



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI HAMMADDE ve ÖRME YAPILARINDAKİ SPORCU GİYSİLERİNİN
TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ve AEROBİK PERFORMANS
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

ESRA TAŞTAN ÖZKAN

Prof. Dr. Binnaz KAPLANGİRAY

(Danışman)

DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA- 2018

TEZ ONAYI

Esra TAŞTAN ÖZKAN tarafından hazırlanan “FARKLI HAMMADDE VE ÖRME YAPILARINDAKİ SPORCU GİYSİLERİNİN TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ve AEROBİK PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Binnaz Kaplangiray

Başkan: Prof. Dr. Binnaz Kaplangiray

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Dilek Kut

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ömer Kaynaklı

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Sibel Kaplan

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Canan Sarıçam

İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Teknolojileri ve Tasarım Fakültesi,

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı


İmza

İmza

İmza

İmza

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım
Prof. Dr. Ali BAYRAM
Enstitü Müdürü

17.7.2018

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.././....

İmza

ESRA TAŞTAN ÖZKAN

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI HAMMADDE ve ÖRME YAPILARINDAKİ SPORCU GİYSİLERİNİN TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ve AEROBİK PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Esra TAŞTAN ÖZKAN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Binnaz KAPLANGIRAY

Spor giysiler, giysinin kullanılacağı iklim koşullarına ve yapılan aktiviteye bağlı olarak vücut ısı dengesini sağlamalıdır. Bu nedenle bu giysilerin özellikle antrenman sırasında oluşan fazla ısı ve teri hızlı bir şekilde atıp sporcuyla konforlu hissettirmesi gerekir. Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenen bu çalışmada iki farklı grup kumaş numuneleri ürettirilmiş ve bu kumaş gruplarının ısı direnç, su buharı direnci, hava geçirgenliği, genel nem yönetim özellikleri test edilmiştir. Test sonuçlarına göre kumaşların konfor özellikleri hakkında yorumlar yapılmıştır. Daha sonra bu kumaş gruplarından seçilen 5 farklı kumaş numunesi daha önce belirlenen model ve ölçülerde diktirilerek giyim denemelerinde kullanılmıştır. Objektif testler sonucunda en yüksek hava geçirgenliği ve nem yönetimi özelliği gösteren TS kodlu Tencel® süprem kumaştan yapılan giysi numunesinde ölçülen dört vücut bölgesi için de mikroklima sıcaklık ve bağıl nem verilerinin diğer kumaş tiplerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Terleyen Sıcak Plaka test sonuçlarına göre su buharı direnci en düşük ikinci yapıya sahip, termal manken test sonuçlarına göre ise en düşük su buharı direncine sahip olan PM kodlu poliester meş örgü yapılı kumaşın ise ölçülen dört vücut bölgesi için de mikroklima bağıl nem değerleri diğer giysilerden daha düşük olarak bulunmuştur. Bunun nedeni gözenekli yapının su buharı geçişine kolaylık sağlaması sonucu mikroklima bağıl nem değerlerinin düşmesidir. Genel olarak tüm vücut bölgelerinde en sıcak ve en nemli ölçülen giysi yapısı terleyen sıcak plaka test cihazı ölçümlerine göre en yüksek ısı direnç, termal manken sonuçlarına göre en yüksek su buharı direnci gösteren PPS kodlu pamuk/poliester giysi olmuştur. Objektif ölçüm sonuçlarına göre hava geçirgenliği ve nem yönetimi yüksek, su buharı direnci düşük kumaş yapılarının giyim denemesi sırasında mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Isıl direnç ve su buharı direnci yüksek kumaş yapılarının ise mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Subjektif ölçüm sonuçlarına göre ise mikroklima bağıl nem ve sıcaklık değeri daha düşük ölçülen giysiler denekler tarafından daha düşük sıcaklıkta ve konforlu olarak değerlendirilmiştir. Bir başka deyişle objektif test sonuçları ile subjektif değerlendirme sonuçları birbirini desteklemiştir. Ayrıca TS ve PM kodlu numunelerin VO₂maks değerleri ve nabız değerlerinin de diğerlerinden daha düşük olması nedeniyle antrenman sırasında sporcuları daha az zorladığı ve bu giysilerin giyildiği durumda aktivitenin diğerlerinden daha fazla sürdürülebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Giyim konforu, termofizyolojik konfor, ısı direnç, su buharı direnci, hava geçirgenliği, nem yönetimi, subjektif giyim denemeleri.

2018, XIV+184 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

INVESTIGATING THERMOPHYSIOLOGICAL and AEROBIC PERFORMANCE PROPERTIES of DIFFERENT RAW MATERIAL and KNITTING SPORT CLOTHES

Esra TAŞTAN ÖZKAN

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Binnaz KAPLANGİRAY

Sport clothes, depending on the climatic conditions and the activity being performed, should provide body heat balance. So, these clothes must enable to throw away excess heat and sweat during training to feel comfortable by athletes. This study was supported by Uludag University Scientific Research Project Unit (BAP). For this study, two different groups of fabric samples were produced and thermal resistance, water vapor resistance, air permeability, general moisture management properties of these fabrics were tested. Comfort properties of examined fabrics and evaluations of test results were given in the study. After that five fabric samples were chosen and tailored with same design and size to take place in wear trials. It has been found that for the four measured body regions TS coded Tencel® t-shirt sample, which has the highest air permeability and moisture management property, was showed the lowest microclimate temperature and relative humidity values. The PM-coded polyester meshed knitted fabric showed the lowest microclimate relative humidity values in four measured body regions, which has the lowest water vapor resistance values according to Sweating Hot Plate and Thermal Manikin test results. This is due to porosity of fabric which enables transfer of water vapor easily and decreases microclimate relative humidity values. The highest microclimate temperature and relative humidity values were found PPS coded cotton polyester t-shirt sample which has the highest thermal resistance value according to sweating hot plate test results and the highest water vapor resistance value according thermal manikin test results. The fabrics which have the highest air permeability, moisture management and water vapor permeability values were showed the lowest microclimate temperature and relative humidity values. On the other hand, the highest thermal resistance and water vapor resistance value fabrics were showed the highest microclimate temperature and relative humidity value. According to the subjective measurement results, the lowest relative humidity and temperature value garmets were evaluated by the subjects as lower temperature and comfortable. So it can be said, objective test results and subjective evaluation results supported each other. Also, it was observed that TS and PM coded t-shirt samples have the lowest VO₂max and heart rates than the other garments. As a result, athletes are less forced during the training and that the activity can be maintained more than the others in the case of wearing these clothes.

Key Words: Clothing comfort, thermophysiological comfort, thermal resistance, water vapour resistance, air permeability, moisture management, subjective wear trials.

2018, XIV+184 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca tez konusu seçimi, çalışmaların yönlendirilmesi ve tezin sonuçlandırılması konusunda destek olan, katkılarını esirgemeyen danışmanım ve kıymetli hocam Prof. Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez kapsamında kullanılan kumaşların tedarikçisi Yeşim Tekstil ve çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca tezimin sübjektif giyim denemeleri sırasındaki yardımları için Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği ABD 'dan Prof.Dr. Ufuk Şekir ve Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinden Doç.Dr. Şenay Şahin 'e teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem ve babama, beni her zaman destekleyen eşim ve çocuklarım KAYRA ve AYPERİ' ye sonsuz sevgilerimi sunarım.

Bu tez çalışması Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 'Farklı Örme Yapılarında Sporcu Giysilerinin Termofizyolojik Konfor Özellikleri ve Aerobik Performans Üzerine Etkileri' adı ve MH (2016/3) numarası ile desteklenmiştir.

Esra TAŞTAN ÖZKAN

.../.../...

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Konforun Tanımı ve Önemi.....	4
2.2. Konforun Sınıflandırılması.....	7
2.2.1. Termal Konfor.....	7
2.2.2. Dokunsal Konfor.....	16
2.2.3. Vücut Hareket Konforu.....	21
2.3. Kumaşlarda Isı Transferi Mekanizmaları.....	22
2.3.1. İletimle Isı Transferi.....	23
2.3.2. Taşınım ile Isı Transferi.....	25
2.3.3. Işınım ile Isı Transferi.....	25
2.3.4. Buharlaştırma ile Isı Transferi.....	27
2.4. Kumaşlarda Hava geçirgenliği.....	30
2.5. Giysi ve Kumaşlarda Nem İletimi.....	31
2.5.1. Su Buharı Geçirgenliği.....	32
2.5.2. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık).....	38
2.6. Termal Konfor Parametrelerini Ölçmekte Kullanılan Yöntemler.....	41
2.6.1. Su Buharı Geçirgenliği Test Yöntemleri.....	41
2.6.2. Terleyen Sıcak Plaka Test Yöntemleri.....	45
2.6.3. Permetest Cihazı.....	47
2.6.4. Alambeta Test Cihazı.....	49
2.7. Giyim Denemesi Teknikleri.....	50
2.8. Termal Mankenler.....	51
2.9. Termal Kamera ile Görüntü Analizi.....	57
2.10. Giysilerde Isı ve Nem Transferi Üzerine Yapılan Çalışmalar:.....	59
2.11. Subjektif Giyim Denemeleri ile ilgili Çalışmalar.....	62

2.12. Termal Mankenlerle İlgili Çalışmalar	69
2.13. Spor Giysiler ve Malzeme Özellikleri	71
3. MATERYAL VE YÖNTEM	75
3.1. Materyal	75
3.2. Yöntem	78
3.2.1. Kumaş Formunda Yapılan Ölçümler	78
3.2.2. Giysi Formunda Yapılan Ölçümler	90
3.3. İstatiksel Analiz	98
4. BULGULAR	99
4.1. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	99
4.2. Alambeta Cihazı Ölçüm Sonuçları	99
4.3. Nem Yönetim Cihazı Ölçüm Sonuçları	101
4.4. Terleyen Sıcak Plaka Isıl Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları	102
4.5. Termal Manken (Newton) Ölçüm Sonuçları	103
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	105
5.1. Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması	105
5.2. Kumaşların Isıl Konfor Parametrelerinin Değerlendirilmesi	109
5.2.1. Kumaşların Isıl İletkenlik Özelliklerinin Karşılaştırılması	109
5.2.2. Kumaşların Termal Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırılması	112
5.2.3. Kumaşların Isıl Soğurganlık Özelliklerinin Karşılaştırılması	114
5.2.4. Kumaşların Isıl Direnç Özelliklerinin Karşılaştırılması	117
5.3. Kumaşların Nem İletimi Özelliklerinin Karşılaştırılması	122
5.3.1. Kumaşların Alt ve Üst Islanma Zamanlarının Karşılaştırılması	122
5.3.2. Kumaşların Emilim Oranlarının Karşılaştırılması	124
5.3.3. Kumaşların Islanma Hızlarının Karşılaştırılması	126
5.3.4. Kumaşların Maksimum Islak Çap Değerlerinin Karşılaştırılması	129
5.3.5. Kumaşların Kümülatif Tek Yönlü Taşınım İndeksinin Maksimum	131
5.3.6. Kumaşların Genel Sıvı Yönetim Performanslarının Karşılaştırılması	133
5.3.7. Kumaşların Su Buharı Direnci Özelliklerinin Karşılaştırılması	135
5.4. Subjektif Giyim Denemeleri Ölçüm Sonuçları	137
5.4.1. Aktivite Sırası Mikroklima Sıcaklık ve Bağlı Nem Verilerinin Karşılaştırılması	138
5.4.2. Aktivite Sonrası Mikroklima Sıcaklık ve Bağlı Nem Verilerinin Karşılaştırılması	146
5.4.3. Giyim Denemesi Protokolü Boyunca Ölçülen VO_2 maks ve Nabız Değerleri ...	150
5.4.4. Giysilerin Ter Tutma Oranı	152

5.4.5. Subjektif Değerlendirme Ölçüm Sonuçları.....	153
5.5. Termal Kamera Görüntü Analizleri	158
5.6. Termal Manken (Newton) Ölçüm Sonuçları.....	160
5.7. Sonuç.....	162
KAYNAKLAR	168
EKLER	178
EK-1 Gönüllü Bilgilendirme Formu	179
EK-2 Gönüllü BilgiFormu	180
EK-3 Subjektif Konfor Değerlendirme Skalası	181
EK-4 Örgü Diagramları.....	182
EK-5 Kardiyo Solunum Fonksiyonları Cihazı Sonuç Ekranı	183
ÖZGEÇMİŞ	184

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A_{du}	DuBois alanı
C	Konveksiyonla olan ısı kaybı
C_a	Kumaş su buharı konsantrasyonu
C_α	Havadaki su buharı konsantrasyonu
D	Difüzyon katsayısı
E	Elastisite modülü
E_{sk}	Buharlaştırma ile olan ısı kaybı oranı
E_{res}	Buharlaştırmayla ısı kaybı
f	Kumaştaki lifin hacimsel oran
f_{cl}	Giysi alan faktörü (clo)
F	Su buharı transfer oranı
h	Kalınlık
h_c	Konveksiyonla ısı transferi katsayısı
H_{DRY}	Kuru ısı kaybı
I	Eylemsizlik momenti
I_{cl}	Giysinin termal direnci
K_R	Sönüm katsayısı
l	lif uçlarının uzunluğu
M	Metabolik ısı üretimi
n	Kırılma indeksi
P_a	Dış ortamdaki su buharı basıncı
P_E	Kritik burulma kuvveti
q	Isı akış miktarı
Q_m	Taşıyıcıyla iletilen su buharının kütlesi
R	Radyasyonla olan ısı kaybı
R_{CL}	Giysinin toplam ısı direnci

R_{et}	Kumaşın toplam su buharı direnci
S	Vücutun ısı depolama oranı
T_a	Hava sıcaklığı
T_{cl}	Giysi yüzey sıcaklığı
T_{sk}	Deri sıcaklığı
V_a	Hava Hızı
W	Yapılan iş oranı
λ	Termal iletkenlik
γ	Yüzeyler arasındaki gerilimler
σ	Stefan-Boltzman sabit
Θ	Derece

Kısaltmalar

Açıklama

BAR	Alt Islanma Zamanı
CLO	İzolasyon birimi
MET	Metabolik Aktivite Oranı
MMT	Nem Yönetim Cihazı
MRT	Ortalama Radyan Sıcaklık
OMMC	Genel Nem Yönetimi Değeri
OWTC	Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi
RWVP	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği
SS	Yayıma Hızı
TAR	Üst Emilim Oranı
WTR	Su Buharı Geçirgenlik Oranı
WVP	Su Buharı Geçirgenlik İndeksi
WVT	Su Buharı Transfer Oranı
WT	Islanma Zamanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Subjektif Konfor Algısı	5
Şekil 2.2. Termal çevredeki bir insan için ısı transferi yolları	8
Şekil 2.3. Vücut konfor hissinin oluştuğu sıcaklık bölgeleri	9
Şekil 2.4. İnsan ve çevre arasındaki ısı alışverişini etkileyen faktörler.....	15
Şekil 2.5. Kumaş kaynaklı karıncalanma hissinin diagram olarak gösterimi	19
Şekil 2.6. Kavramsal modelin şematik gösterimi	20
Şekil 2.7. Kumaş tabakaları boyunca ısı transferi	24
Şekil 2.8. Mikroklima ve vücut giysi sistemi	28
Şekil 2.9. Kumaşlarda dinamik su buharı iletimi	29
Şekil 2.10. Su buharının gerçekleştiği katmanlar	35
Şekil 2.11. Ara yüzey gerilimleri ve temas açısı	39
Şekil 2.12. Katı bir yüzey üzerinde sıvı damlalarının oluşturduğu temas açılarının gösterimi	39
Şekil 2.13. ASTM E96'ya göre kap metotlarının sınıflandırılması	42
Şekil 2.14. Buharlaşma kap metodu	43
Şekil 2.15. Ters çevrilmiş desikant metodu gösterimi	44
Şekil 2.16. Terleyen sıcak plaka ölçüm cihazları a)SGHP-8. b) PSM-2 c)Permetest test cihazları.....	45
Şekil 2.17. Terleyen sıcak plaka cihazı yan görünüşü.....	46
Şekil 2.18. Permetest cihazı	48
Şekil 2.19. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli	50
Şekil 2.20. Terleyen termal manken ve iç yapısı.....	54
Şekil 2.21. 'Jun' Termal manken görünüşü ve kontrol sistemi.....	55
Şekil 2.22. Coppelius 'un bölümleri ve termal manken ter bezinin kesit görünüşü....	55
Şekil 2.23. Sıcaklık sensörü yerleşimi.....	56
Şekil 2.24. Termal görüntüleme sisteminin tekstilde kullanıldığı alanlar	58
Şekil 3.1. Hava Geçirgenlik Test Cihazı	78
Şekil 3.2. SDL ATLAS M259B Terleyen sıcak plaka sistemi ve cihazın parçaları ...	81
Şekil 3.3. a) MMT test cihazı ön görüntüsü b) Cihaz sensör yapısı c) Ölçüm Halkaları	83
Şekil 3.4. Tek Yönlü Sıvı Transferi.....	84
Şekil 3.5. Su geçirmez kumaş yapısı ekran görüntüsü	86
Şekil 3.6. Su itici kumaş yapısı ekran görüntüsü	87

Şekil 3.7. Sıvıyı yavaş emen ve yavaş kuruyan kumaş ekran görüntüsü	87
Şekil 3.8. Sıvıyı hızlı emen ve yavaş kuruyan kumaş ekran görüntüsü	88
Şekil 3.9. Sıvıyı hızlı emen ve hızlı kuruyan kumaş ekran görüntüsü	88
Şekil 3.10. Su geçirgenliği olan kumaş yapısı.....	89
Şekil 3.11. Nem tayin kumaşı.....	89
Şekil 3.12. Giyim denemelerinde kullanılan tişört modeli ön ve arka görüntü	91
Şekil 3.13. Termal kamera cihazı ve yazılım ekran görüntüsü	94
Şekil 3.14. Datalogger ve sensörleri.....	95
Şekil 3.15. Isı ve nem sensörlerinin vücut üzerindeki yerleşimi	95
Şekil 3.16. Kardiyolojik Solunum Fonksiyonları Ölçüm Cihazı ve denek üzerine bağlantısı	96
Şekil 3.17. Termal Manken Newton ön ve arka görüntüsü ile bölümleri	97
Şekil 3.18. Termal Direnç ölçüm bölgeleri	98
Şekil 5.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerleri	106
Şekil 5.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerleri	107
Şekil 5.3. Hava geçirgenliği kumaş yoğunluğu ilişkisi	108
Şekil 5.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği ve gözeneklilik ilişkisi	109
Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı iletkenlik değerleri.....	110
Şekil 5.6. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı iletkenlik değerleri.....	112
Şekil 5.7. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların termal difüzyon değerleri	113
Şekil 5.8. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal difüzyon değerleri	114
Şekil 5.9. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı soğurganlık değerleri	115
Şekil 5.10. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı soğurganlık değerleri	116
Şekil 5.11. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı direnç değerleri	118
Şekil 5.12. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç değerleri.....	119
Şekil 5.13. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal direnç kumaş kalınlığı ilişkisi	120
Şekil 5.14. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal direnç kumaş yoğunluğu ilişkisi	120
Şekil 5.15. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç özellikleri (SHP) ..	121
Şekil 5.16. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ıslanma zamanı	123
Şekil 5.16. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ıslanma zamanı	123
Şekil 5.17. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ıslanma zamanı.....	124
Şekil 5.18. Çalışmada kullanılan 1. Grup Kumaşların emilim oranları	125
Şekil 5.19. Çalışmada kullanılan 2. Grup Kumaşların emilim oranları	126

