of cotton/elastane knitted fabrics. *Tekstil ve Mühendis*, 25(110), 146-153.
- Fan, J.T., Luo, Z., Li, Y. 2000. Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation *Int. J. Heat Mass Transf.*, 43 (12) s. 2989-3000
- Fanger, P.O. 1986. *Thermal environment- human requirements*, *The Environmentalist*, 6 (4): 275-278.
- Fourt, L. Hollies, N.R.S.,1970. *Clothing: Comfort and Function* Martin Dekker, New York.
- Gilligan, I. 2010. The prehistoric development of clothing: archaeological implications of a thermal model *J. Archeol. Method Theory*, 17, 15-80.
- Güler, Z. ve Kut, D. 2011, Polyester perdelik Kumaşta Isıl Regülasyon Sağlamaya Yönelik Mikrokapsül Hazırlanması ve Uygulanması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, Sayı 1
- Güneşoğlu, S. 2005. Sportif amaçlı giysilerin konfor özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Güney,F., ÜçgüL, İ. 2010.Koruyucu Giysiler İçindeki Nefes Alabilir Membranların Termal Yalıtım Özellikleri. *Tekstil ve Konfeksiyon* ,1:9-15.
- Güney, S. 2019. Vücudu saran spor giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Gürcüm, B.H., 2007. T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Yüzer Birliklerinde Giyilen Eğitim Elbisesinde Kullanılan Kumaşların Termofizyolojik Konforu Sağlayacak Şekilde Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Genç, E. 2016 Tekstil Uygulamaları İçin Fonksiyonel Duvarlı Mikrokapsül Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Gibson, P. W., Kendrick, C. E., Rivin, D., Charmchi, M., Sicuranza, L. 1995. An automated water vapour diffusion test method for fabrics, laminates, and films. *Journal of Coated Fabrics*, 24: 322–345.
- Hatch, K.L. 1993. *Textile Science*, MN: West educational publishing, Minneapolis.
- Haghi, A. K., 2011. Heat and Mass Transfer in Textiles, *World Scientific and Engineering Academy and Society Press*.

Havenith, G., Holmer, I., Hartog, E.A., Parsons, K. 1999. Clothing Evaporative Heatresistance-Proposal For Improved Representation In Standards And Models. *The Annals Of Occupational Hygiene*, 43(5): 339-346.

Hes L. 1999. Optimisation of Shirt Fabrics' Composition from the point of view of their appearance and thermal comfort. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (2/3): 105-115.

Hes, L., Dolezal, I. 2003. A New Computer-Controlled Skin Model For Fast Determination Of Water Vapour And Thermal Resistance Of Fabrics. 7th Asian Textile Conference, NewDelhi.

Hes, L. 2008. Non-destructive determination of comfort parameters during marketing offunctional garments and clothing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 33: 239-245.

Hoppe, K., Sapoor A.R., 2010, Akıllı Denim Yüksek Lisans Tezi, İsveç.

Huang, J. 2006. Thermal parameters for assessing thermal properties of clothing. *Journalof Thermal Biology*, 31: 461-466.

Jaffe, M., Easts, A.J. ve Feng, X., Polyester fibers, Thermal Analysis of Textiles and Fibers The Textile Institute Book Series 2020, Pages 133-149.

Jamekhorshid, A., Sadrameli, S.M., Farid, M. 2014. A review of microencapsulation methods of phase change materials (PCMs) as a thermal energy storage (TES) medium Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31, 531-542.

Kaçoğlu, C. (2015). Sporda kompresyon giysileri. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10(2): 18-33.

Kaplan, S. 2009. Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi, DoktoraTezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Kawabata, S., Niwa, M. 1991. Objective measurement of fabric mechanical propertyand quality: Its application to textile and clothing manufacturing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 3(1): 7-18.

Khalil, E., 2015. Application of Phase Change Materials in Textiles: AReview Lecturer, Department of Textile Engineering, World University of Bangladesh, Dhaka 1205, Bangladesh

Konuklu, Y. 2008, Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiren Maddelerde Termal Enerji Depolama ile Binalarda Enerji Tasarrufu,. Doktora Tezi, ÇukurovaÜniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kuru, A., Alay Aksoy S., 2012, Faz Değiştiren Maddeler ve Tekstil Uygulamaları, *Tekstil ve Mühendis Dergisi, Cilt 19(86): 41-48.*

Li, Y. 1998. Dimensions of Sensory Perceptions in a Cold Condition, *J. China Textile Univ.* 15(3).