Şekil 5.20. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım değerleri	128
Şekil 5.21. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım değerleri	129
Şekil 5.22. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların maksimum ıslak çap değerleri	131
Şekil 5.23. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların maksimum ıslak çap değerleri	131
Şekil 5.24. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi	132
Şekil 5.25. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi	133
Şekil 5.26. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların genel nem yönetimi özellikleri	134
Şekil 5.27. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların genel nem yönetim özellikleri	135
Şekil 5.28. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direnci özellikleri	136
Şekil 5.29. Aktivite hızına bağlı olarak göğüs bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem değişimi (b).....	138
Şekil 5.30. Aktivite hızına bağlı olarak sırt bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem değişimi (b).....	140
Şekil 5.31. Aktivite hızına bağlı olarak karın bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi	142
Şekil 5.32. Aktivite hızına bağlı olarak bel bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi	143
Şekil 5.33. Aktivite sonrası göğüs bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi	147
Şekil 5.34. Aktivite sonrası sırt bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi ..	148
Şekil 5.35. Aktivite sonrası karın bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi	149
Şekil 5.36. Aktivite sonrası bel bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi ..	149
Şekil 5.37. Deneklerin aktivite boyunca maksimum oksijen tüketimi değerleri.....	151
Şekil 5.38. Deneklerin nabız değerlerinin karşılaştırılması	152
Şekil 5.39. Giyim denemesi sonucunda giysilerin ter tutma oranı.....	153
Şekil 5.40. Deneklerin sübjektif sıcaklık algı sonuçları.....	156
Şekil 5.41. Deneklerin sübjektif ıslaklık algı sonuçları.....	157
Şekil 5.42. Deneklerin genel konfor algı sonuçları	158
Şekil 5.43. Giysilerin egzersiz öncesi ve sonrası termal kamera görüntüleri.....	159
Şekil 5.44. Termal manken ısı direnç ölçüm sonuçları	160

Şekil 5.45. Termal manken su buharı direnci ölçüm sonuçları 161



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Metabolik aktivite oranları	10
Çizelge 2.2. Farklı aktiviteler sırasında vücutta üretilen nem miktarları	11
Çizelge 2.3. Farklı vücut sıcaklıklarındaki fizyolojik tepkiler	12
Çizelge 2.4. Bazı giysilerin clo değerleri	15
Çizelge 2.5. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri	24
Çizelge 2.6. Termal mankenlerin gelişimi	53
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşlar ve özellikleri	76
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşlar ve özellikleri	77
Çizelge 3.3. MMT test sonuçları değerlendirme skalası	85
Çizelge 3.4. Giyim denemelerinde kullanılan tişört beden ölçüleri	91
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları	99
Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları	99
Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların Alambeta test sonuçları	100
Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların Alambeta test sonuçları	100
Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların MMT test sonuçları	101
Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların MMT test sonuçları	102
Çizelge 4.7. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnci ve su buharı direnci ölçüm sonuçları	102
Çizelge 4.8. Termal Manken ısı direnci ölçüm sonuçları	103
Çizelge 4.9. Termal Manken su buharı direnci ölçüm sonuçları	104
Çizelge 5.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği varyans analizi	107
Çizelge 5.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği varyans analizi	108
Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı iletkenlik varyans analizi	111
Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı iletkenlik varyans analizi	112
Çizelge 5.5. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı soğurganlık varyans analizi	115
Çizelge 5.6. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı soğurganlık varyans analizi	117
Çizelge 5.7. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı direnci varyans analizi ...	118

Çizelge 5.8. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç varyans analizi ..	119
Çizelge 5.9. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç (SHP) varyans analizi	121
Çizelge 5.10. Kumaşların ıslanma zamanlarına göre değerlendirme tablosu	122
Çizelge 5.11. Kumaşların emilim oranlarına göre değerlendirme tablosu.....	124
Çizelge 5.12. Kumaşların yayılım hızı değerlendirme tablosu	127
Çizelge 5.13. Kumaşların maksimum ıslak çap değerlendirme tablosu.....	129
Çizelge 5.14. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerlendirme tablosu	131
Çizelge 5.15. Kumaşların genel nem yönetim özellikleri değerlendirme tablosu.....	133
Çizelge 5.16. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direnci varyans analizi	137
Çizelge 5.17. İki faktörlü Anova Test sonuçları.....	145
Çizelge 5.18. Kumaşlara uygulanan Bonferroni testi sonuçları	146
Çizelge 5.19. Giyim denemelerinde kullanılan ölçekler	154
Çizelge 5.20. Farklı aktivite hızlarında sübjektif değerlendirme sonuçları.....	155

1.GİRİŞ

Spor giysiler fonksiyonel özelliklerinden dolayı gelişime açık bir alandır. Deri ile direk temas, fiziksel harekete imkan vermesi ve nem konforu sağlaması açısından örme kumaş yapılarının spor giyimde kullanımını daha fazladır. Kullanıcının fiziksel aktivite durumu ve çevre koşullarının değiştiği durumlarda dahi giysiler vücudun termoregülasyon sistemini dengelemelidir. Giysiler taşınabilir bir termal mikroklima ortamı oluşturarak vücudumuzun tek başına dayanamadığı iklim koşullarında yaşamamızı ve hayatta kalmamızı sağlamalıdır. İnsanlar giysisiz durumda sadece 26-30 C ° arası gibi dar bir termal ortamda kendilerini konforlu hissedebilirler (Fanger 1985). Giysili durumda ise -40 C ° ile +40 C° arasında değişen geniş bir termal ortamda yaşayabilir ve çeşitli fiziksel aktivitelerde bulunabilirler. Bu nedenle giysilerin bilimsel ve fonksiyonel tasarımı insan sağlığı ve konforu için çok önemli bir konudur.

Fonksiyonel giysiler kullanıldığı çevre koşullarındaki ani sıcaklık değişimlerine karşı vücudu korumalıdır. Çünkü insan vücudu sıcak ortamlarda oluşan fazla ısıyı dışarı atmak için terlemeye ihtiyaç duyar. Eğer fazla ısı ve ter vücuttan giysi vasıtasıyla dışarı atılamazsa kişiyi rahatsız hissettirir ve performansını etkiler. Hatta daha aşırı durumlarda kişinin ölümüne bile sebep olabilir. Bu nedenle giysilerin sadece kuru ısıyı değil aynı zamanda teri de vücuttan uzaklaştırarak vücudu konforlu hissettirmesi gerekir. Bunun için giysilerin su buharı geçirgenliği özelliği yani nefes alabilirlik özelliğine sahip olmaları gerekir.

Ülkemizde değişen kentleşme yapısının sağlıklı yaşam ve spor ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak gelişmesi, birçok spor kompleksinin açılması ile sonuçlanmıştır. Global ve ulusal trendler dolayısı ile ülkemizde spor giyim giderek büyüyen bir pazar haline gelmiştir. Hem yerel pazarın ihtiyaçlarına yönelik, hem de uluslararası rekabetçilik potansiyeli bulunan fonksiyonel spor giyim ürünlerinin geliştirilebilmesi için bu konudaki bilimsel çalışmaların, tekstil firmalarının AR-GE faaliyetlerinin ve üniversite-sanayi işbirliklerinin artması gerekmektedir.

İnsan vücudunun gelişimi için temel spor dallarından biri olan atletizm, insanın koşma, atlama ve atma gibi doğal bedensel eylemlerinin tümüdür (Demir 2008). Hangi koşu türü olursa olsun atletizmde, tüm spor dallarında olduğu gibi performans oldukça önemlidir. Sporda performansı olumlu veya olumsuz etkileyen faktörler ise çok çeşitli ve karmaşıktır. Bunlar genel anlamda içsel ve dışsal faktörler olarak ikiye ayrılmaktadır. (Bayraktar ve Kurtoğlu 2009)

Uluslararası rekabet sporlarında başarı antrenman'ın yanında beslenme, psikoloji ve kullanılan ekipmana da bağlıdır. Yücesir ve ark. (2011), giysileri ergojenik yardım ana başlığında mekanik ve biyomekanik yardımcıları adı altında değerlendirmekte ve sporcu performansına katkı sağlayan yardımcıları olarak görmektedir. Birçok spor dalında o spor dalına özgü giysilerin kullanılmasının da performansı artırabileceği ifade etmişlerdir. Bu nedenle günümüzde birçok sporcu yüksek teknolojiye sahip tekstil ürünlerini kullanmayı tercih etmektedir. Yüksek teknolojiye sahip tekstil ürünleri içerisinde akıllı tekstiller ve giyilebilir elektronik ürünler girmektedir. Giyilebilir elektronik ürünlere örnek olarak sporcuların nabız değerlerini sürekli kontrol edebilen gömlekler verilebilir.

Spor giysilerde fonksiyonellik daha çok kullanıcı yani sporcunun içinde bulunduğu ortam şartları ve aktivite düzeyine bağlı olarak kullandığı giysiden memnun olma, giysinin kullanıcıya fiziksel, psikolojik ve fizyolojik olarak rahatsızlık vermemesidir. Yani kısaca kullanıcının o giysi içerisinde kendini konforlu hissetmesidir.

Sporcuların performansını önemli derecede etkileyen giysilerde aranan fonksiyonlar, giysinin kullanılacağı alana göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin; yüzücü mayoları ve paten giysileri için hava/su için düşük akışkan direnci, esneklik ve donukluk gibi özellikler önemliken; futbol giysileri için yüksek mukavemet, sürtünme direnci, ter emme, çabuk kuruma, serin tutma gibi özellikler ön plandadır (Yonenaga 2001, Güneşoğlu 2005)

Spor giysiler ısı ve nem bariyer özellikleri kullanım konforu ve servis ömrü gibi birçok özelliğe sahip olmalıdır. Bu ihtiyaçları karşılamak için, her katmanın özel olarak seçildiği çok katmanlı giysi yapıları kullanılmalıdır. İç katman veya iç katmanlardan biri büyük su sızdırmazlığına ve rüzgâr direncine sahip olmalıdır. Aynı zamanda bu katman su buharı geçirgenliği olarak belirtilen nefes alabilirlik özelliğine sahip olmalıdır (Brzeziński ve ark. 2005).

Deri ıslaklığı giysili durumda daha fazladır ve bu nem lifler tarafından emilir ya da kumaş yüzeyinden emilerek buhar formunda dış ortama atılır. Özellikle sıcak ortamlarda giysinin konforunu arttırmak için kumaşın emilim özelliklerini artırarak kişiyi kuru ve serin hissettirecek giysi yapılarının üretilmesi gerekmektedir. Bunun için farklı lif türleri, örgü yapısı veya kimyasal işlemler uygulanabilir.

Doğal lifler genellikle nemi iyi emer fakat içinde tuttuğu için giysi ağır hissettirir. Sentetik lifler ise nemi deri yüzeyinden uzaklaştırır (Pascoe ve ark. 1994). Fakat yüksek terleme ve nemin olduğu durumlarda ter giysinin iç katmanında tutularak deri ve giysi ıslaklığını arttırır. Bu iki durumda sıcak ve nemli günlerde giysi konforsuz hissettirir. Özellikle aktif spor giyimde konfor çok önemli bir parametredir.

Günümüzde sağlığa faydalı olduğu ve kişinin performansını arttırdığı ileri sürülen birçok ticari giysi piyasaya sürülmektedir. Bu çalışmada aktif spor giyimde kullanılan örme kumaş yapıları içerisinde termofizyolojik konfor açısından en uygun kumaş yapılarının belirlenmesi amacıyla belirli bir kumaş grubuna objektif ve sübjektif testler uygulanmıştır. Test sonuçlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda atletizm sporunda kullanılacak en uygun kumaş yapısı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Konforun Tanımı ve Önemi

Günümüzde tüketiciler giysinin sadece iyi görünmesini değil aynı zamanda iyi hissettirmesini de istemektedirler. Doğal ve sentetik lif üreticileri giysilerde tüketicilerin kararlarını daha çok görme duyusu, dokunuş, koku, sezgi ve duyunun etkilediğini belirtmişlerdir. Tüketicilerin ilgileri kendilerini içerisinde daha iyi hissettikleri giysilere yönelmiştir. Buda giysilerde konforun öneminin artmasına sebep olmuştur.

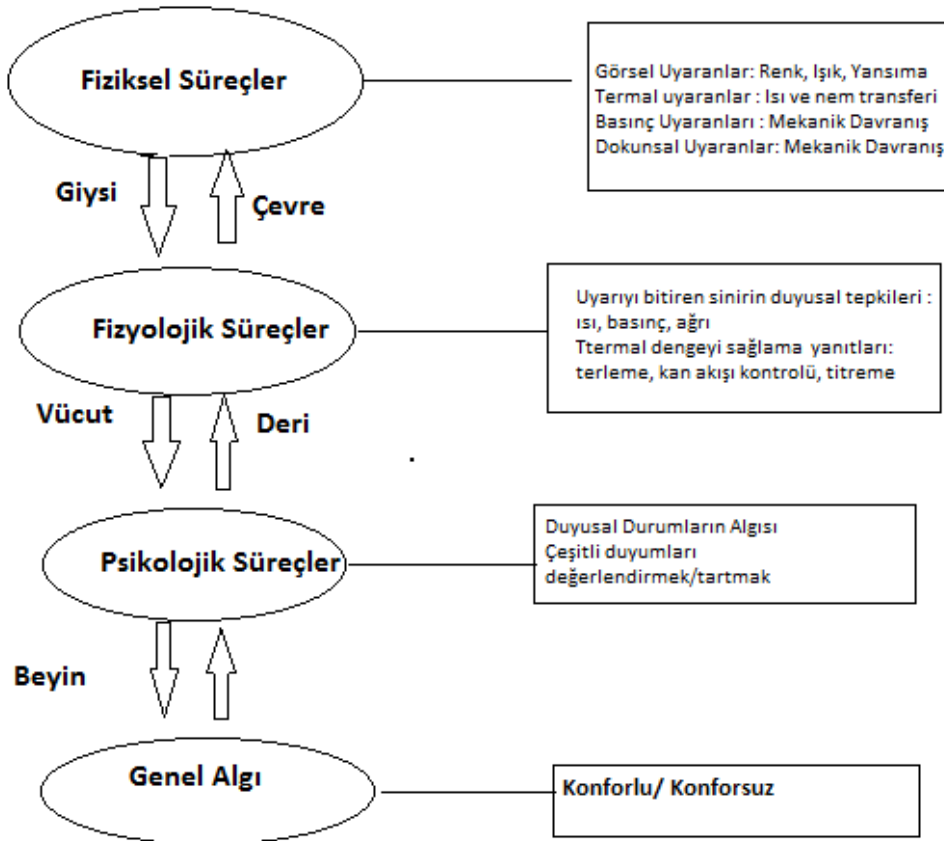
Konfor tanımlanması güç ve karmaşık bir konudur. Fourt ve Hollies, konforun termal ve termal olmayan bileşenler içerdiğini belirtmişlerdir. Konforu araştıran bilim insanlarının yoğunlaştığı konfor başlıkları: fiziksel, fizyolojik, nörofizyolojik ve psikolojik konfordur. Konfor'un tanımı birçok araştırmacı tarafından farklı yollarla yapılmıştır (Slater 1986) .

- Konfor kullanıcının fizyolojik tepkilerinden etkilenir.
- Konfor vücudun ısı dengede olma durumudur.
- Konfor memnuniyetsizlik ve konforsuzluk hissini olmadığı durumdur.
- Konfor insan vücudu ve çevresi arasındaki psikolojik, fizyolojik ve fiziksel uyumu ifade eder.

Konfor kişinin giysili durumda içinde bulunduğu ortamla olan uyumunu ifade eder. Bu uyumun fiziksel bileşenleri ağırlık, kalınlık, ısı transferi, hava geçirgenliği, nem emilimi, nem transferi, tutum, hareket kolaylığı gibi özelliklerdir. Estetik özellikler ise renk, parlaklık, moda ve bedendir. Bunlara ek olarak kişisel subjektif özellikler de konforu etkiler. Giysi konforunda en önemli faktör insan vücudu ve çevresi arasındaki ısı dengelinin sağlanabilmesi için ısı ve nemin (buhar ve sıvı formda) giysi içerisinde hareket etmesi bunun sonucunda da fazla ısı ve nemin dış ortama atılabilesidir.

Hatch (1993), konforu acı ve konforsuzluk hissinden bağımsız doğal bir durum olarak tanımlamıştır. Saville giyim konforunu etkileyen iki faktörün termofizyolojik ve dokunsal giyim konforu olduğunu belirtmiştir. Termofizyolojik konforun giysinin ısı ve nem transferi özelliklerine bağlı olduğu, farklı aktivite ve iklim koşullarında vücudun ısı dengesini korumaya yardım ettiğini belirtmiştir. Dokunsal konforun ise giysinin vücuda mekanik teması, yumuşaklık, hareket esnekliği sağlaması, ıslandığı zaman vücuda yapışmaması ve batmamasıyla ilgili olduğunu belirtmiştir.

Portelli (1977) Konforun Gestalt'ini oluşturarak (Şekil 2.1) konforu etkileyen değişkenleri belirtmiştir. Burada değişkenler üç gruba ayrılmıştır: çevre ve giysinin fiziksel değişkenleri, kullanıcının psiko-fizyolojik bileşenleri ve beynin psikolojik filtreleri.



Şekil 2.1. Subjektif konfor algısı (Portelli 1977)

Slater (1985), konfor insan ve içinde bulunduğu çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik, nörofizyolojik ve fiziksel uyumun ifadesidir. Bu çalışmada konfor üç farklı başlık altında toplanmış ve çevrenin konfora etkisi vurgulanmıştır. Bunlar:

1. Fizyolojik konfor, insan vücudun yaşamını sürdürme becerisi ile ilgili bir kavramdır.
2. Psikolojik konfor, dışarıdan herhangi bir yardım almadan aklın kendi fonksiyonlarını devam ettirme becerisi ile ilgili bir kavramdır.
3. Fiziksel konfor, dış çevrenin insan vücuduna olan etkisidir.

Goldman (2005), giysi konforunun fonksiyon, tuşe, beden ve moda olmak üzere dört temel faktörü olduğunu belirtmiştir. Bunlardan fonksiyonun ısı ve nem transferi, su emilimi, kuruma davranışı gibi giysi konforu parametreleri ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Isı transferinin kalınlık ve lif özelliklerine bağlı olduğunu, iplik ve kumaş özelliklerinin değişiminden etkilendiğini, su buharı geçirgenliğinin de buharlaşmayla soğutma etkisi yaptığından termal özellikleri etkilediğini belirtmiştir.

Marmaralı ve ark.(2006), giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler üzerine yaptıkları çalışmada, kişinin konfor hissini belirleyen parametrelerin, insan teni ile giysi arasında kalan ve mikroklima olarak da adlandırılan hava tabakası olduğu ve bu tabakanın çevre, insan ve giysi faktörlerinden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Mikroklimayı etkileyen bu faktörlerden çevre koşullarına ve kişinin fiziksel, psikolojik veya fizyolojik durumuna müdahale edilemediği için, yüksek konfor özellikleri ancak giysi özelliklerinin geliştirilmesi ile sağlanabilmektedir.

Konfor ölçümleri iki yolla yapılabilir. Bunlardan ilki pazar araştırması yapmak ve piyasada mevcut bulunan ürünlerin spor performans giysilerinin özelliklerini açığa çıkarmaktır. Diğer yol kantitatif konfor testleri ve giyim denemeleri gibi subjektif ölçümlerle kişilerin konfor hissini ölçmektir.

2.2. Konforun Sınıflandırılması

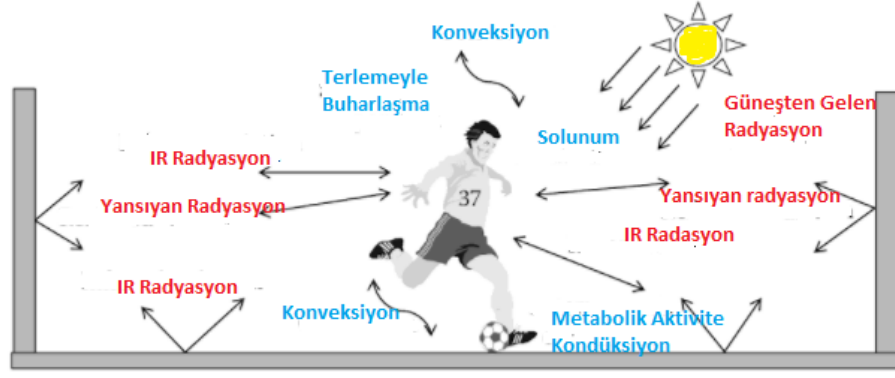
2.2.1. Termal Konfor

Giysilerin termal özellikleri, kullanıcının termal konforu ile ilişkilidir ve çevre ile giysi arasındaki ısı ve nem transferini kapsar. Fizyolojik veya termal konfor, ISO 7730'a göre aklın içinde bulunduğu termal çevre ile uyumlu olma hali olarak tanımlanmıştır. Standartta belirtilen limitler konforsuzluk hisseden deneklerin oranına göre alınmıştır (Fanger 1986).

İnsanın termal konforu metabolik oran (iç ısı üretimi), vücuttan ısı kaybı ve iklim koşullarına bağlıdır. Giysilerin temel görevi deri yüzeyinde meydana gelen ısı ve nem kayıplarını dengeleyerek ısı dengesini sürekliliğini sağlamaktır. Bir iklim koşulu için uygun olan giysi sistemi başka bir iklim koşulu için uygun olmayabilir. Örneğin yazın kullanılan bir giysiden beklentiler teri hızlı bir şekilde dış ortama atabilmesi ve termal direncinin düşük olmasıdır. Kışlık bir giysiden beklentiler ise termal direnç özelliğinin fazla olması ve çok soğuk iklim koşullarında bile kişiyi konforlu hissettirebilmesidir.

İnsan vücudu sıklıkla sabit koşullara maruz kalmaz, bunun yerine değişen çevre, giysi ve aktivite koşullarına maruz kalır. Vücut ve çevre arasındaki ısı değişimi giysinin dinamik tepkilerinden önemli ölçüde etkilenir. Bir giysi sisteminin dinamik koşullar altında termal konforu; giysideki su buharı basınç değişimi, giysinin yüzey sıcaklığı ve vücutta meydana gelen ısı kayıplarıyla belirlenir (Huang 2006).

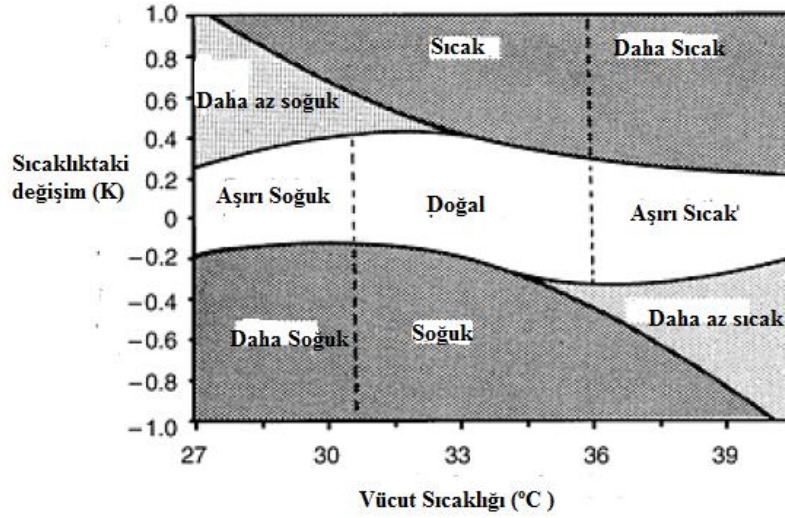
Termal direnç; kalınlık, giysi katmanı, dökümlülük, elyaf yoğunluğu ve kumaş gözenekliliğinden etkilenir. Termal konfor ise kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon ve terlemeyle olan ısı kayıplarından etkilenir. Şekil 2.2' de çevreyle insan arasındaki ısı denge modeli verilmiştir.



Şekil 2.2. Termal çevredeki bir insan için ısı transferi yolları (Parsons 2014)

Goldman (1999), fiziksel, fizyolojik ve psikolojik olmak üzere üç temel yaklaşım kullanarak termal konforu modellemiştir. İnsanlar giysisiz durumda sadece 26-30 °C arası gibi dar bir termal ortamda kendilerini konforlu hissedebilirler (Fanger 1985). Vücut iç sıcaklığı 37 °C civarında (Havenith 1999, Parsons 2002) deri yüzey sıcaklığı 30,7 °C ile 35,6 °C (Mehnert ve ark. 2002) arasında sabit tutulmalıdır. Vücut sıcaklığı, ısı üretimi ve ısı kaybı mekanizmaları arasında dinamik bir denge ile düzenlenir. Vücut iç ısı = kor ısı ortalama $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (36-38 °C sınırlarında) düzeyinde tutulmaya çalışılır. Mekanik iş ve egzersizde ısı oluşum hızı artar. Vücut iç ısı normalin 1-2 °C üstüne yükselir ve 38-39 °C arasında korunur (Yıldız ve Arzuman 2009).

Deri sıcaklığı; çevre ile ısı alışverişi, terleme kontrolü, dolaşım tepkileri ve termal algılar üzerine etki eden önemli bir parametredir (Brotherhood 2008). Deri sıcaklığı 33,4 C° olduğunda konfor hissinin en fazla olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.3). Vücudun herhangi bir kısmındaki deri sıcaklığı bu ideal sıcaklıktan 1,5-3 °C kadar bir aralıkta farklılaşma gösterdiğinde konfor hissi devam eder. Eğer fark $\pm 4,5^\circ\text{C}$ ' den fazla olursa insan vücudu konforsuzluk hisseder. Ayrıca, deri sıcaklığının 36,5 °C' ye göre 1,5 °C' lik artışı ya da düşüşü hayati tehlike yaratabilir. Hipotermi, deri sıcaklığının 35 °C' nin altına düşmesiyle meydana gelebilir. Sabit deri sıcaklığı, gövde için yaklaşık 34-36,5 °C, eller ve ayaklar için 25,5-27,5 °C, kollar ve bacaklar için 27-30 °C olarak ifade edilebilir (Önder ve Sarier 2003).



Şekil 2.3. Vücut konfor hissini oluşturan sıcaklık bölgeleri (Parsons 2002)

Mijovic ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada derinin ana görevi vücudun termal dengesini sağlayarak vücut ısısını 37 °C civarında sabitlemesi, giysinin ana görevi ise farklı iklim koşullarında vücudun termal dengesini sağlamasıdır şeklinde belirtmişlerdir. Giysinin termal özelliklerini etkileyen faktörlerin ise kuru termal direnç, nem transferi ve buharlaşma, ısı değişimi (kondüksiyon, konveksiyon, buharlaşma, terleme), basınç (kuvvetli rüzgâr), hava sirkülasyonu ve vücut hareketleri olduğunu belirtmişlerdir.

Termal dengenin olduğu durumda metabolizma tarafından üretilen ısı ile vücut tarafından dış ortama atılan ısı miktarı birbirine eşittir. İnsan vücudu ve çevresi arasındaki birim alan başına ısı değişimi Eşitlik 2.2 ile hesaplanır (Butera 1988).

$$M-W= C + C_k + C_{res} + R + E_{res} + E_{sk} \quad (2.2)$$

Burada M metabolik oran yani iç enerji üretimi, W yapılan iş, C konveksiyonla ısı kaybı, C_k kondüksiyonla ısı kaybı, C_{res} solunumla ısı kaybı, R radyasyonla ısı kaybı, E_{res} solunum kaynaklı buharlaşmayla ısı kaybı ve E_{sk} deriden buharlaşma meydana gelen ısı kaybı olarak ifade edilir. W yani yapılan iş çoğunlukla ihmal edilir. İç enerji üretimi yani metabolik oran ise metabolik aktiviteye göre belirlenir.

Deri yüzey alanından transfer edilen ısı oranı, metabolik enerji üretimini ifade eden birim "met" olup, dinlenme halindeki bir insanın metabolik hızı olarak tanımlanmıştır (1 met= 58,2 W/m²). Normal bir yetişkinin vücut yüzey alanı 1,7 m² olarak kabul edildiğinde

yetişkin bir insanın ürettiği ısı 1,7x58,2 ya da 100 W= 90 kcal/sa olarak ifade edilir. Çeşitli aktiviteler için hesaplanan metabolik enerji üretimi değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Metabolik aktivite oranları (ASHRAE 1989)

Aktivite	Metabolik Oran (Met)	Metabolik Oran (W/m²)
Uyku	0,7	40,7
Oturarak kitap okuma	0,9	52,4
Oturarak yazma	1	58,2
Yürüyüş (2 mph)	2	116,4
Yürüyüş (3 mph)	2,6	151,3
Dans etmek	2,4-4,4	139,7-256,1

Giysili durumda iletimle ısı transferi düşer ve bu nedenle iletimle ısı transferi çoğunlukla önemsizdir. Konveksiyonla meydana gelen ısı transferi ise Eşitlik 2.3 ile ifade edilir.

$$C = f_{cl} \cdot h_c \cdot (T_{cl} - T_a) \quad (2.3)$$

Burada F_{cl} giysi alan faktörü (clo), h_c konveksiyonla ısı transferi katsayısı (W/m².K), T_{cl} giysi yüzey sıcaklığı (°C) ve T_a çevre havanın sıcaklığıdır. Isı transfer katsayısı (h_c) vücut boyunca hava hızı ve kişinin hava akımına karşı pozisyonuna bağlıdır. Eşitlik 2.4’ teki gibi hesaplanır.

$$h_c = 12,1 \cdot V_a^{0,5} \quad (2.4)$$

burada V_a hava hızı (m/s) ‘dır. Giysi alan faktörü ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$f_{cl} = 1,05 + 0,1 \cdot I_{cl} \quad (2.5)$$

Burada I_{cl} giysinin termal direncidir (clo). Vücutta buharlaşmayla meydana gelen ısı kaybı E_{sk} , Eşitlik 2.6’ deki gibi verilmektedir:

$$E_{sk} = \frac{3,06}{A_{du}} \cdot 10^{-3} (256 \cdot T_{sk} - 3360 - P_a) \quad (2.6)$$

Burada E_{sk} buharlaşma ile olan ısı kaybı, A_{du} DuBois alanı, T_{sk} deri sıcaklığı, P_a dış ortamdaki su buharı basıncıdır.

Purusthotaman (2009), ise belirli ağırlık ve boydaki kişilerin (63,5 kg ağırlığında; 178 cm boyunda; 1,8 m² toplam vücut alanına sahip olan) yapılan aktiviteler sonucunda derisinin kuru kalabilmesi ve dolayısıyla kişinin konfor durumunun korunabilmesi için vücutundan iletilmesi gereken metabolik nem miktarlarını incelemişlerdir. Çizelge 2.2 'de farklı aktiviteler sırasında vücutta üretilen nem miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı aktiviteler sırasında vücutta üretilen nem miktarları (Tanner 1979)

Aktivite	Nem Üretimi (g/m ² /24 sa)
Dinlenme	350
Tuğla döşeme	930
5 km/h hızla yürüme	1305
Toprağı kürekleme	1620-2320
Toprağı kazmak	2000
Merdiven Çıkma (yüksüz)	2090

Fizyoloji ve Vücut Sıcaklığı

İnsan vücudunun iç sıcaklığı farklı iklim koşullarında dahi 37 °C (±0,5 °C) civarında sabit tutulmalıdır. Metabolik aktivite ve besinlerin yakım işlemi sonucu üretilen ısı vücut metabolik oranını kontrol etme amacıyla kullanılır. Vücut iç sıcaklığı belirlenen sınırların üzerine çıktığında veya düştüğünde ciddi fizyolojik bozukluklara ve hatta ölüme sebep olabilir. Çizelge 2.3' te farklı vücut sıcaklıklarındaki fizyolojik tepkiler belirtilmiştir. İnsan vücudunun fizyolojik tepkileri kişilerin yaşadığı coğrafik bölgeye bağlı olarak değişir.

Çizelge 2.3. Farklı vücut sıcaklıklarındaki fizyolojik tepkiler (Song, 2011)

Vücut Sıcaklığı (°C)	Fizyolojik Tepkiler
43,3	Beyin hasarı, baygınlık, mide bulantısı
37,8	Terleme
37	Normal durum
<37	Titreme
<32,2	Konuşamama
26,5	Katılaşma ve deforme olmuş beden
<26,5	Geri dönüşümü olmayan vücut soğuması (ölüm)

Farklı Vücut Bölümlerinin İnsan Vücut Sıcaklığını Düzenlemedeki Rolü

Vücudumuzda ısı ve soğuğu algılayan sensörler bulunmaktadır. Isı sensörleri hipotalamus içerisinde yer almakta ve vücut sıcaklığı 37 °C üzerine çıktığında sinyaller göndermektedir. Soğuğu algılayan sensörler ise deri yüzeyinde yer almaktadır ve deri sıcaklığı 37 °C ‘nin altına düştüğünde beyne sinyaller göndermektedir.

Ön hipotalamus ‘un etkisi

Vücutta dolaşan kan vücudun bütün bölümlerine ulaşır ve buralarda meydana gelen ısı kayıplarını önleyerek vücudun farklı bölümlerinin aynı sıcaklıkta kalmasını sağlar. Beynin en hassas bölümlerinden biri olan hipotalamus, kanın sıcaklığını sürekli kayıt altına alır ve sinir sistemi vasıtasıyla vücut sıcaklığını dengeleyerek 37 °C civarında tutar. Hipotalamus’ a vücudun termostat’ ı da denebilir çünkü ısıya ve soğuğa duyarlı birçok nöron içerisinde yer alır. Sıcaklığı dengelemek için ise damarları büzer veya genişletir.

Çevresel reseptörler ve arka hipotalamus’ un etkisi

Çevresel reseptörler deri üzerinde bulunurken, vücut iç sıcaklığını ölçen reseptörler omurilik, karın içi ve büyük damarlarda bulunur ve daha çok sıcaklık düşüşlerini kontrol ederler. Merkez ve çevresel reseptörlerden alınan sinyaller arka hipotalamus’ a aktarılır. Bu sinyaller vücudun ısı üretimi ve ısı birikimi işlevlerini kontrol ederler.

Çevresel kan damarlarının etkisi

Kan yüksek termal iletkenlik özelliğine sahiptir ve deriye ısı transferine yardımcı olur.

Deriye kan akış oranının kontrol edilmesi ile:

- Fazla ısının dışarı atılmasına yardımcı olmak amacıyla deri sıcaklığının artırılmasına
- Terlemeye destek sağlanır.

Vücut sıcaklığının arttığı durumlarda deri yüzeyindeki kan damarları genişleyerek deri yüzeyine daha fazla kan akışına (vazodilatasyon) sebep olur. Bu da ısı kayıplarını artırarak vücut sıcaklığının düşürülmesini sağlar. Soğuk havalarda ise vücut ürettiğinden daha fazla ısıyı kaybettiğinden, yüksek miktardaki ısı kayıplarını önlemek için deri yüzeyine giden kan damarları büzülerek(vazokonstriksiyon) daha az miktarda kanı deri yüzeyine taşır.

Akciğerler ve solunum organlarının etkisi

Ciğerlerden suyun buharlaşması ve solunum organları vücuttan çok düşük miktarda ısının dış ortama atılmasına sebep olur.

Kalbin etkisi

Vücuttan çok miktarda ısı kaybı olduğu durumlarda kan beyne ve diğer organlara uğramadan kalpten çok miktarda pompalanarak deri yüzeyine gönderilir. Bunun sonucu olarak da insanlar uyuşukluk hissi ve bilinç kaybı yaşarlar. Sıcak ortamlarda ise kalp çok miktarda kanı deri yüzeyine pompalayarak fazla ısının atılmasına yardımcı olur.

Otonomik Sinir Sisteminin Etkisi

Vücut sıcaklığı arttığı durumlarda ter bezleri daha fazla açılarak fazla miktardaki terin dış ortama atılmasını sağlarlar. Ter buharlaştığında ise vücutta bir serinleme hissi oluşur.

Sempatik Sinir Sisteminin Etkisi

Sempatik sinir sistemi uyarıları katekolamin hormonunun salgılanması ve bu hormonun etkisiyle vücut dokularındaki metabolik enerji üretim oranının artmasına sebep olur. İnsanlar soğuk iklim koşullarına maruz kaldığında ise deri sıcaklık reseptörleri merkezi hipotalamus'a sinyal göndererek, sempatik sinir sistemi uyarılarına sebep olarak norepinefrin hormonunun salgılanmasına sebep olur.

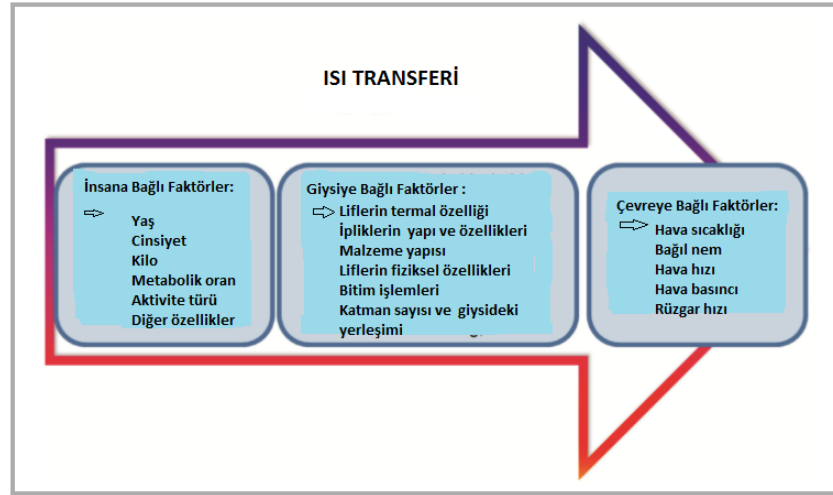
Giysilerin Termal Direnci

Giysiler vücut için sadece pasif bir örtü görevi görmez aynı zamanda vücudun termal düzenleyici fonksiyonlarıyla etkileşime geçerek vücut sıcaklığını değiştirir. Giysilerin en önemli fonksiyonu farklı çevre koşullarının kişiye vereceği zararı engellemek ve bu koşullara karşı insanları korumaktır.

1937 – 1970 yılları arasında Gagge ve arkadaşları insan vücudu ve çevresi arasındaki ısı etkileşimi ile ilgili bir araştırma yapmışlar ve bu araştırmanın sonucunda clo (giysi termal direnç birimi) tanımlanmıştır. Bu birim insan derisi ve giysinin dış katmanı arasında kalan katmanın toplam ısıl direncini ifade eder. Clo değeri Eşitlik 2.7 'de verildiği şekilde hesaplanabilir.

$$\Lambda_{cl} = \frac{R_{cl}}{0,18} \quad (2.7)$$

Burada Λ_{cl} clo cinsinden giysinin termal direnci, R_{cl} toplam termal direnç $m^2.h. \text{ }^\circ\text{C/kcal}$ 'dir. Normal havalandırmanın olduğu 21 $^\circ\text{C}$ sıcaklık, %50 bağıl nem ve 0,1 m/sn hava hızında iş giysisi giyen dinlenme durumunda bir kişinin ısıl direnci 1 clo olarak tanımlanır. 1 clo değeri 0,155 $m^2.K/W$ 'tır. Kışlık giysiler için clo değerinin 8 civarı, yazlık giysiler içinse 0,5 civarı olması uygundur. Şekil 2.4' te insan ve çevre arasındaki ısı alışverişini etkileyen faktörler verilmiştir.



Şekil 2.4. İnsan ve çevre arasındaki ısı alışverişini etkileyen faktörler

Bazı giysilerin clo değerleri Çizelge 2.4.'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Bazı giysilerin clo değerleri (Song 2011)

Giysi Tipi	Clo değeri	Giysi Tipi	Clo değeri
Tişört	0,09	İnce süveter erkek	0,20
Kısa kollu erkek tişörtü	0,12	Kalın süveter erkek	0,37
Uzun kollu erkek tişörtü	0,22	Uzun süveter bayan	0,37
Manto	2,0	İnce ceket erkek	0,22
İnce pantolon erkek	0,26	Kalın ceket erkek	0,49
Kalın pantolon erkek	0,32	İnce ceket kadın	0,17
İnce elbise bayan	0,22	Kalın ceket kadın	0,37

Tog, tekstil malzemesinin iki yüzü arasındaki °C cinsinden sıcaklık farkının ısı akışına oranının 1/10'udur. Bu ifade, Eşitlik 2.8' deki gibi ifade edilebilir:

$$1 \text{ tog} = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C m}^2 \text{ W}^{-1} \quad (2.8)$$

Ayrıca giysilerin ısıl direncinin kumaş kalınlığıyla doğru orantılı olduğu ve kumaş kalınlığının her santimetre başına 1,57 clo tahmini ısıl direnç değeri ölçüldüğü yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Başka bir ölçüm metodunda toplam ısıl direnç değeri, giysi

katmanlarının ısı direnç değerlerinin toplamına eşittir. Toplam direnç değerini kumaş gramajıyla açıklayan bir çalışmada ise kumaşın kg başına 0,35 clo değeri karşılık gelmektedir.