Li, Y. 2001. The Science of Clothing Comfort. *The Textile Institute International, UK, 139 pp.*

Li, Y., Dai, X.Q. 2006. Biomechanical engineering of textile and clothing. *The Textile Institute Woodhead Publishing, Cambridge, England, 403-404 pp.*

Liao, X., Hu, J., Li, Y. , Li, Q. , Wu, X. 2011. A review on fabri smoothness roughness sensation studies . *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 4(2):105-113.

Liu, R. ve Little, T., 2009. The 5Ps Model to Optimize Compression Athletic Wear Comfort in Sports, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2 (1), 41-50.

Liu, Y., Wang X., Sun X, 2012, Application of Phase-change Microcapsules in Jeans Cloth, *Plant Fiber Sciences in China*, 2012-0.1.

Mandal, S., Song, G., Ackerman, M., Paskaluk, S., Gholamreza, F., 2013. Characterization of textile fabrics under various thermal exposures. *Text. Res. J.*, 83 (10), s. 1005-1019

Marmaralı, A., Dönmez Kretzschmar, S., Özdil, N., Gülsevin Oğlakcıoğlu, N. 2006. Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 241-246.

Marom, G., Weinberg, A., Qin, X.H., Zhang, G. 1975. Effect of fiber critical length on thermal expansion of composite- materials. *J. Mater. Sci.*, 10 (6), s. 23-127

Mattila, H.R., (2006), *Intelligent Textiles and Clothing*, Woodhead Publishing Limited, *The Textile Institute*, Cambridge, England.

Matusiak, M. ve Sybilska, W. 2017. Thermal Resistance of Fabrics vs. Thermal Insulation of Clothing Made of The Fabrics, *The Journal of The Textile Institute*, 107, 7, 842-847.

McMullan, D. (2006). *Scanning Electron Microscopy 1928-1965 Scanning 17 (3): 175-185.*

Mondal, S. 2008. Phase Change Materials For Smart Textiles-An Overview. *Applied Thermal Engineering*. 28:1536-1550.

Nahla, A., Mohsen, H.A., Ghada, A.K., 2012, Effect of number of fibres per yarn crossection on moisture vapour transport in knitted garment. *Journal of American Science*, 8(11): 370-377.

- Nelson, G. 2002. Application of Microencapsulation in Textiles, *International Journal of Pharmaceutics*, 242, 55–61.
- Öner, E., Okur, A.(2013). The effect of different knitted fabrics' structures on the moisture transport properties. *Journal of the Textile Institute*, 104(11), 1164-1177.
- Öner, E., Okur, A. (2015). Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts. *The Journal of The Textile Institute*, 106(12), 1403-1414.
- Öner, E. (2019). Mechanical and thermal properties of knitted fabrics produced from various fiber types. *Fibers and Polymers*, 20(11), 2416-2425
- Özkan, E. T.(2018). Farklı hammadde ve örme yapılarındaki sporcu giysilerinin termofizyolojik konfor ve aerobik performans özelliklerinin araştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkan, E. T., Kaplangiray, B. M. (2019). Investigating thermophysiological comfort properties of polyester knitted fabrics. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 5(1), 50-56.
- Özkan, E. T., Kaplangiray, B. (2020). Investigating Thermophysiological Comfort Properties of Fabrics Used in Athlete Clothes. *J Fashion Technol Textile Eng* 8:3. of, 6,2.
- Özkan, E. T., Kaplangiray, B. (2020). Effect of Loop Length On Thermal Comfort Properties of Mesh Knitted Fabrics. *Tekstil ve Mühendis*, 27(120), 243-251.
- Pause, B. H., 1997, Development of New Cold Protective Clothing with Phase Change Material. In Proceedings of The International Conference on Safety and Protective Fabrics, November 16–20, Stockholm, Sweden. 18:98–18:100.
- Pause, B., 2003. Nonwoven Protective Garments with Thermo-Regulating Properties, *Journal Of Industrial Textiles*, 33: 93.
- Peng, G., Dou, G., Hu Y., Sun Y., Chen Z., 2020. Phase Change Material (PCM) Microcapsules for Thermal Energy Storage. Article.
- Poehlman, E.T. 1992. Energy expenditure and requirements in aging humans *J. Nutr.*, 122 (11), 2057-2065.
- Pontrelli, G.J. 1977. Partial Analysis of Comfort's Gestalt: Clothing Comfort, Ed: Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan, USA, 71-80.
- Saraç, E.G. 2015. Denim Giyside Isıl Düzenleme Özelliğinin Geliştirilmesi, Çukurova University Institute of Natural and Applied Sciences Department of Textile Engineering, Adana