2.2.2. Dokunsal Konfor

Dokunsal konfor giysi konforu açısından çok önemli bir faktördür. Çünkü giysi insan vücuduyla direk temas halinde olduğundan, giyim durumunda vücutla sürekli ve dinamik bir etkileşim içindedir. Bu etkileşim termal, mekanik ve görsel algılar içerir ve dokunsal konfor olarak adlandırılır.

Dokunsal konfor; ısı, basınç, acı vs. gibi dış uyaranlara karşı sinir uçlarının verdiği tepkilerin nörofizyolojik sinyaller üreterek beyne gönderilmesiyle ilgili bir konfor algısıdır. Bu duyu sinyalleri beyin tarafından işlenerek duyu öznel algılarına dönüştürülür. Böylece kan akış hızı, terleme oranı ve ısı üretimi ayarlanarak bu sinyallere uygun yanıtlar verilir. Dokunsal (psikolojik konfor) kişinin sübjektif algıları ve moda, renk, beden gibi estetik özellikleri kapsar (Li ve Dai 2006).

Fiziksel süreçler sinyaller ve uyaranlar üreterek bunları deriye iletirler, deri bu sinyalleri nörofizyolojik dürtülere dönüştürerek beyne iletir. Beyin bu sinyaller doğrultusunda terleme oranı, kan akış hızı ve titremeyi ayarlar.

Deri, insan vücudu ve çevresi arasında arayüz işlevi görür ve dış ortamdan gelen uyarıları kontrol etmek için özel duyu reseptörlerine sahiptir. Duyu reseptörlerinin temel fonksiyonu dış ortamdan gelen uyarıları sinir sisteminin çalışması için standart kodlara çevirmektir (Song 2011).

En büyük üç uyarıcı :

1. Dıştaki nesnelere mekanik temas
2. Vücutta veya vücuttan dış ortama olan ısı akışı kaynaklı sıcaklık değişimleri
3. Travmatik ve kimyasal sinyallerin zarar görmesidir.

Tekstil malzemelerinin dokunsal özellikleri esneklik, sıkıştırılabilirlik, kumaş dokusu, uzayabilme ve sürtünme gibi özelliklerdir. Kumaşın yumuşaklığı kullanıcının giyiminden

önce bile konforu hakkında karar vermeye yarayan öncelikli dokunsal algılardandır. Kumaşların yumuşaklık ve hacimlilik hissi sıkıştırılabilme ve elastikiyet özelliğine bağlıdır.

Li (1998), yirmi altı duyuşsal tanımlayıcı seçtiği ve farklı ölkelerde yaşıayan giysi tüketicilerinin fizyolojik duyuşsal tepkilerini araştırdığı çalışmasında, yazlık ve spor giysilerin küme analizleri sonucunda seçilen yirmi altı duyuşsal tanımlayıcının dört kümede sınıflandırılabilceğini tespit etmiştir. Bu sınıflandırma:

1. Dokunma hissi: batma, kaşıındırma, sert, gıdıklama, yapışkan
2. Nemlilik hissi: rutubetli, nemli, ıslak, yapışkan, emici olmayan
3. Vücut baskı hissi: rahat, gevşek, hafif, ağır, yumuşak, sert
4. Termal hisler: soğuk, serin, sıcak, çok sıcak

şeklinde yapılmıştır.

Dokunma hissiyle ilgili terimler iyi tanımlanmış ve giysi tipiyle değişmeyen özelliklerdir. Nemlilik hissiyle ilgili özellikler de nispeten sabittir ve giysi tipiyle değişmez. Fakat bunlar spor giysilerde termal hislerle etkileşime geçerken (sıcak ve serin), yazlık giysilerde ise dokunma hisleriyle etkileşime geçer.

Kumaş Tutum Özellikleri

Giysi deri ile temas ettiğinden, giysi tutum özellikleri duyuşsal konforu etkiler. Sertlik, yumuşaklık, katılık, sıcak-soğuk, sıcak -serin, yaş-kuru gibi çeşitli psikolojik hisler deri yardımıyla algılanır. Nörofizyoloji araştırmacıları kumaş deri etkileşiminden doğan farklı hislerin üç kategori içerisinde sınıflandırılabilceğini belirtmişlerdir. Bunlar; acı, sıcaklık ve dokunsal hislerdir. Kumaş - deri etkileşimi sırasında kumaş, deri üzerine baskı uygular ve titreşim göndererek dokunma reseptörlerini uyarır. Kawabata ve Niwa (1995), yaptıkları çalışmada tutumu üç seviyeye ayırmıştır. Bunlar; mekanik özellikler, ilk tutum değeri ve toplam tutum değeridir. ASTM D123 (2003), standardına göre kumaş tutum özelliklerini tanımlarken kullanılan bazı kavramlar:

- Esneklik
- Sıkıştırılabilirlik

- Uzama
- Yoğunluk
- Yüzey sürtünmesi
- Termal özelliklerdir.

Kumaş Batması: Deri yüzeyine giyilen giysilerde en çok rahatsızlık veren histir. Giyinme durumuna bağlı olarak kişiden kişiye değişir. Kişi uzun süre bu hisse maruz kaldığında bu rahatsızlık kaşınma eylemine sebep olur. Özellikle yünden yapılan iç çamaşırları kaşıntıya ve deride rahatsızlık hissine sebep olur.

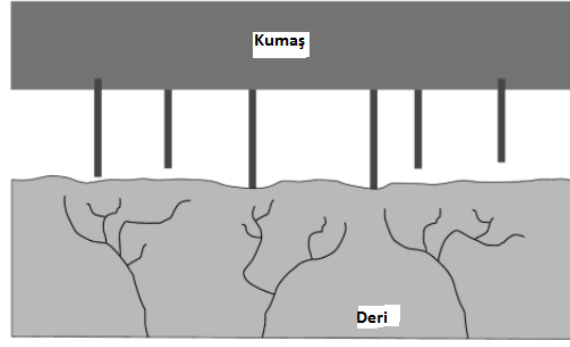
Kumaş Kaşıntısı: Batma hissine benzer ayrıca bazı yüzeysel acı reseptörlerinin aktivasyonu sonucu oluşur. Giysideki kaşıntı algısının varlığı, batma algısının varlığıyla ilişkilidir. Li (1988), kaşıntı hissi; lif çapı, yüksek ve düşük basınçta lif kalınlığı ve kumaş yüzey pürüzlülüğüyle ilgilidir.

Kumaş Pürüzsüzlüğü: Kumaş ve derinin temas sırasında mekanik etkileşimi, sürtünme, sertlik ve pürüzlülük kaşıntıya sebep olan ana faktörlerdir. Bunlar deriye temas eden giysilerin dokunma hislerine karar vermede etkili faktörlerdir. Düşük rutubet olan bir ortamda konforlu hissettiren bir giysi yüksek rutubet olan bir ortamda konforsuzluk hissine neden olabilir. Kumaş sertliği ve pürüzlülüğü objektif olarak ölçülebilen birçok fiziksel özelliklerle ilgilidir. Örneğin, sertlik; sürtünme, batma, yırtılma ve eğilme rijitliği, kalınlık ve alan yoğunluğuyla ilgilidir.

Giysilerde konforsuzluğa neden olan en önemli algı giysinin insana batması ve karıncalanma hissidir. Kumaş yüzeyinden çıkan lif uçlarının sebep olduğu bu his, sinir uçlarında ağrı şeklinde kendini gösterir. Şekil 2.5' te karıncalanma hissini diagram gösterimi verilmiştir. Matsudaira bu ağrıya sebep olan sinir uçlarına etki eden burulma kuvvetinin hesaplanması için bir eşitlik tanımlamıştır. Kritik burulma kuvveti (P_E) :

$$P_E = \pi^2 \left(\frac{EI}{4l} \right) \quad (2.11)$$

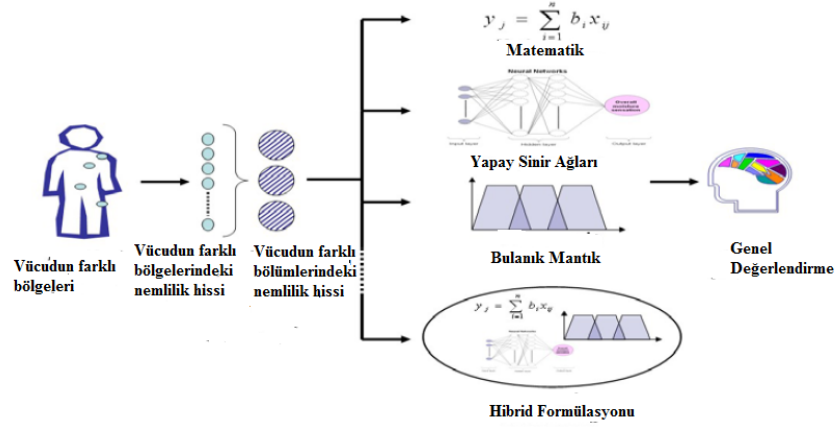
Burada E = lifin Young (elastisite) modülü, I eylemsizlik momenti ve l lif uçlarının uzunluğudur.



Şekil 2.5. Kumaş kaynaklı karıncalanma hissini diagram olarak gösterimi (Li ve Wong 2006)

Wong ve ark. (2007), insanın psikolojik nem konforu algısını çoklu yönde simüle eden çeşitli kavramsal modellerle (matematik, yapay sinir ağları ve bulanık mantık modelleme teknikleri) hesaplama metotlarını inceledikleri çalışmalarında, beynin vücudun farklı bölgelerindeki genel nem konforu algısına psikolojik tepkileri üzerine yoğunlaşmışlardır. Şekil 2.6' da kavramsal modeli oluşturan teknikler gösterilmiştir. Bu çalışma için piyasadan temin edilen altı farklı yapıdaki tenis giysisi kontrollü çevre ortamında altı bayan öğrenciye yirmi dakikalık koşma egzersizi sırasında giydirilmiş ve beş dakikalık aralıklarla nem ve genel konfor algıları hakkında sorular sorulmuştur. Ayrıca vücudun omuz, göğüs, ön karın, sırtın alt, orta ve üst kısmı ve yan uyluk gibi yedi farklı bölgesine ısı ve nem sensörleri yerleştirilmiştir. Sonuç olarak:

1. Objektif olarak ölçülen deri nemlilik hissi ile subjektif nemlilik hissini benzer olduğunu
2. Nemlilik hissini tanımlanmasında, seçilen yedi vücut bölgesinin Üst Sırt (üst, orta ve alt), Üst Ön (omuz, göğüs ve ön karın) ve Yan Uyluk gibi üç vücut bölümüne ayrılabilceği
3. Üst sırt kısmının en fazla nemlilik hissedilen bölge olduğunu, üst ön ve yan uyluk kısımlarının üst sırttan sonra geldiğini
4. Vücudun farklı bölgelerindeki nemlilik hissi algısının, genel nemlilik algısını simüle ettiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.6. Kavramsal modelin şematik gösterimi (Wong ve ark. 2007)

Li ve ark. (2009), spor giyimde kullanılan coolmax/pamuk karışımli çift yüzlü örme kumaşlardan farklı özelliklere sahip fonksiyonel kumaş ve piyasadan temin etikleri on farklı örme kumaş yapısını karşılaştırdıkları çalışmada, anket yöntemiyle deneklerin dinlenme, yürüme, koşma ve tekrar dinlenme periyotları sonunda ısı, nem, yapışma, boğma, sert, yumuşak, dökümlü, batma, darlık ve genel konfor hisleri hakkında sorular sorulmuştur. Sonuç olarak dokunsal konforun batma, yumuşaklık, dökümlülük ve setlik hissiyle ilgili olduğu, ısı-nem konforu özelliklerinin; boğma, ısı, nemlilik ve yapışkanlık hisleriyle ilgili olduğu ve basınç faktörünün sıkılık hissiyle ilgili olduğu görülmüştür. Ayrıca örgü kumaşların subjektif konfor özelliklerini tahminlemede bu üç faktörü temel alan çoklu regrasyon modeli geliştirilmiştir.

Liao ve ark. (2011), kumaşların düzgünlük ve pürüzlülük hissi üzerine yaptıkları çalışmada bu hissin yüzeyin sürtünme katsayısına ve pürüzlülüğüne bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca düzgünlük-pürüzlülük hissi ile ilgili literatürdeki boşluklar sıralanmıştır. Bunlar: 1. Korteks mekanizmasının algıladığı düzgünlük-pürüzlülük hissi hala açıklama beklemektedir. 2. Adhezyon ve deformasyonu içeren kumaş sürtünme modeli hala bulunamamıştır. 3. Hızlı ve kullanımı kolay test cihazları geliştirilmelidir. Bu alanda ileride yapılacak çalışmalar bu boşlukları doldurma amaçlı olması gerektiğini belirtmişlerdir.

2.2.3. Vücut Hareket Konforu

Bir tekstil ürünün hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, fiziksel olarak konfordan söz edilebilir (Li 2001). Özellikle spor giyimde vücut hareket konforunu sağlamak için örme kumaş yapıları tercih edilir. Çünkü örme kumaşlar esneme özelliğine sahiptir ve hareket serbestliği sağlarlar. Aynı zamanda tutum özellikleri iyidir ve su buharını hızlı bir şekilde vücuttan atarlar.

Bringard ve ark. (2006), submaksimal koşu egzersizi sırasında elastik taytlar ve geleneksel şortlar yerine basınçlı giysiler giymenin oksijen tüketimi ve duyuşsal tepkiler üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada her deney sonrası deneklerden algılanan efor, giysi teri, konfor ve bütün algılarını değerlendirmeleri istenmiştir. Sonuç olarak deneyin birinci bölümünde basınçlı ve elastik tayt giyildiği durumda geleneksel şortlara göre daha düşük enerji tüketimi görüldüğü, ikinci bölümünde ise basınçlı çorap giymenin diğerlerine göre oksijen alımını 26 ve %38 oranında düşürdüğü görülmüştür.

Troynikov ve ark. (2010), spor giyimde kullanılan vücuda basınç uygulayan örme giysilerin etkilerini araştırdıkları çalışmada çapı bilinen silindirik bir vücuda etkiyen basınç miktarını kumaşın dış yüzeyine belirli bir miktarda gerilim uygulayarak ölçmek istemişlerdir.

McLaren ve ark. (2010), giysinin vücuda uyguladığı basıncı ölçmekte kullanılan cihazların spor aktivitesi sırasında taşınabilirlik, hafıza, iletişim ve güç kapasiteleri açısından sınırlı olduklarından, dinamik basınç ölçümlerinde iyi olmadıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle vücudun farklı bölgelerine yerleştirilen (baldır, kalça ve kalça bölgeleri) 5-50 mmHg basınç aralığındaki giysileri ölçebilen, giyilebilir kablosuz monitör üretmişlerdir.

Troynikov ve ark. (2013), spor kompresyon giysileri için uygun malzemelerin fiziksel içeriği ve bunların vücuda uyguladığı basınç dağılımını araştırdıkları çalışmada spor kompresyon giysileri için uygun olan farklı fiziksel ve elastik özelliklere sahip iki farklı örgü kumaş yapısı seçmişlerdir. Sonuç olarak kumaş yapısındaki farklı liflerin giysinin basınç dağılımını etkilediği görülmüştür.

2.3. Kumaşlarda Isı Transferi Mekanizmaları

Isı termodinamikte ısı transferi olarak tanımlanır ve bir sistem içindeki enerjinin yükseltilmesi veya düşürülmesi işlevini görür. Tekstil mühendisleri ve fonksiyonel giysi üretimi yapan tasarımcılar için gözenekli tekstil malzemelerinin ısı ve nem transferi özellikleri önemli bir konudur. Bu tekstil malzemelerinde ısı transferi liflerin katı maddeler ile kondüksiyonu, hava yoluyla iletim, radyasyon ve taşınım' ı içerir. Sıvı ve nem transferi ise boşluklardan su buharının difüzyonu, nemin lif tarafından emilimi, buharlaşma ve kılcallık etkisiyle gerçekleşir.

Giysilerin temel fonksiyonu, deri yüzeyindeki ısı kayıplarını kontrol ederek vücudun ısı dengesinin sürekliliğini sağlamaktır. Vücut ısısını sabit tutmak için gerekli, çevreye ısı geçişini sağlayan mekanizmalar: kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon ve terlemedir. Bu mekanizmaları tanımlayacak olursak:

1. İletim (kondüksiyon): Katı cisimlerde en yaygın görülen mekanizmadır. Katı cisimlerde ısı iletimi, hızla hareket eden ya da titreşen, sıcak atom ve moleküllerin enerjilerini (ısılarını) temas halindeki komşu atom ve moleküllere aktarmasıdır.
2. Taşınım (konveksiyon): Genellikle sıvı ve gazlardaki yaygın mekanizmadır. Gaz veya sıvı akışkanlarda moleküllerin makroskobik hareketi sonucunda meydana gelir. Isı akışının doğal yollarda meydana geldiği duruma doğal taşınım, fan, pervane vb. cihazlarla ısı akışı meydana gelmesine zorlanmış taşınım denir.
3. Işınım (radyasyon): Malzeme içindeki atomların ve moleküllerin hareketlerinin bir sonucudur. Çünkü yüklü parçacıklar ihtiva eden atom ve moleküllerin hareketi elektromanyetik emisyonla sebep olur ve bu emisyon malzeme yüzeyinden enerji taşır. Elektromanyetik emisyonun miktarı yüzey sıcaklığı arttıkça artar. Işınım, vakumda görülebilecek tek ısı transfer mekanizmasıdır.
4. Buharlaşma: Çevre sıcaklığının vücut sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda fazla ısının vücuttan atılmasının yolu terleme ve bu terin vücut yüzeyinden buharlaşmasıdır. Buharlaşma, vücut yüzeyindeki doymuş su buharı basıncı ile çevre havasının kısmi buhar basıncı arasındaki farka bağlı olarak gerçekleşir.

2.3.1.İletimle Isı Transferi

Kondüksiyon ya da iletim, madde veya cismin bir tarafından diğer tarafına ısının iletilmesi ile oluşan ısı transferinin bir çeşididir. Isı transferi daima yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğrudur. İletim katı ve sıvılarda gerçekleşen bir ısı transferi şeklindedir. Isı iletiminin temel denklemi Faurier Isı İletim Kanunu ile ifade edilir. Homojen katı cisimlerde ısı transferi sadece iletimle (kondüksiyonla) gerçekleşir ve bu transfer belirli bir doğrultudaki ısı akışının sıcaklık farkına paralel olduğunu kabul eden Fourier Kanunu'na uyar.

D kalınlığında bir kumaşın homojen olduğu ve T_1 ile T_2 sıcaklıklarında iki yüzey arasında ($T_1 < T_2$) konulduğu varsayılırsa, T_1 ' den x mesafesi kadar uzaklaşıldıkça (kumaş kalınlığı boyunca), Fourier Kanuna göre ısı akışı $q(x)$;

$$q(x) = -\lambda \frac{\partial T(x)}{\partial x} \quad (2.12)$$

ile verilir. Burada λ , ısı iletim katsayısıdır.

Kumaşların termal direnci R [m^2K/W], kalınlık (h) ve termal iletkenlik (λ) değerleri arasındaki ilişkiyle açıklanır.

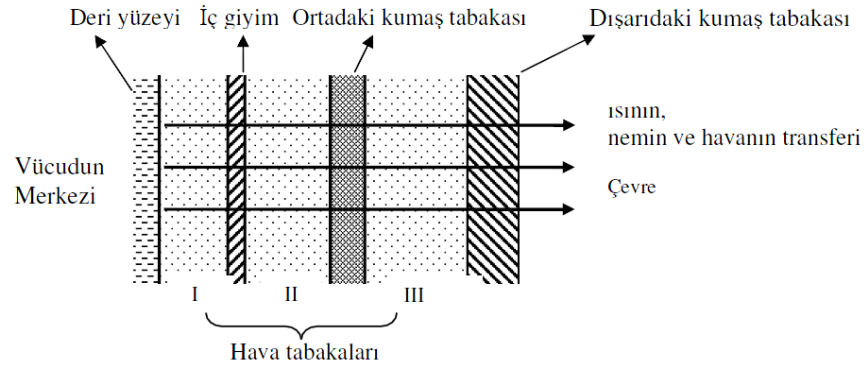
$$R = h / \lambda \quad (2.13)$$

Burada,
 h : m ile ifade edilir.
 λ : $W/m.K$

Giysinin sahip olduğu toplam termal direnci olan R_{cl} değerinin, bireysel tabakaların da tüm alanını içerdiği kabul edilirse:

$$R_{cl} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2.14)$$

Şekil 2.7' de vücuttan çevreye olan ısı transferinin giysi tabakalarından geçişi verilmiştir.



Şekil 2.7. Kumaş tabakaları boyunca ısı transferi (Hes 2004)

Ancak, kumaşlar homojen yapılar değildir, çünkü termal iletkenlikleri birbirinden farklı olabilen iki (lif ve hava) veya daha fazla (birden fazla lif tipi ve hava) malzemeyi bir arada bulundurur. Farnworth (1983), kumaşın termal iletkenliğini içerisindeki liflerin ve havanın iletkenliklerinin bir kombinasyonu şeklinde veren Eşitlik 2.15' i ileri sürmüştür:

$$\lambda = (1-f) \lambda_a + f \lambda_f \quad (2.15)$$

Eşitlik 2.15' te λ kumaşın ısı iletim katsayısı, λ_a havanın, λ_f lifin ısı iletim katsayısı ve f kumaştaki lifin hacimsel oranıdır. Bazı tekstil liflerinin ve havanın termal iletkenlik değerleri Çizelge 2.6' da verilmiştir.

Çizelge 2.5. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri (Güneşoğlu 2005)

Lif Tipi	Termal iletkenlik (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
Poliamid 6, 6.6	0.250
Viskoz rayon	0.289
Pamuk	0.461
Su	0.600

2.3.2. Taşınım İle Isı Transferi

Konveksiyon, akışkan hareketi ile enerji taşınımı işlemidir. Ortam bir sıvı veya gaz ise akışkan hareketi ile ısı enerjisi, bir bölgeden diğer bölgeye sıcaklık farkından dolayı transfer edilecektir. Isı transferinin en önemli konusu konveksiyondur. Isı değiştirgeçlerinde akışkanlar, katı cisimler (yüzeyler) ile birbirinden ayrılmış olduklarından, konveksiyon, bir yüzey ile akışkan arasında enerji taşınmasını sağlayan en önemli ısı transferi mekanizmasıdır.

Genel olarak doğal ve zorlanmış taşınım olmak üzere iki tip ısı taşınım yolundan bahsedilir. Zorlanmış taşınım, akışkanın hareketi dış bir etkene bağlı iken, doğal taşınım da hareket sıcak ve soğuk parçacıkların yoğunluk farkından kaynaklanır. Doğal taşınım, akışkan içindeki sıcaklık farkları arttıkça, zorlanmış taşınım ise akımın hızı azaldıkça transfer edilen ısı miktarı artar.

T_w sıcaklığındaki bir yüzeyle ona temas eden T_f ortalama sıcaklığına sahip bir akışkan arasındaki taşınım (konveksiyonla) meydana gelen birim yüzey alanından ısı transferi (q), Eşitlik 2.16' daki gibi ifade edilir:

$$q = h (T_f - T_w) \quad (2.16)$$

Burada h taşınım ısı transfer katsayısıdır. Eşitlik 2.16 Newton'un soğuma kanunu olarak bilinir (Güneşoğlu 2005). Fanger (1970)' a göre, vücuda eşlik eden hava tabakasının hızı 0,4 -1,8 m/s arasında değişmektedir ve hava hızının değişimi taşınım meydana gelen ısı transferini etkilemektedir. Vücut yüzeyi ile hava arasındaki sıcaklık farkı arttıkça da taşınım ısı kaybı artmaktadır (Güneşoğlu 2005).

2.3.3. Işınım İle Isı Transferi

Işınım (radyasyon) elektromanyetik enerji iletim şeklidir ve açık alanda iki cisim arasındaki radyan enerji değişimini ifade eder. Oda sıcaklığında çıplak durumdaki bir insan toplam ısısının yaklaşık %60' ını radyasyon yoluyla kaybeder. Örneğin insan vücudu ateşe ve güneşe maruz kaldığında radyasyon yoluyla ısı alır veya kış günü açık bir pencere vasıtasıyla radyasyon yoluyla ısı kaybeder. İki cisim arasındaki radyasyon ısı transferi bu iki obje arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Bir materyalin radyasyon

karakteristiğine sıcaklık, yayma, emilim, yansıtma ve geçirgenlik özellikleri dikkate alınarak karar verilir.

Radyasyonla ısı transferi oranı yüzeylerin sıcaklık farklılığı, ısı emilim farklılığı ve iki cisim arasındaki uzaklığa bağlıdır. İnsan vücudu yüzey sıcaklığı ve çevre yüzeylerin ortalama ışıınım sıcaklığına bağlı olarak ışıınımla ısı alışverişinde bulunur. Ortalama radyan sıcaklık iki boyutlu uzayda aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$MRT = \frac{\sum T\theta}{360} \quad (2.17)$$

Burada T yüzey sıcaklığı, Θ (derece) yüzeyin ışıınıma maruz kalma açısıdır. ışıınımla ısı transferi Stefan-Boltzman Kanunu ile açıklanır. Buna göre T_1 sıcaklığında bir cismin, T_2 sıcaklığında bir ortamda bulunduğu düşünülürse, cisim birim alanından σT_1^4 oranında radyoaktif enerji yayarken σT_2^4 oranında da enerji emilimi yapacaktır. Cismin kaybettiği net ışıınım enerjisi:

$$q = \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.18)$$

eşitliği ile bulunur. Burada σ ($5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴), Stefan-Boltzman sabitidir. Bir cismin ışıınımla ısı kaybı veya absorpsiyonu cismin renginden etkilenir. Siyah, ısıyı hem en iyi emen hem de en iyi yayan renktir. Beyaz ve boyanmış materyallerin ise, enerjinin büyük bir kısmı yansıtıldığı için, absorpsiyon ve ışıınım performansları düşüktür.

Das ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada çok katmanlı giysi sitemlerinde radyasyonun difüzyonla meydana geldiğini, çünkü ortamın optik olarak kalın olduğunu belirttikleri çalışmada ortamdaki ışıınım ısı akısının Siegel tarafından geliştirilen Eşitlik 2.10'daki gibi hesaplanabileceğini belirtmişlerdir.

$$q_r = \frac{-16 n^2 \sigma}{3K_R} \cdot T^3 \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.19)$$

Burada n kırılma indeksi, K_R sönüm katsayısıdır.

Egzersiz yapanların veya dış ortamda çalışanların giysileri ışıınım yoluyla meydana gelen sıcaklık artışlarını önlemelidir. Deri güneşten gelen ışıınım ısısının %97' sini emer. Açık

renk giysiler güneşten gelen radyan sıcaklığı yansıtırken, koyu renk giysiler ısıyı emer. Adolph dinlenme durumunda çıplak bir erkeğin giyinik olanla kıyaslandığında 110-150 cal/h daha fazla enerji absorbe ettiğini belirtmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda güneşten emilen radyan enerji miktarı düştükçe, kişiye etkiyen ısı yük de düşer denilebilir. Örneğin alüminyum kaplamalı giysiler endüstriyel uygulamalarda kullanılarak dış ortam koşullarında çalışan işçilerin ışınlama ısı emilimini engeller. Fakat bu giysiler nefes alabilirlik özelliğine sahip olmadıklarından sporcuların giyimine uygun değildir.

2.3.4. Buharlaşma ile Isı Transferi

Fazla ısı vücut yüzeyinden iletim, taşınım, ışınlama ve buharlaşma olmak üzere birbirinden bağımsız dört farklı yolla dış ortama atılır. Buharlaşma özellikle egzersiz sırasında ve sıcak havalarda fazla ısınlama dış ortama atılmasında önemli bir rol oynar (Havenith 1999, Brotherhood 2008). Fakat bu yeterli ter üretimine ve dış ortama atılabilme yeteneğine bağlıdır.

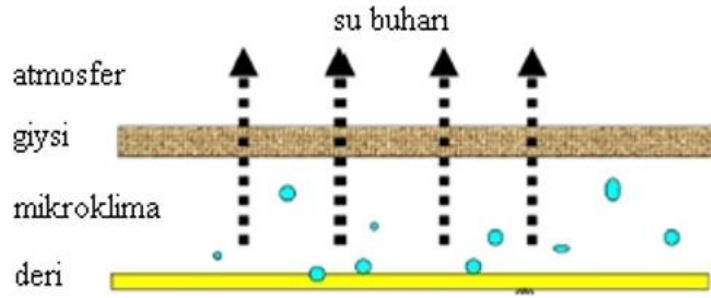
Çevre sıcaklığı deri sıcaklığından yüksek olduğunda, vücut fazla ısıyı deri yoluyla buhar formunda terleme olarak atar. Buharlaşmayla ısı kaybı, kütle transfer katsayısına ve belirli bir vücut yüzey sıcaklığında havanın nemlilik oranına bağlıdır (Threlkeld 1970). Buharlaşmayla ısı kaybı deri yüzeyinde gerçekleşen hissiz terleme ve hissedilen terleme olarak ikiye ayrılır. Gizli ısı kaybı:

- Solunumla meydana gelen ısı kaybı
- Deri yüzeyinden suyun difüzyonu
- Terin Buharlaşması (deri ıslaklığı)

İnsan vücudu kendisini çevreleyen çevre hava ve cisimlerin sıcaklığına bağlı olarak radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla ısı alış verişinde bulunur. Diğer yandan buharlaşma bunların dışında bir soğutma sürecidir. Düşük sıcaklıklarda buharlaşma ile ısı transferi vücut ısınlama dengesinde önemli bir rol oynamaz. Fakat yüksek sıcaklıklarda radyasyon veya kondüksiyonla ısı transferinin olmadığı durumlarda buharlaşma ile ısı kaybı vücut ısınlama dengesinin sağlanmasında önemli bir faktör olarak ortaya çıkar.

Yaz mevsiminde iç ortam koşullarında konforlu bir giysi giyen yetişkin bir insanın ortalama yüzey sıcaklığı 27 °C civarındadır. Kişiyi çevreleyen ortamın sıcaklığı düştükçe buna bağlı olarak deri sıcaklığı da düşer. Çevre sıcaklığı 21 °C civarında olduğunda ise çoğu insan konforlu hissedebilmek için hissedilir oranda ısı kaybeder. Çevre sıcaklığı deri sıcaklığına yakın bir değerde olduğunda ise ısı kaybı gerçekleşmez.

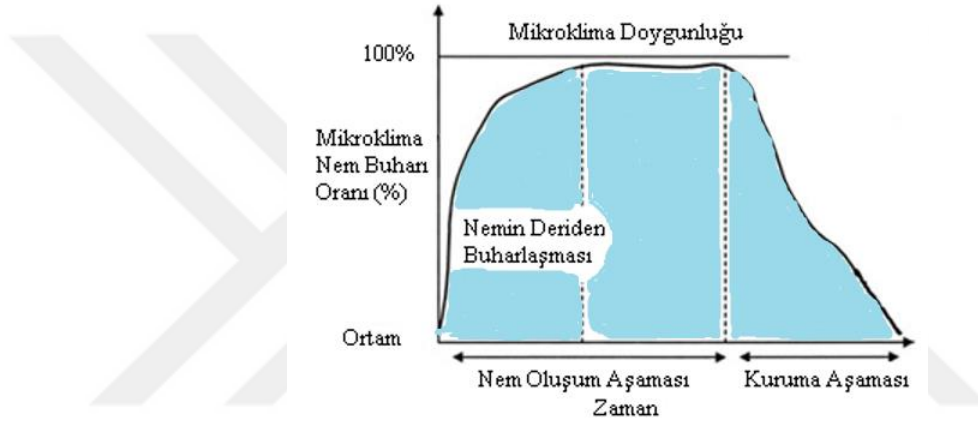
Terin vücuttan buharlaşması vücuttaki fazla ısının atılmasını sağlayan yöntemlerden biridir ve giysilerin bu aşamadaki rolü büyüktür. Deriden buharlaşma yoluyla meydana gelen su kaybı; hava hızı ile birlikte deri, giysi ve çevre havanın buhar basıncı farklılıklarına bağlıdır. Giysili durumda, deri ile giysi arasında mikroklima olarak adlandırılan bir ara bölge oluşmaktadır. Terleme sırasında nem ve buhar oluşumu öncelikle mikroklima olarak adlandırılan bu tabakada oluşur. Şekil 2.8’ de insan deri ve giysi sistemi arasında oluşan mikroklima tabakası verilmiştir.



Şekil 2.8. Mikroklima ve giysi vücut sistemi (Nahla ve ark. 2012, Gün ve Bodur 2014)

Birçok parametre mikroklima bölgesindeki nem oluşumunu etkilemektedir. Fiziksel (vücut hareketi), fizyolojik (deri sıcaklığı, terleme, buharlaşma) ve psikolojik halleri içeren insan parametreleri, sıcaklık, nem, hava akışı, radyasyonu içeren çevre parametreleri, giysideki yaka, kol açıklıklarını, giysi sıkılığını/bolluğunu, kumaş katlarını içeren tasarım parametreleri mikroklimayı etkilemektedir. Bunun yanında kumaşların kimyasal (lif tipi, kimyasal bitim işlemi) ve fiziksel (kalınlık, gözeneklik, hacimlilik, örgü yapısı vs.) özelliklerini içeren kumaş parametreleri mikroklima bölgesini etkileyen parametrelerdir (Gün ve Bodur 2014).

Giysiler deri yüzeyinden terin buharlaşmasına etki ettiklerinden cilt sıcaklığında artışa, iç sıcaklığın yükselmesine ve soğutma verimliliğinin düşmesine neden olurlar. Sullivan ve Mekjavic kumaşta biriken nemin buharlaşmadan önce giysinin sıcaklığını arttırdığını belirtmişlerdir (Sullivan ve Mekjavic 1992). Giysi özelliklerine bağlı olarak bu fazla ısı ya mikroklimanın sıcaklığını artırır veya dış ortama atılarak kişiyi konforlu hissettirir. Su buharı basıncı düşüp terleme miktarı arttığında ise buharlaşma miktarı azalacağından deri daha ıslak hissedilir. Deri yüzey alanının %20 'sinden fazla olan ıslaklık kişiyi konforsuz hissettirir. Şekil 2.9' da mikroklima bölgesindeki nem oluşumu ve nem iletimi zamana bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 2.9. Kumaşlarda dinamik su buharı iletimi (Prahsarn ve ark. 2005)

Şekilde de görüldüğü gibi terleme sırasında, mikroklima bölgesinde nem miktarı en yüksek değere ulaşmaktadır, terleme gerçekleştikten sonra ise mikroklimadaki bağıl nem oranı hızlı bir şekilde düşmektedir. Giysinin su buharı geçirgenlik özelliği mikroklimada nem oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Su buharı geçirgenliği özelliği arttıkça buhar formunda terin dış ortama atılması kolaylaşacak ve buda kişiyi konforlu hissettirecektir.

Kamon ve ark. (1978), kritik cilt ıslaklığı aynı hava hızında giysili ve giysisiz durumda birbirine yakındır. Bu da nefes alan su buharı geçirgenliği yüksek giysilerin önemini gösteren bir parametredir.

2.4. Kumaşlarda Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği 100 cm² 'lik kumaş yüzeyinden 10 mm SS (su sütunu) basınç farklılığı gerçekleştirildiği durumda bir dakikada geçen hava miktarının litre cinsinden ifadesidir. Hava geçirgenliği; havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme kabiliyetini ifade eden, vücuttan geçen havanın tutulması ya da dışarı iletilmesi ile ilgili bir kullanım özelliğidir. Hava geçirgenliği özellikle filtre çadır, paraşüt, yağmurluk, su itici kumaşlar ve balonlar için önemli bir özelliktir. Spor giyimde kullanılan giysilerin de hava geçirgenliği özelliklerinin yüksek olması istenir. Çünkü fazla miktarda ter kişiyi rahatsız hissettirir bu nedenle terin hissedilen (sıvı) ve hissedilmeyen (buhar) terleme olarak dış ortama atılması gerekmektedir.

Dış ortamda özellikle soğuk iklim koşullarında giysilerden beklenen en önemli özellikler rüzgâra karşı dayanıklı, su itici nefes alabilir kumaş yapısına sahip olmasıdır. Bu da suyu geçirmeyen fakat su buharının geçişine izin veren kumaşlardır. Terin su buharı ve sıvı formda vücuttan atılmasını sağlayan bu yapı kumaşın hava geçirgenliği özelliğine bağlıdır.

Hava geçirgenliği giysi konforu açısından su buharının deri yüzeyinden dış ortama atılmasına olanak sağladığından önemli bir parametredir. Su buharının difüzyon yoluyla kumaşın bir yüzeyinden diğerine atıldığı varsayılır (Karagüzel 2004).

Kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen bir özellik olarak hava geçirgenliği, ısı iletkenliği ile de paralellik göstermektedir. Hava geçirgenliği iyi olan kumaşlar, vücutta hava sirkülasyonunu sağlarken hava geçirgenliği düşük olan kumaşlar hava sirkülasyonunu keserek ısı kaybını önlemektedir ve bu durum liftten kumaşa birçok özellikten etkilenebilmektedir (Kaplan 2005).

Bir kumaştan çevreye ısı transferi, birçok unsurdan etkilenmekte olan kompleks bir olgudur. Genel olarak kumaşların ısıl özelliklerini etkileyen temel parametreler: kumaş kalınlığı, kumaş içerisindeki durgun hava miktarı ve kumaş çevresinde meydana gelen dışsal hava hareketidir. Durgun hava miktarını belirleyen en önemli parametre, kumaş gözenekliliğidir. Giysi malzemelerini çevreleyen hava; malzemelerin birbirine temas

ettiği yüzeyler arasında bulunan mikro-tabakalar ve malzemelerin temas etmediği yüzeyler arasında bulunan makro-tabakalardan oluşmaktadır. Bu tabakalardan herhangi birisindeki artış, ısı yalıtımı da artırmaktadır. Kumaşlardaki ısı transfer mekanizması, lifler yani katı malzemeler tarafından yapılan iletim ile araya giren hava tarafından yapılan iletim, taşınım ve ışınım ile meydana gelmektedir (Tyagi 2004).

Vücudun ürettiği ısı; gerek ısı iletimiyle, gerekse terleme ardından buharlaşarak vücuttan uzaklaştırılmaktadır. Kumaşın gözenekliliği ne kadar yüksekse, ya da kumaşın hava geçirgenliği ne kadar fazlaysa, vücutta oluşan ısı ve nemin vücuttan uzaklaştırılması da o kadar etkili olmaktadır (Eryürük 2004). Özellikle örme kumaşlarda gözeneklilik kütle yoğunluğu, nem emilimi, kütle transferi ve ısı iletkenlik gibi fiziksel özellikleri etkiler (Dias ve Delkumburewatte 2008).

Wilbik-Halgas ve ark. (2006), çift yüzü örme kumaşların su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliklerini inceledikleri çalışmada hava geçirgenliğinin su buharı geçirgenliğinden farklı olarak kumaş kalınlığı ve gözenekliliğinin bir fonksiyonu olduğu belirtilmiştir.

Turan ve Okur (2008), kumaşlarda hava geçirgenliği üzerine yaptıkları çalışmada kumaşların hava geçirgenliğinin başta gözeneklilik olmak üzere örgü tipi, sıklık, kumaş yoğunluğu ve kalınlığı, lif etkisi gibi kumaş parametrelerinden etkilendiği görülmüştür.

Mavruz ve Oğulata (2009), pamuklu örme kumaşların hava geçirgenliği özelliklerini inceledikleri çalışmada en yüksek hava geçirgenliği değerlerinin süprem kumaşlarda görüldüğü bunu ribana ve interlok kumaşların izlediği görülmüştür. Süprem kumaşların açık ve gözenekli yapıları nedeniyle hava geçirgenliğine daha fazla olanak sağladıkları belirtilmiştir.

2.5. Giysi ve Kumaşlarda Nem İletimi

İnsan vücudunun termofizyolojik olarak konforlu durumda olması için terin sıvı ve buhar formunda dış ortama atılması gerekir. Giysi yapılarının vücudun termal dengesini sağlayabilmeleri için terin dış ortama atılmasına olanak sağlamaları gerekir. Bu nedenle

terin dış ortama atılmasında difüzyon, emilim- geri verme, su buharının taşınımı, ıslanma ve kılcallık özellikleri termofizyolojik konfor açısından çok önemlidir.