Saville, B.P. 1999. Physical testing of textiles, The textile institute, Woodhead publishing, Cambridge, England, 336 .

Sánchez-Silva, L., Sánchez, P., Rodríguez, J.F. 2011. Effective Method of Microcapsules Production for Smart Fabrics, Bernardes, M., A., D., S., (Ed) *Developments In Heat Transfer*, 650-665, Intech, 688s, Croatia.

Sensora, 1990. "Instruction manuals of the Alambeta, Permetest instruments", *SENSORA Liberec Registered Company, Czech. Republic.*

Shime, H., Mcculloughahn, E.A., Jones, B.W., 2001. Using Phase Change Materials in Clothing, *Textile Research Journal*, 71(6), 493-501.

Slater, K. 1985, Human Comfort, Thomas Springfield, USA.

Slater, K. 1986. The assessment of comfort. *Journal of Textile Institute*,77: 158-170.

Song, G. 2011. Improving Comfort in Clothing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 480 pp.

Song, G., Mandal, S. 2016. Performance Testing of Textiles Methods, *Technology and Applications Woodhead Publishing Series in Textiles* s. 39-64

Su, W., Darkwa, J., Kokogiannakis, G. 2015 Review of solid–liquid phase change materials and their encapsulation technologies *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 48, 373-391.

Sullivan, P.J., Mekjavik, L.B. 1992. Temperature and humidity within the clothing microenvironment. *Aviat Space Environ Med*, 63: 187-192.

Tesinova, P., Atalie, D. (2022). Thermal Comfort Properties of Sport Fabrics with Dependency on Structure Parameters and Maintenance. *Fibers and Polymers*, 23(4), 1150-1160.

Tyagi, V.V., Kaushik, S.C., Tyagi, S.K., Akiyama T.,2011 Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: a review. *Renew Sustain Energy Rev*, 15, 1373-1391.

Voyce, J., Dafniotis, P. ve Towlson, S., 2005. Elastic textiles, In: SHISHOO, R. *Textile in sport*, Woodhead Publishing in Textiles, Cambridge.

Wu, H.J., Fan, J., Qin, X.H., Zhang G. 2008. Thermal radiative properties of electrospun superfine fibrous PVA .*Mater. Lett.*, 62 (6/7) , s.828-831.

Yoo, H.S. and Hu, Y.S., 2000, Effects of heat and moisture transport in Fabric sand garments determined with a vertical platesweating skin model, *Textile Research Journal*, 70(6): 542-549 pp.

Zhang, X., 2001. Heat storage and thermo regulated textiles and clothing, *Smart fibers, fabrics and clothing*, Woodhead Publishing Ltd. U.K, 34-58.

Zhang, X.X., Yick, K.L., Wang, X.C. 2004. Structure and thermal stability of microencapsulated phase change materials *Colloid Polymer Science*, 88, 330.

Zhang, X., Shi, Q., Luo, L., Fan, Y., Wang, Q., Jia, G. 2021 Research Progress on the Phase Change Materials for Cold Thermal Energy Storage.

Zou, G. L., Tan, Z. C., Lan, X. Z., Sun, L. X, Zhang ,T. 2004. Preparation and characterization of microencapsulated hexadecane used for thermal energy storage, *Chinese Chemical Letters*, 15(6), 729–732.

Zuckerman, J.L., Pushaw, R.J., Perry, B.T & Wyner D.M. (2003). Fabric coating containing energy absorbing phase change material and method of manufacturing same, United States Pat. 8514362.