Özellikle spor gibi yüksek aktivitenin olduğu durumlarda insan vücudu oluşan fazla ısıyı terleme yoluyla dış ortama atar. Terlemenin buhar formunda gerçekleşmesi hissedilmeyen terleme, sıvı formda gerçekleşmesi hissedilen terleme olarak adlandırılır. Terin dış ortama atılmasıyla vücuttaki fazla ısı da atıldığından soğuma gerçekleşir. Terleme sırasında giysinin su buharı transfer oranı düşükse mikroklimadaki bağıl nem miktarı artacağından terin dış ortama atılması güçleşir. Bu durum rektal ve deri sıcaklığının artmasına sebep olarak kişiyi konforsuz hissettirir (Zhang ve ark. 2001).

Tekstil malzemelerinde nem transferi iki şekilde meydana gelir. Bunlar su buharı transferi ve sıvı su transferidir. Bu iki mekanizmanın su buharı ve sıvı su transfer yöntemleri birbirinden oldukça farklıdır. Sıvı formdaki sıvı atımı yatay kılcallık, çapraz kılcallık ve dikey kılcallıktır.

2.5.1. Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği giysi sistemlerinin termal konfor özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Özellikle sıcak ortamlarda ve yoğun aktivite sırasında oluşan fazla ısı miktarının hissedilen ve hissedilmeyen terleme şeklinde dış ortama atılması gerekmektedir. Bu durumlarda su buharı geçirgenliği yüksek giysilerin tercih edilmesi deri üzerinden terin dış ortama atılmasını kolaylaştırır.

Nefes alabilirlik, giysinin su buharını hızlı bir şekilde difüzyona uğramasını sağlama yeteneğidir. Çoğu zaman bu özellik kılcallıkla karıştırılır. Kılcallıkta su buharı değil, sıvı haldeki su deri yüzeyinden uzaklaştırılır. Bu iki özellik konfor açısından önemli özellikler olmakla birlikte farklı kumaş özellikleri ve farklı mekanizmalara bağlı olarak gerçekleşirler.

Su buharı geçirgenliği yüksek yani nefes alabilirlik özelliğine sahip kumaşlar özellikle aktif spor giyim gibi terlemenin yüksek olduğu alanlarda tercih edilir. Çünkü insan vücudu yüksek aktivite ve sıcaklık koşullarında fazla ısıyı dış ortama terleme ve buharlaşma yoluyla atar. Birçok araştırmacı tekstil yüzeyinden dış ortama transfer edilen

su buharı miktarının mikroklima ve dış çevre arasındaki su buharı basınç farklılığına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Giysideki sıcaklık ve nem farkına bağlı olarak su buharı ya giysiyi terk etmekte ya da giysi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Eğer buharlaşan ter vücudun oluşturduğu terden düşük ise, nem kumaşın iç tabakasında birikir. Terli deri ve giysi tabakası arasındaki mikroklima bölgesinde nemin oluşması özellikle terlemeye neden olan spor aktivitelerini izleyen soğutma periyodu sırasında kişiyi rahatsız edecek şekilde nemlilik ve yapışkanlık hissi vermektedir. Ayrıca, kumaşın ter ile ıslanması kumaşın ısı yalıtımını da düşürerek, vücut ısısında istenmeyen şekilde düşüşe neden olmaktadır. Konforlu olarak algılanan kumaş vücudun terleme periyodu sırasında oluşan su buharını iletmelidir. Vücut terlemeyi durdurduğunda da, vücuttaki nemi azaltmak için, kumaş boşluklarında tutulan su buharını atmosfere bırakmalıdır. Literatürde kumaşların su buharı geçirgenliğini etkileyen faktörler ile ilgili birçok çalışma bulunmakta olup, bu faktörler aşağıda verilmiştir.

- 1) Lif özellikleri; lif cinsi, lif karışım oranı, lif inceliği veya lif numarası, lif gözenekliliği, lif kesiti.
- 2) İplik özellikleri; iplik numarası veya iplik çapı, iplik bükümü, iplikten dışarı çıkan lif uçları veya tüylülük, iplik geometrisi, iplik paketlenme yoğunluğu (ipliğin birim uzunluğundaki lif hacim oranı)
- 3) Kumaş özellikleri; kumaş gözenekliliği, kalınlık, kumaş sıklığı (Demiröz Gün ve Bodur, 2014).

Su buharı geçirgenliğinin ölçümünde yapı mekanizması, test koşulları, ölçüm parametreleri ve birimleri birbirinden farklı birçok ölçüm metodu kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan standartlar ise ISO, EN ve ASTM test standartlarıdır. Avrupada 1990' lı yılların sonunda en çok kullanılan teknikler termal direnç için Korumalı Sıcak Plaka ve Togmeter, su buharı geçirgenliği için Canadian Control Dish ve her ikisini ölçmek için Terleyen Korumalı Sıcak Plaka yöntemidir. Alternatif olarak Gore Cup (1986), ASTM E96 (2005) ve Permatest cihazları da kullanılır (Hes 1993).

Dolhan (1987), Canadian Control Dish metodu ve ASTM E96 dikey kap metodu arasındaki korrelasyonu incelediği çalışmada numunenin her iki tarafında bulunan hava

tabakasının dirençleri de etkilediğinden, E96 su buharı direnç sonuçlarının Canadian Dish metodundan daha fazla olduğu görülmüştür.

Gibson (1995), kumaşların su buharı geçirgenliği ve gaz geçirgenliğini ölçmek için dinamik nem nüfuz hücresi (DMPC) geliştirilmiş ve bu terleyen korumalı sıcak plaka yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Bu iki ölçüm metodu arasında mükemmel bir korrelasyon katsayısı olduğu görülmüştür.

Congalton (1999), mikrogözenekli poliüretan kumaşların su buharı direncini ölçtükleri çalışmada terleyen korumalı sıcak plaka metodu ve BS7209 buharlaştırmalı kap metodunu karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak bu iki metot arasında yüksek korrelasyon olduğu görülmüştür.

McCullough ve ark. (2003), su buharı geçirgenliğinin ölçümünde kullanılan standart test metotlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında dinamik nem nüfuz hücresi ve dikey kap metodu sonuçlarının korrelasyon gösterdiği, ters çevrilmiş desikatörlü kap metodunun ise terleyen sıcak plaka test yöntemiyle yüksek korrelasyon gösterdiği belirtilmiştir.

Cimili ve ark. (2010), pamuk, modal, viskon, mikromodal, bambu, kitosan ve soya liflerinden oluşan kumaşların su buharı geçirgenliğini inceledikleri çalışmada; kumaşların su buharı geçirgenliğini kumaşların hava geçirgenliği ve liflerin nem içeriklerinin etkilediği belirtilmiştir. En yüksek hava geçirgenliği ve en düşük lif nem içeriğinden dolayı en yüksek su buharı geçirgenlik değerini kitosan kumaşların, en düşük hava geçirgenlik ve en yüksek lif nem içerik özelliklerinden dolayı, pamuk kumaşların en düşük su buharı geçirgenlik değeri gösterdikleri görülmüştür.

Demiryürek ve Uysaltürk (2013), viloft/pamuk ve viloft/polyester karışımli örme kumaşların bağıl su buharı geçirgenliklerini inceledikleri çalışmada; her iki kumaş karışımında da bağıl su buharı geçirgenlikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Kumaş karışımlarındaki viloft miktarları su buharı geçirgenliği üzerinde istatistiksel açıdan önemli olmayan çok az bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Difüzyon

Su buharı tekstil yapısı içerisinde iki şekilde difüzyona uğrar. Bunlardan ilki basit difüzyon olarak tanımlanır ve lif ve iplikler arasındaki hava boşluklarından ve lifin kendi içerisinden su buharı difüzyonunu içerir. Belirli bir konsantrasyonda difüzyon oranı malzemenin gözenekliliğine ve lifin buhar difüzyon özelliğine bağlıdır (Das ve ark. 2009). Lif boyunca gerçekleşen difüzyonda su buharı, kumaşın yüzeyinden lif yüzeyine difüzyon olur, buradan lif içine ve diğer kumaş yüzeyine geçer son olarak da kumaşın dış yüzeyine çıkar. Hava içinden su buharı difüzyon katsayısı $0,239 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$, pamuk lifi içinden difüzyon katsayısı ise $10^{-7} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 'dir.

Tekstil materyalleri boyunca su buharı difüzyonu farklı katmanlarda gerçekleşmektedir. Bu katmanlar (i) buharlaşan sıvı katmanı (doymuş su buharının tamamının bulunduğu); (ii) deri ve kumaş arasında hapsedilmiş hava katmanı; (iii) sınır hava katmanı ve (iv) dış çevre hava katmanıdır. Aşağıdaki şekilde bu katmanlar gösterilmektedir (Şekil 2.10);

(iv) Dış çevre hava katmanı
(iii) Sınır hava katmanı
(ii) Kumaş katmanı
(i) Buharlaşan sıvı katmanı
Deri

Şekil 2.10. Su buharının gerçekleştiği katmanlar (Das ve Alagirusamy, 2010)

Difüzyon, moleküllerin düzensiz hareketlerinin sonucu olarak maddenin sistemin bir tarafından diğer tarafına transfer edilmesidir. Difüzyonla transfer edilen madde oranı, Eşitlik 2.20' de verilen Fick' in birinci kanununa göre:

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial X} \quad (2.20)$$

şeklinde hesaplanır. Burada F su buharı transfer oranı, C difüzyonla geçen maddenin konsantrasyonu, D difüzyon katsayısı ve x tekstil materyalinin kalınlığıdır. Bu kanun konsantrasyonun zamanla değişmediği sabit durumlarda kullanılabilir. Fick' in ikinci yasasına göre sadece x eksenini boyunca olan difüzyona, tek yönlü difüzyon denir ve ısı iletimi denklemi ile doğrudan ilişkilidir.

Hava geçirgenliği özelliğine sahip kumaşlar ve mikrogözenekli polimerlerde difüzyon Fick kanununa uygun olarak gerçekleşir. Bu kanuna uymayan difüzyon şekli ise hidrofilik polimerlerde meydana gelir. Bunlarda su buharı transfer oranı:

$$WVT = DS (p_1 - p_2) / l \quad (2.21)$$

Burada $(p_1 - p_2)$ iki yüzey arasındaki kısmi basınç farkı, l polimerin kalınlığı, D difüzyon sabiti ve S çözünürlük katsayısıdır.

Tekstil malzemeleri içerisinde su buharı difüzyonu birçok faktörden etkilenir. Malzeme içerisinde lif hacmi oranının arttığı durumda difüzyon düşer. Kumaş kalınlığının arttığı ve malzemenin gözenekliliğinin azaldığı durumda difüzyon oranı da düşer. Su buharı difüzyonunun kumaşın hava geçirgenliği ile doğrudan bir ilişkisi vardır. Gözeneklilik arttıkça hava geçirgenliği artar bu da hava boşluklarından yüksek oranda su buharı geçişine sebep olur. Su buharının difüzyon katsayısı sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonudur. Eşitlikte 2.22' de hesaplaması verilmiştir.

$$D = 2,20 \times 10^{-5} \left(\frac{T}{T_0} \right) \left(\frac{P_0}{P} \right) \quad (2.22)$$

Burada D su buharının difüzyon katsayısı (m^2/sn), T sıcaklık (K), P basınç (Pa) ve T_0 , P_0 standart atmosfer şartlarındaki sıcaklık ve basınç değerleridir.

Absorpsiyon (emilim) ve Desorpsiyon (geri verme)

Emilim ve geri verme işlemleri farklı iklim koşullarında mikroklimada su buharı geçirgenliğine etki ettiğinden önemli kavramlardır. Higroskopik lifli malzemeler nemli ortamda havadaki nemi emer ve kuru havada bu nemi bırakır. Bu işlem deri yüzeyinden su buharının transferine olanak sağlar. Su moleküllerinin adsorpsiyonu su buharı molekülleri ile tekstil malzemesinin katı yüzeyi arasında Van der Waal' s kuvvetlerinin etkisiyle kritik sıcaklığın altında gerçekleşir. Su buharı basıncı yüksek ve sıcaklık düşükse emilim miktarı artar.

Tekstil malzemelerinin su buharı emilim kapasiteleri lifin nem tutma özelliği ve atmosferdeki bağıl nem miktarına bağlıdır. Higroskopik liflerde bu durum (pamuk, viskon, yün) nem emilimi histerezisi, sıcaklık, boyutsal değişiklikler, elastik geridönme davranışı ve liflerin şişme oranına da bağlıdır.

Higroskopik tekstil lifleri su buharını emdikten sonra, liflerin sahip olduğu makromoleküller ve mikrofibriller emilen su molekülleri tarafından itilmekte, selüloz molekülleri arasındaki molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlarının kopması sonucunda da lifler şişmektedir. Liflerde meydana gelen şişmenin etkisi sonucu lifler arasındaki hava boşlukları azalmaktadır. Bu yüzden difüzyon işlemi daha geç gerçekleşmektedir (Das ve Alagirusamy 2010).

Zorlanmış Taşınım

Nemli katman üzerinden havanın hareketiyle meydana gelen su buharı iletimine zorlanmış taşınım denir. Bu işlemdeki su buharı iletim miktarı su buharı kaynağı ile çevre havanın nem konsantrasyonu arasındaki farklılığa bağlıdır. Bu işlem eşitlikteki gibi hesaplanır:

$$Q_m = -A \cdot h_m (C_a - C_\alpha) \quad (2.23)$$

Burada A yüzey alanı, Q_m kumaş yüzey alanı boyunca taşınım iletilen su buharının kütlesi, C_a kumaş yüzeyindeki su buharı konsantrasyonu, C_α havadaki su buharı konsantrasyonu ve h_m ise konveksiyonla kütle transfer katsayısıdır.

Özellikle rüzgârlı havalarda deri yüzeyindeki su buharının atmosfere iletiminde konveksiyon metodu önemli bir rol oynamaktadır. Buharlaşma ve yoğuşmanın da gözenekli tekstil malzemelerinde su buharı iletimine etkisi büyüktür. Bu durum tekstil malzemesi içerisindeki su buharı dağılım oranına ve sıcaklığa bağlıdır (Li ve Zhu 2003).

Yoğuşma çevre sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda meydana gelir. Deri üzerindeki sıcak ve nemli hava kumaşla etkileşime geçtiğinde, kumaş soğuk bir duvar etkisi yapar ve yoğuşma meydana gelir. Laboratuvar ve alan araştırmaları çevre sıcaklığının 10 °C' nin altına düştüğü durumlarda yoğuşmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir. Özellikle su itici kumaş yapılarında yoğuşma görülme olasılığı daha yüksektir (Das ve ark, 2007).

2.5.2. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)

Tekstil materyallerinde meydana gelen sıvı transferi iki farklı gereksinime bağlı olarak incelenebilir. Bunlardan birincisi, insan derisi ile direk temastaki uygulamalarda kullanılan giysilik kumaşların, vücutta meydana gelen teri minimum zamanda uzaklaştırarak kullanıcıyı kuru ve termal açıdan konforlu tutmasıdır (Petrulyte ve Baltakye 2009). İkinci gereksinim ise, farklı kullanım alanları (bakım ve hijyen ürünleri, agrotekstilller, jeotekstilller, vb.) için materyalin fonksiyonelliğinin sıvı emicilik yönünde geliştirilmesi ve sıvı emilim kapasitesinin artırılmasıyla ilgilidir.

Sıvıların tekstil malzemeleri ile etkileşimi, lif yüzeyinin ıslanması, lif yapısına sıvının taşınması, lif yüzeyinde adsorbsiyon ve sıvının içteki liflere difüzyonu gibi birçok fiziksel davranışı içerir. Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülür. Islanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapilar kanallar içinden ilerleyerek dağılır. Her ikisi ayrı birer fenomen olarak görülse de, ıslanma ve kılcallık birbirlerinden bağımsız değildir; kılcallığın görülmesi için ıslanma gerekir ve her ikisi tek bir prosesin (kapilar basınç etkisiyle sıvı akışı) sonucudur. Tekstil liflerini ıslatmayan sıvılar, kumaş içinde yayılamaz. Kılcallık, kapilar boşlukları bir sıvı ile ıslatılan yapılarda görülür; bu nedenle ıslanma, kılcallık için ön şarttır (Güneşoğlu 2005).

Tekstil materyallerinin ıslanması, lif/hava ara yüzeyinin lif/sıvı ara yüzeyiyle yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Islanma, kapilar kuvvetlerin etkisiyle sıvının elyaf kütlesi içerisindeki eş zamanlı transferi olarak tanımlanan kapilar ıslanma için bir ön şarttır. Karmaşık kapilar bir sistemde sıvı transferi, kapilar ıslanma işlemi olarak sayılabilir veya bu olaya ‘‘kapilar nüfuz’’ denir. Sıvının katıyla ve aynı zamanda buharla teması esnasında

dengede bulunan kuvvetler arasındaki ilişki (2.24) numaralı denklemden (Young-Dupre Denklemi) verilmiştir:

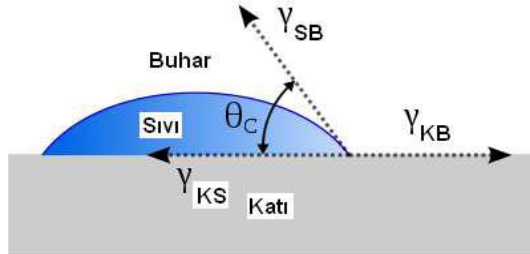
$$\gamma_{KB} - \gamma_{KS} = \gamma_{SB} \cos\theta \quad (2.24)$$

Burada,

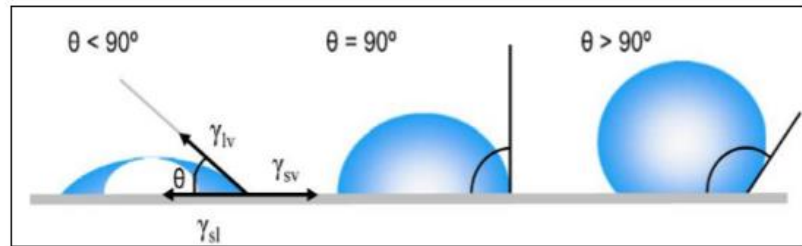
γ : yüzeyler arasındaki gerilimler

θ : denge halinde katı yüzeyle bu yüzeyle temas halindeki sıvı yüzey arasındaki temas açısıdır (Aksoy ve Kaplan 2011).

Katı bir yüzeyin ıslanabilirliğini etkileyen birkaç faktör vardır. Temas açısı, kumaşın ıslanabilirliğinin direkt olarak ölçülebileceği bir metottür. Temas açısı, katı-sıvı ara yüzeyi ve sıvı buhar ara yüzeylerinin kesişmesiyle oluşan açıyı ifade eder. Katı sıvı ve buharın bir arada bulunduğu bu arayüz üç fazlı temas çizgisi olarak da adlandırılır. Yüzey üzerine bir sıvı damlası bırakıldığında, katı-sıvı-buhar ara yüzeyleri için enerji dengesi ve temas açısı Şekil 2.11’ de görülmektedir. Lif ve sıvı arasında düşük temas açısının anlamı yüksek ıslanabilirlik derecesidir. Ayrıca katı ve sıvı arasındaki yüzey gerilimi azaldığı durumda da ıslanma artar. Sıvının sıcaklığındaki artış da yüzey gerilimini düşüreceğinden ıslanmayı artırır.



Şekil 2.11. Ara yüzey gerilimleri ve temas açısı



Şekil 2.12. Katı bir yüzey üzerinde sıvı damlalarının oluşturduğu temas açılarının gösterimi (Yuan ve Lee 2013)

Şekil 2.12' de katı bir yüzeyde sıvı damlalarının oluşturduğu temas açıları görülmektedir. Temas açıları üç yüzey arasındaki gerilimlere bağlı olarak değişir. Katı-buhar arasındaki gerilim katı-sıvı arasındaki gerilimden büyükse temas açısı 0-90° arasında, tersi durumda ise açı 90-180° arasında olur. Küçük temas açısı sıvının yüzey tarafından emildiğinin, büyük temas açısı ise sıvının yüzeyde baloncuk oluşturduğunu yani yüzeyden akıp uzaklaşacağını ifade eder.

Genel olarak temas açısı 90° ve üzerinde olduğunda, sıvının yayılmadığı ve yüzeyin ıslanmadığı anlaşılır. Temas açısının sıfıra yaklaşması, ıslanabilirliğin maksimuma ulaştığı anlamına gelir (Kissa 1996).

Tekstil yüzeylerinin kılcal emme yeteneği üretilen terin giysiden dış çevreye ne kadar hızlı uzaklaştığının bir göstergesidir. Kılcal emme prosesi tekstil yapıları sıvıda kısmen veya tamamen battığı ya da sınırlı sıvı miktarı ile temas halinde olduğu zaman gerçekleşmektedir (Patnaik ve ark. 2006).

Tekstil yüzeylerinin kılcal emme davranışları liflerle olan etkileşime de bağlı olarak dört ana kategoriye ayrılır:

- Yalnızca kapilar penetrasyonu içeren, lif yüzeyine anlamlı bir difüzyon olmadan sıvının kılcal emilimi
- Kapiler penetrasyon ve lifler içerisine sıvının difüzyonunu içeren, sıvının liflere difüzyonuyla birlikte kılcal emilim
- Sıvının kapiler penetrasyonu, sıvı içindeki yüzey aktif maddenin difüzyonu, lif üzerine yüzey aktif maddenin adsorpsiyonunu içeren, adsorpsiyonla birlikte kılcal emilim
- Kapiler penetrasyon, lifler içerisine sıvının difüzyonu, sıvının içindeki yüzey aktif maddenin difüzyonu, liflerin üzerinde katının adsorpsiyonu sonucu lifler içerisine difüzyon ve adsorpsiyon içeren kılcal emilimdir (Patnaik ve ark. 2006).

Terlemenin olduğu durumda konfor hissinin devamlılığı için giysinin kılcallık özelliğinin iyi olması gerekir. Kılcallık özelliğinin yüksek olduğu durumda deri yüzeyindeki fazla ter kumaş yüzeyine yayılarak kişiyi kuru hissettirir. Ayrıca bu durum terin daha geniş bir yüzeyde daha hızlı buharlaşmasına sebep olur. Sıvı lifi ıslatarak lif içi boşluklara nüfuz

eder, bu da kapilar basınç etkisine sebep olur. Kapiar basınç Laplace eşitliğine (Eşitlik 2.25) göre hesaplanır (Das ve ark. 2001) :

$$P = \frac{2\gamma LV \cdot \cos \theta}{R_c} \quad (2.25)$$

Burada P, R_c çapındaki kılcal tüpün oluşturduğu kılcal basınçtır. Gözenekler içindeki kapilar basınç farklılığı sıvının malzeme üzerine yayılmasını sağlar. Bu nedenle bir sıvı lifi ıslatmıyorsa iplik ve kumaşın içinde kılcal davranış gösteremez.

2.6. Termal Konfor Parametrelerini Ölçmekte Kullanılan Yöntemler

2.6.1. Su Buharı Geçirgenliği Test Yöntemleri

Su buharı geçirgenliği kumaşın birim alanından belli bir zamanda geçen su buharı miktarıdır. Nem giysi içerisinde sıvı ve buhar formunda transfer edilebilir. Su buharı geçirgenliğini güvenilir bir biçimde ölçmek için çeşitli cihazlar ve test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu metotlar:

- ASTM E96 Standart test metodu
- ISO 15496 kalite kontrol amaçlı su buharı geçirgenliğinin ölçülmesi
- BS 7209 Günlük giysimde kullanılan giysilerin su buharı geçirgenliğinin ölçülmesi
- JIS L1099 Tekstillere su buharı geçirgenliğinin ölçülmesi
- ISO 2528 tabaka formunda üretilen malzemelerin su buharı geçirgenliğinin ölçülmesi
- ISO 11092 (EN 31092) ısı ve su buharı geçirgenliğinin sabit ortam şartlarında ölçülmesi
- ASTM 1868 Terleyen sıcak plaka cihazında ısı ve buhar direnci ölçümü standart test metodu

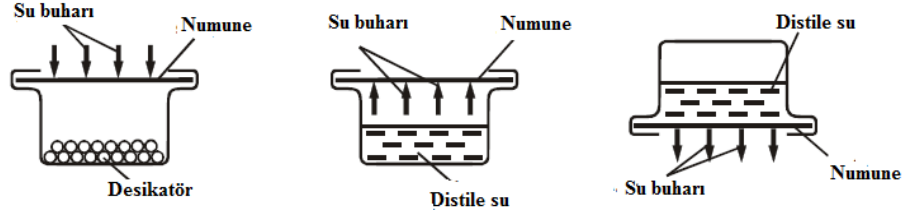
Bu metotlar iki gruba ayrılır:

- Gravimetrik (kütle) ölçüm yöntemi
- Terleyen sıcak plaka yöntemi

Gravimetrik test metotları, terleyen sıcak plaka yöntemlerine göre daha basit ve daha çok kullanılan metotlardır. Bunlara kap veya çanak metotları denir. ASTM E96 ve ISO 15496 bu metoda örnek verilebilir (Arabuli ve ark. 2010).

ASTM E96 ' ya göre kap metotları üçe ayrılır (Şekil 2.13):

- Desikant Metodu: su buharı kap içersinden dış ortama transfer edilir.
- Distile su metodu: su buharı kap içersinden dış ortama transfer edilir.
- Ters çevrilmiş distile su metodu: kumaş su ile direk temas eder.



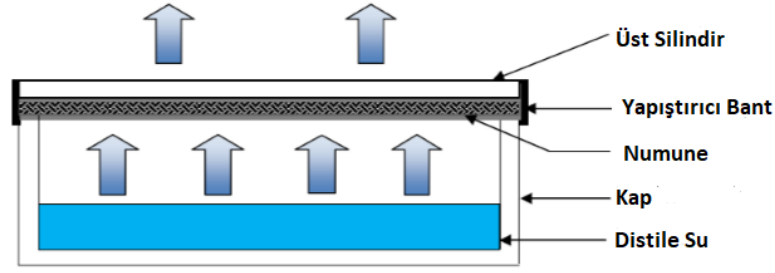
Şekil 2.13. ASTM E96'ya göre kap metotlarının sınıflandırılması (Arabuli ve ark. 2010)

Dikey kap metodu (Upright cup method); ASTM E96 B standardına uygun olarak ölçüm yapılmaktadır. Numune içinde saf su bulunan dikey bir kap üzerine conta yardımıyla sabitlenmektedir. Düzeneğin bulunduğu ortam 23 °C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 2,8 m/sn hava hızında bir ortamda tutulmaktadır. Bir gün boyunca kap düzeneğinin ağırlığı periyodik olarak incelenerek su buharı iletim oranı hesaplanmaktadır.

Desikant metodunda; kap içersine kuru kalsiyum klorid konulur ve kabın üst kısmı test numunesiyle kapatılır. Kontrollü çevre şartlarında yapılan test sırasında belirli süre boyunca desikant'a ne kadar su buharı transfer edildiği ağırlık ölçümleriyle belirlenir.

ASTM E96 distile su metodunda; kap distile su ile doldurulur ve test numunesi kabın üst kısmına kaplanır. Kabın içi ve dış ortam arasındaki su buharı konsantrasyon farklılığından kaynaklanan su buharı difüzyonu olur. Kapta meydana gelen ağırlık değişimi belirlenir.

BS 7209 buharlaşma kap metodu; numune içersinde 46 ml distile su bulunan bir kap üzerine ve 20 °C sıcaklık %65 bağıl nemde, döner bir tabla üzerine yerleştirilir. Testin 1'nci ve 5'nci saatlerinde kütle ölçümü yapılarak numuneye nüfuz eden su miktarı bulunur. Şekil 2.14' te buharlaşma kap metodu verilmiştir.



Şekil 2.14. Buharlaşma kap metodu (Nahla ve ark. 2012)

ASTM E96 BW ters çevrilmiş kap metodu (Inverted cup method); dikey kap metoduna benzer şekilde bir düzenekle su geçirmez kumaşlara uygulanan bir yöntemdir. Numunelerin üzerine yerleştirdiği kap ters çevrilmiş durumdadır ve suyun sızmasını engellemek için kabın çevresine bir conta eklenmiştir. Ölçüm ve hesaplama aynı şekilde birim zamanda test aparatındaki ağırlık değişiminin yani buharlaşan su miktarının belirlenmesine yöneliktir. Bu test 23 °C hava sıcaklığı, % 50 bağıl nem ve 2,8 m/sn hava hızında olan ortamda yapılmaktadır. Kap düzeneği bir gün boyunca periyodik şekilde tartılarak su buharı iletim oranı dikey kap metodundaki gibi hesaplanmaktadır (Huang ve Qian 2008).

ISO 15496 Desikatörlü ters çevrilmiş kap metodunda (Desiccant inverted cup test method); bu metot ile ISO 15496 ve ASTM E96 standartlarına göre ölçüm yapılmaktadır. Ölçüm prensibi ters çevrilmiş kap metoduna benzemektedir. Bir su haznesi üzerine yerleştirilen ters çevrilmiş kabın ağzı PTFE membranla kapatılır. (Şekil 2.15) PTFE membran su geçişine izin vermezken su buharı geçişine izin verir. Kontrollü çevre şartlarında gerçekleştirilen testte, belirli süre boyunca test edilen kumaşın su haznesinden desikant olarak kullanılan potasyum asetata ne kadar su buharını transfer ettiği periyodik olarak yapılan ağırlık ölçümleriyle belirlenmektedir.



Şekil 2.15. Ters çevrilmiş desikant metodu gösterimi (Arabuli ve ark. 2010)

Dinamik Nem Geçirgen Test Ünitesi metodu (Dynamic Moisture Permeation Cell Test Method); ölçüm ASTM F 2298 standardına uygun olarak yapılmaktadır. Numune 2 akış kanalıyla sabitlenen 2 özdeş metal levha arasına sabitlenmektedir. Akış kanallarından biri kuru diğeri saf suyla doyurulmuş nitrojen gazı geçirilmektedir. Test 20 °C ortamda ve yaklaşık 2000 cm³/dk gaz akış oranı sağlandığında gerçekleşmektedir. Gaz akış oranı, hava sıcaklığı ve bağıl nem bilgisayar yardımıyla kontrol edilmekte ve kararlı hale ulaşıldığında su buharı iletim oranı hesaplanmaktadır. Su buharı geçirgenliğini ölçmek için kullanılan bazı terimler aşağıda verilmiştir:

1. Su Buharı Geçirgenlik Oranı (WTR): belirli bir zaman diliminde vücut yüzeyinden dış ortama sabit su buharı akış miktarıdır. Birimi (g/m²h) 'tır.

$$WTR = \frac{G}{t.A} \quad (2.26)$$

burada G ağırlık değişimi, t zaman, A test yüzeyi alanıdır.

2. Su buharı geçirgenlik indeksi (WVP): Eşitlik 2.27' deki gibi hesaplanır:

$$WVP (g/m/24h) = 24. (M / A) . t \quad (2.27)$$

Burada M belirli sürede meydana gelen ağırlık kaybı, A test alanı (m²), t test süresidir.

3. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (RWVP): Eşitlik 2.28' deki gibi hesaplanır.

$$RWVP = 100. \frac{(WVP)_f}{(WVP)_r} \quad (2.28)$$

$(WVP)_f$ = Test numunelerinin ortalama geçirgenlik değeri

$(WVP)_r$ = Referans kumaş numunesinin ortalama geçirgenlik değeri

Gibson ve ark. (1995), kumaşların su buharı geçirgenliği ve gaz akış özelliklerini ölçmek için dinamik nem geçirgen test ünitesi metodunu geliştirmiş ve bu ölçüm metodunun terleyen sıcak plaka test yöntemiyle karşılaştırmıştır. Sonuç olarak iki test metodu arasında mükemmel bir korelasyon olduğu görülmüştür.

McCullough ve ark. (2003), su itici, rüzgar geçirmeyen nefes alabilir 26 kumaş yapısının su buharı geçirgenliği özelliklerini ölçmek için 5 farklı standart ölçüm metodu kullanmış ve spearman koralasyon testi kullanarak bu test metotları arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ters çevrilmiş kap metodu dışındaki bütün metotların istatistiksel olarak anlamlı test sonuçları gösterdiği bulunmuştur.

2.6.2. Terleyen Sıcak Plaka Test Yöntemleri

ISO 11092 (EN 31092) ve ASTM 1868 standartlarına göre, kumaşların termal ve su buharı direnç değerleri belirlenir. Buna örnek olarak Şekil 2.16' da gösterilen SGHP -8.2, PSM-2 ve Permetest cihazları verilebilir.



a)



b)

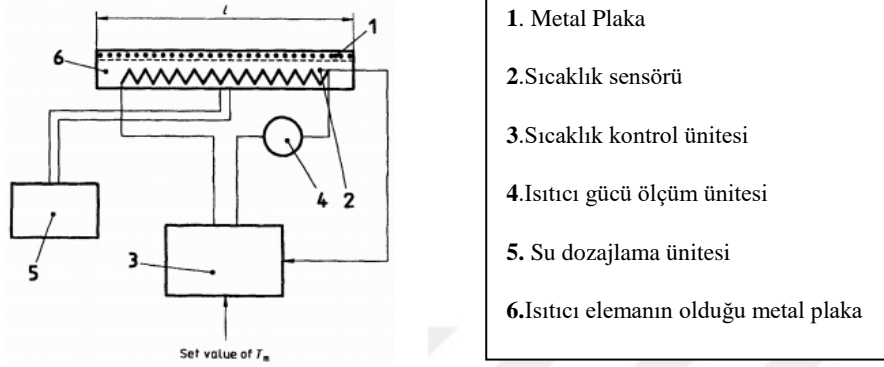


c)

Şekil 2.16. Terleyen sıcak plaka ölçüm cihazları a)SGHP-8. b) PSM-2 c)Permetest test cihazları (Arabuli ve ark. 2010)

Sistem bir ölçme ünitesi, sıcaklık kontrol ünitesi ve sıvı haznesinden oluşmaktadır. Ölçme ünitesi metal bloğa bir ısıtıcıyla birlikte bağlanmıştır. Plakanın ortasında bulunan test bölümü numunenin kenarlarından ısı akışını önleyecek şekilde koruma ısıtıcısıyla çevrelenmiştir. Dozajlama ünitesi tarafından distile su gözenekli plakanın yüzeyine

beslenir. Plaka üzerinde su buharını geçiren, suyu geçirmeyen membran bir tabaka bulunmaktadır. Membran üzerine boyutları 300x300mm² olan numune yerleştirilir. Şekil 2.17’ de Terleyen sıcak plakanın yan görünüşü verilmiştir.



1. Metal Plaka
2. Sıcaklık sensörü
3. Sıcaklık kontrol ünitesi
4. Isıtıcı gücü ölçüm ünitesi
5. Su dozajlama ünitesi
6. Isıtıcı elemanın olduğu metal plaka

Şekil 2.17. Terleyen sıcak plaka cihazı yan görünüşü (Huang ve Qian 2008)

Test ortamı, tabaka ve hava sıcaklığı 35 °C havanın bağıl nemi % 40 ve hava hızı 1 m /sn’ dir. Sıcak levha ve ortam şartları standartlarda belirtilen değerlerde belirli bir süre sabit kaldıktan sonra alınan sıcaklık ve bağıl nem verileri ile termal ve su buharı direnç değerleri hesaplanır. Kumaşın toplam su buharı direnci aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Ret = \frac{A.(Ps-Pa)}{H-\Delta He} \quad (2.29)$$

Burada R_{et} hava, membran kumaş ve test edilen kumaş numunesinin toplam su buharı direnç değeridir (m².Pa/W). A test alanı (m²), P_s plaka yüzeyinin su buharı basıncı (Pa), P_a havanın su buharı basıncı (Pa), H ısıtıcıya beslenen güç miktarı (W) ve ΔH_e düzeltme terimidir (W).

Kumaşın buharlaşma direnci, numuneyle birlikte yapılan ölçümden (toplam buharlaşma direnci) numune olmadan yapılan ölçümün çıkarılmasıyla bulunur.

$$R_{ef} = R_{et} - R_{eb} \quad (2.30)$$

Burada R_{ef} , kumaş numunesinin yalnız başına su buharı direnci ($m^2.Pa/W$), R_{eb} membran ve onu çevreleyen hava tabakasının su buharı direncidir ($m^2.Pa/W$).

2.6.3. Permetest Cihazı

Permetest cihazı düzgün kumaş yapılarının (kumaş, dokusuz yüzey ve kağıt) su buharı, ısı direnç ve bağıl su buharı geçirgenliği özelliklerini numuneye zarar vermeden hızlı bir şekilde ölçmeye yarayan yeni bir cihazdır (Hes ve Dolezal 2003). Aynı zamanda bu cihaz ISO 11092' ye benzer ölçüm sonuçları sağlar.

Deri modeli olarak da adlandırılan bu test cihazı ile ısı hissetme bakımından kuru ve yaş insan derisi temsil edilmektedir. Bu test cihazı ile % olarak bağıl su buharı geçirgenliği ve su buharı dayanım değerleri ölçülmektedir. Ölçüm yapmadan önce, deri modelini temsil eden ölçüm başı dayanıklı yarı geçirgen folyo veya selofan ile kaplanmaktadır. Folyo ölçüm sisteminden ölçüm yapılacak numuneye olan su geçişini önlemekte ve böylece numunenin kuru kalmasını sağlamaktadır (Hes 2008).

Permetest cihazında yapılacak buhar geçirgenliği ölçümleri için önce referans kumaş numunesi kullanılır. Bu kumaşın özelliği daha önceden ilgili standarda göre R_{et} (su buharı direnci) değerinin bulunmuş olmasıdır. Bu numune kullanılarak test yapılan laboratuardaki geçirgenlik katsayısı C bulunur. İlgili parametreler Eşitlik 2.31' de yerine yazılarak R_{et} değeri bulunur.

$$R_{et} = C (1-\varphi) \left(\frac{1}{q'_{hs}} - \frac{1}{q'_{h0}} \right) [m^2 .Pa /W] \quad (2.31)$$

C : testin yapıldığı laboratuarda tespit edilen katsayı

φ : test yapılan ortamdaki % bağıl nem miktarı

q'_{h0} : ölçüm kafasında numune olmadığı durumdaki ısı akımı

q'_{hs} : ölçüm kafası bir numuneye kaplı olduğunda sıvıda meydana gelen ısı kaybı değerlerini ifade etmektedir.

Ölçüm kafasının bir parça kavisli ve gözenekli yüzeyi isteğe bağlı olarak sürekli ya da aralıklı olarak nemlendirilir ve bir rüzgâr kanalı içerisinde yer alan, ayarlanabilir hızda

olan paralel hava akışına maruz bırakılır. Test edilecek numune, çapı yaklaşık 80 mm olan nemlendirilmiş alandan çok az bir mesafe uzaklıkta bulunan ve yüksek termal iletkenlik özelliğine sahip alan içine yerleştirilir. Sıvı suda buharlaşıp aktif gözenekli yüzeyden uzaklaşan ısı miktarı özel bir entegre sistem ile ölçülür. Böylece kısa sürede tüm sistem başarılı bir ölçüm işlemi gerçekleştirilir ve tam sinyal birkaç dakika içerisinde alınabilir. Ölçümün başında numune yer almaksızın meydana gelen ısı akısı q'_{ho} ölçülür. Daha sonra, ölçüm kafası aşağı çekilir ve numune kafa ile rüzgâr kanalının arasına sıkıca yerleştirilir. Gösterge, numunede farklı sıcaklık etkisini kısa sürede yansıtır, sinyal birkaç dakika içerisinde sabit hale gelir ve numuneyle kaplı nemlendirilmiş ölçüm kafasından kaybedilen ısı miktarını ifade eden q'_{hs} değeri yeni değer olarak okunur. Sinyalin sabit hale geldiği bu nokta, materyalin su buharı geçirgenliğini ifade etmektedir.



Şekil 2.18. Permetest cihazı (Hes ve Araujo 2010)

Permetest cihazında (Şekil 2.18), insan teni kuru ve yaş olarak simüle edilmiştir. Numune yerleştirilmeden önce, ortamın ısı akış değeri (q_0) ölçülür. Sonra numunenin yerleştirildiği bölge nemlendirilir, numune yerleştirilir ve altına yarı geçirgen selofan konulur. Numune belirli bir hızda paralel olarak hava akışına maruz bırakılır. Aktif eğimli yüzeyden dışarı çıkan buharlaşma ısı miktarının miktarı cihaz tarafından kaydedilir. Kaydedilen değer ısı kaybı miktarını (q_s) vermektedir. Buradan bağıl su buharı geçirgenliği (P) aşağıdaki formüle göre hesaplanır. P değeri, % 100 serbest ölçüm yüzeyinin bağıl su buharı geçirgenliğine aittir (Hes ve Dolezal 2003).

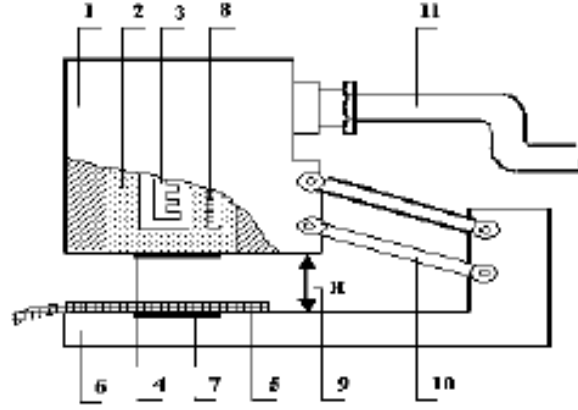
$$P = 100 \times (q_s / q_0) \quad (2.32)$$

Demiryürek ve Uysaltürk (2013), spor giyimde de tercih edilen Viloft /polyester karışımı kumaşların konfor özelliklerini inceledikleri çalışmada su buharı direnci ölçümlerinde Permetest cihazını kullanmışlardır.

2.6.4. Alambeta Test Cihazı

Alambeta test cihazı tekstil yapılarının statik ve dinamik termal özelliklerinin ölçümü için tasarlanmıştır. Alambeta test cihazı genel olarak bir ölçüm kafası ile numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Şekil 2.19' da Alambeta cihazının fotoğrafı ve bölümleri gösterilmiştir. Ölçüm başladığı anda, ısı akış sensörünü ihtiva eden ölçüm kafası aşağıya düşer ve alt plakaya düzlemsel bir şekilde yerleştirilen numuneye dokunur. Bu sırada numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihazın bilgisayarı ısı akış değerlerini kaydeder. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer. Bu prosedür, insan parmağının oda sıcaklığındaki bir kumaşa dokunması işlemine benzerdir. Alambeta cihazında ölçülen termal yalıtım parametreleri aşağıda sıralanmıştır:

- a) Termal iletkenlik katsayısı (λ)
- b) 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)



Şekil 2.19. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli (1: ölçüm kafası, 2: metal blok, 3: elektrikli ısıtıcı, 4: ısı akış sensörü, 5: tekstil materyali, 6: metal taban, 7: plaka, 8: termometre, 9: Ter akışını simüle eden ıslatılmış tekstil ara yüzeyi, 10: kafa kaldırma mekanizması, 11: bağlantı borusu)

2.7. Giyim Denemesi Teknikleri

İnsanlar dokunsal konforla ilgili yargılarını ellerini kullanarak elde ederler. Fakat dokunsal konforla ilgili yargıların büyük çoğunluğu vücudun diğer bölümleri tarafından elde edilir. Bu nedenle giysi konfor algısının belirlenmesinde giyim denemesi tekniklerinin kullanılmasını gerekir. Giysi konfor algısı deri dokunsal sistemleriyle ilişkilidir ve görsel, işitsel, koku, tat ve dokunma gibi bileşenler içerir. Giyim denemeleri belirli bir çevre koşulunda belirli bir giysi ve aktivite olduğu durumda yapılır. Burada konfor algısı; dış uyaranlar (ısı, nem, rüzgar vs.) ve kumaşın deriye uyguladığı mekanik uyaranlar (yumuşaklık, batma, kaşıntı, vs) fizyolojik durum (terleme), giyside kullanılan malzeme, giysinin bedeni ve çevre koşullarının bileşenlerinden (sıcaklık, nem, hava hızı) etkilenir.

Hollies ve ark (1979), farklı iklim koşullarında oluşan konforsuzluk hissini simüle etmesi amacıyla giyim denemesi tekniğini önermiştir. Giyim denemesi deneyleri sırasında dokunsal konfor özelliklerinin de ölçülebileceği belirtilmiştir. Bu tekniğin bileşenleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Kullanıcılarla duyuusal niteliklerin oluşturulması
- Özel test koşullarının seçimiyle farklı durumların algılarının etkili analizi

- Giysilerle ilgili sübjektif algıların derecelendirmesi için sübjektif değerlendirme skalalarının kullanılması. Skalalar farklı konfor özelliklerini içermeli (Örneğin: kaba, yapışkan, serin, nemli, yapışkan, saran, kaba, kaşıntıran) ve belirli bir çevre koşulunda belirli aralıklarla uygulanmalıdır. Konforun şiddeti 5 noktalı skala ile ölçülmelidir. Örneğin 1'nci Tamamen Konforsuz, 5'nci Tamamen konforlu.
- Giyim denemesi kontrollü çevre koşulları altında önceden belirlenen bir antreman programında gerçekleştirilmelidir.
- Her konfor özelliği belirli bir zaman aralığında kullanıcı tarafından değerlendirilmelidir.
- Bütün veriler analiz edilmeli ve sonuçlar kayıt altına alınmalıdır.

Wong ve ark (2003), insan psikolojik algılarının dokunsal konfora etkilerini belirlemede yapay sinir ağı yöntemini kullanmışlardır. Giyim denemesi kontrollü bir çevre koşulunda 22 profesyonel atlet tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada farklı ticari giysiler kullanılmış ve deneklerden belirli zaman aralıklarında giysiyle ilgili dokunsal algılarını (yapışkan, ıslak, ağır kaşıntıran vs.) derecelendirmeleri istenmiştir.

2.8. Termal Manekler

Termal manekler testlerin tekrar edilebilirliği ve kolaylığının yanında kesin sonuçlarda verdiği termal direnç ve giysilerde buharlaşma direnci ölçümlerinde çok kullanılan bir cihazdır. İlk termal manek 1940' lı yılların başında ABD ordusu tarafından üretilmiştir. Daha sonra farklı vücut bölümlerine, terleyip terleyememe ve hareket kabiliyetlerine sahip termal manekler üretilmiştir. Fonksiyonellik açısından termal manekler üç farklı kategoriye ayrılabilir. Bunlar: a) hareketsiz ve terleme özelliğine sahip olmayan termal manekler b) hareket edemeyen fakat terleyebilen termal manekler c) hareket edebilen ve terleme özelliğine sahip olan termal maneklerdir. Bunlara örnek olarak Finlandiyada üretilen Coppellius ve Hon Kong da üretilen Walter verilebilir (Meinander 1999).

Şimdiye kadar üretilen termal manekler içerisinde deri termal direnç ve su buharı direncini tek adımda ölçen tek bir cihaz mevcuttur (Fan ve Chen 2002). Diğer tüm termal manekler değişken iklim koşullarında su buharı direncini ölçmek için iki aşamalı bir

teste ihtiyaç duyarlar: a) kuru test b) ıslak test. Giysi su buharı direncini ölçmek için terlemeyi simüle eden ıslak bir kumaş deri, ısıtılmış manken üzerine yerleştirilir. Burada mankenin çıplak durumdaki yüzey sıcaklığı kontrol edilmelidir nk terlemeyle gerçekleşen buharlaşma sonucu ıslak deri yüzeyi ve kontrollü çıplak manken yüzeyi arasında çok büyük sıcaklık farkı olurur.

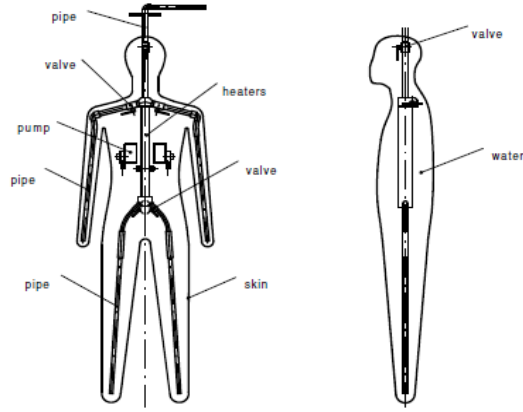
Termal mankenle ısı direnç ölçümlerinde kullanılan bazı standartlar mevcuttur (ISO 9920,2007; ISO 15831, 2004; ASTM F 1291, 2004; EN 342, 2004). Dinamik koşullarda termal direnç ölçümlerine şimdilerde daha çok ilgi duyulsa da standartların çoğu statik durumdaki termal mankenler üzerinde tanımlanmıştır. Giysilerdeki açıklıkların hava sirkülasyonuna olanak sağlamasından dolayı dinamik durumda ısı transferi ölçümleri kompleks bir konudur. Bu olgu pompalama efekti olarak isimlendirilir. Ayrıca vücut duruş şekli, aktivite seviyesi, hava hızı, ter birikimi, basınç, kalınlık, katman sayısı ve giysinin vücuda oturması termal direnci önemli ölçüde etkiler (Oliveria ve ark. 2011).

Holmer (1999), insan vücudunun ısı kaybının sadece konveksiyon, radyasyon ve kondüksiyonla olmadığını, aynı zamanda terin buharlaşmasıyla meydana gelen ısı kaybının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Bunu göz önünde bulunduran birkaç termal manken mevcuttur ve bu termal mankenler insan terleme sistemini simüle ederek, buharlaşmayla olan ısı kaybı hakkında önemli bilgiler verirler. Termal mankenlerin gelişimi izelge 2.6' da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Termal mankenlerin gelişimi

No	Tür	Malzeme	Sistem	Hareket	Ülke, Tarih
1.	Tek bölümlü	bakır	analog		USA 1945
2.	Çok bölümlü	aliminyum	analog		UK 1964
3.	Radyasyon manken	aliminyum	analog		Faransa 1972
4.	Çok bölümlü	plastik	analog	hareketli	Danimarka 1973
5.	Çok bölümlü	plastik	analog	hareketli	Almanya 1978
6.	Çok bölümlü	plastik	dijital	hareketli	İsveç 1980
7.	Çok bölümlü, plastik, dijital, hareketli	plastik	dijital	hareketli	İsveç 1984
8.	Yangın mankeni	aliminyum	dijital		USA
9.	Dalış mankeni	aliminyum	dijital	hareketli	Canada 1988
10	Terleyen Manken	aliminyum plastik aliminyum	dijital dijital dijital	hareketli hareketli	Japonya 1988 Finlandiya 1988 USA 1996
11	Bayan manken	plastik , tek telli	dijital , konfor regülasyon modu	hareketli	Danimarka 1989
12	Nefes alan	plastik, tel çubuk	dijital, konfor regülasyon modu	hareketli , nefes alma simülasyonu	Danimarka 1996

Fan ve Chen (2002), yapılan çalışmada terleyen termal manken ve bunun iç yapısı gösterilmiştir (Şekil 2.20). Manken kafa kısmından bir su borusuna asılmıştır, ayrıca bu mankenin vücuduna su sağlar. Manken su itici nefes alabilir bir deri katmanıyla kaplanmıştır ve su ile doldurulmuştur. Gövdenin merkezinde iç ısıtma sistemi bulunur ve vücuda ısı sağlar ayrıca iki pompa ve borulardan oluşan ısıyı kafa ve uzuvlara gönderen bir su sirkülasyon sistemi bulunur. Deri çok önemlidir çünkü sadece terlemeyi sağlamaz aynı zamanda 100 kg'a kadar suyu vücut içerisinde tutar. Bunun için Goretex' ten deniz uygulamalarında kullanılan özel bir kumaş temin edilmiştir.

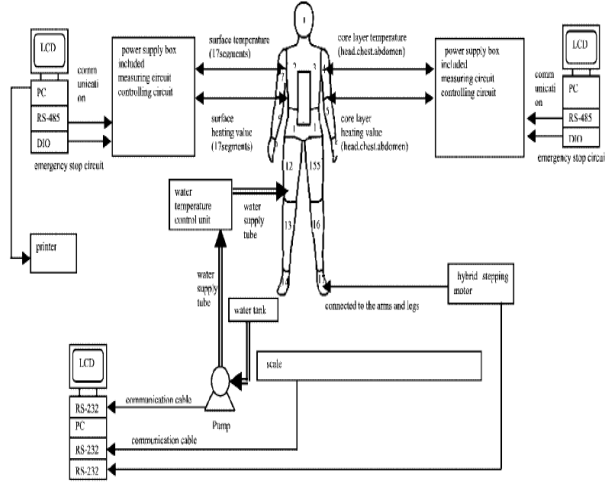


Şekil 2.20 . Terleyen termal manken ve iç yapısı

Chen ve ark. (2003), terleyen kumaş termal manken üretilmiştir. Mankenin derisi mukavemetli, nefes alabilir (su itici fakat su buharı geçirgen) ve dikişleri sıvı geçirmeyecek şekilde mühürlenmiş bir kumaştan oluşmaktadır. Manken gövdede bulunan ısıtıcılar yardımıyla ısıtılır ve iç sıcaklık 37 °C 'de sabit tutulur.

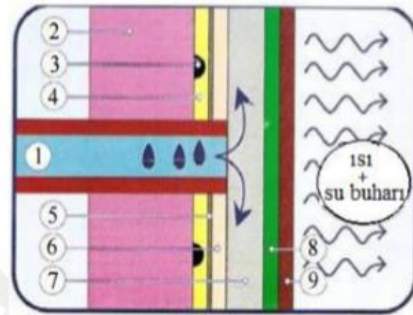
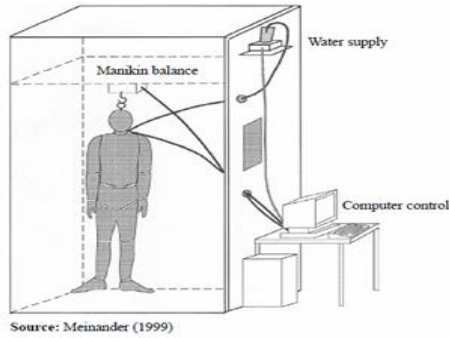
Chen ve ark. (2004), terleyen termal manken kullanılarak giysi bedeninin termal direnç ve su buharı direncine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma için üç tip ceket (poplin dokuma, denim dokuma ve örgü) üç farklı bedende üretilmiş ve rüzgârlı ve rüzgârsız ortamda test edilmiştir (2 m/sn hava hızı). Sonuçlar rüzgârsız durumda termal direncin hava boşluğu arttıkça arttığını göstermiştir.

Tamura (2006), bu çalışmada iki katmanlı, hareketli, yürüyebilen terleyen termal manken geliştirilmiştir (Jun, Şekil 2.21). Manken gövdedeki iç bölüm ve ısı kaynağı bağımsız olarak kontrol edilen 17 bölümden oluşan bir dış kaplama bölümünden oluşur. Derideki 180 gözeneğin terleme oranı peristaltik pompalar vasıtasıyla kontrol edilir. Mankenin sıcaklık performansı termografi kullanılarak (termal kamera) incelenir.



Şekil 2.21. ‘Jun’ Termal manken görünüşü ve kontrol sistemi

Celcar ve ark. (2008), bu çalışmada Coppelius adlı termal manken kullanılmıştır. Bu manken İsveç kuru manken olan Tore temel alınarak geliştirilmiştir ve buna terleme mekanizması eklenmiştir. Terleyen manken 18 bireysel olarak kontrol edilen, elektrikle ısıtılan vücut bölümünden oluşur. 187 bireysel olarak kontrol edilen terleme kanalı sayesinde sürekli terleme gerçekleştirilir. Mankenin şekli anatomik vücut şeklindedir ve omuz, bilek kalça ve dizlerde hareketi sağlar. Şekil 2.22’ de test ortamı ve termal mankenin ter kanalları görünüşü verilmiştir.

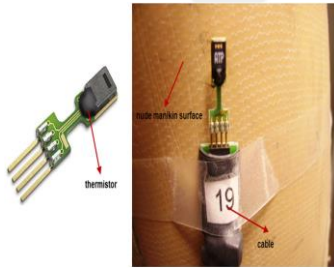


Şekil 2.22. Coppelius ‘un bölümleri ve termal manken ter bezinin kesit görünüşü. Burada 1. Su kaynağı, 2. Kabuk, 3. Isıtılmış tel, 4.5.6.9.koruyucu katman, 7. Kılcal emme katmanı 8. Mikrogözenekli katman (Meinander, 1999)

Wang (2008), bu çalışmada çok segmentli termal manken Newton ve tek segmentli termal manken Walter karşılaştırılmıştır. Termal direnç ve su buharı direncinden kısaca

bahsedilmiştir. Walter da termal direnç ve su buharı direncinin tek adımda hesaplanabildiğini, Newton da ise önce kuru testle termal direnç ölçümü ya da ıslak testle su buharı direnci ölçümü yapılabileceğini belirtmişlerdir. Newton da vücudun herhangi bir bölümünü sabit sıcaklıkta kontrol edebilirken, Walter da sadece tüm vücut sıcaklığının kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2010), bu çalışmada ıslak deri yüzeyine sıcaklık sensörleri eklemenin zorluklarını aşabilmek ve buharlaşma direncini daha kesin ölçmek için, termal manken TORE 'nin üzerine hassas bir deri modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada vücut üzerine tam oturan örme bir yapı kullanılarak kuru ve ısınmış Tore termal mankeninin terlemeyle ıslanması simüle edilmiştir. Varsayılan deri sıcaklığı temel alınarak uluslararası deri sıcaklığı amprik eşitliği geliştirilmiştir. Tel sıcaklık sensörleri çıplak mankenin yüzey sıcaklıklarını ölçmek için kullanılmıştır (Şekil 2.23) .



Şekil 2.23. Sıcaklık sensörü yerleşimi

Ho ve ark. (2011), bu çalışmada dolgunlaşma ve havalandırma deliklerinin termal direnç ve su buharı direnci açısından giysi konforuna etkileri araştırılmıştır. Dört farklı bedende tişört özel olarak eklenmiş dolgunlukla kesilmiş ve genişletilmiş dökümlü tişörtler elde edilmiştir. Kontrollü bir ortamda (sıcaklık, hava hızı ve bağıl nem) testler yapılmış ve bu testlerde Walter isimli termal manken kullanılmıştır. Testler rüzgârlı ve rüzgârsız havada asılı ve yürüyüş halinde olmak üzere dört farklı koşulda yapılmıştır. Testler sonunda eklenen dolgunluğun giysinin durgun ve rüzgârlı ortamda ısı direnç ve su buharı direnci özelliklerini düşürdüğü görülmüştür.

Ho ve ark. (2015), giysilerin doğal havalandırmasını arttırmanın önemli bir konu olduğunu, bunun için özel tasarımı giysiler klima panelleri giysinin belirli bölümlerinde

kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar giysi ve deri arasındaki hava boşluğunun doğal havalandırmayı arttırdığını belirtmişlerdir. Örneğin Moretti omuz bölgesinde spacer örgü kumaş kullanmanın hava boşluğu oluşturarak doğal havalandırmayı arttırdığını belirtmiştir. Bu çalışmada omuz bölgesinde geniş hava boşlukları olan tişört geliştirilmiştir. Isı ve nem transferi açısından etkilerini görmek için kontrollü çevre koşullarında hareket eden termal mankenle ölçümler yapılmıştır. Giyside gözenekli havalandırma kanalları kullanmanın rüzgârsız durumda ısı ve su buharı direncini düşürmede en iyi yöntem olmadığı, fakat giysi tasarımında bu yapıyı kullanmanın hayati önem taşıdığı, omuzlarda destek kullanmakla ve açıklık oluşturmakla birlikte su buharı geçirgenliğini etkilediği görülmüştür.

2.9. Termal Kamera ile Görüntü Analizi

Kızıl ötesi termografi ya da termal görüntüleme tıp, malzeme bilimi, biyoloji ve inşaat mühendisliği gibi birçok alanda araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Birçok araştırmacı termal görüntülemenin temas etmeden iki boyutlu sıcaklık ölçümüne izin vermesinin yanında; ısı transferi, termal özelliklerin ölçümü, tahribatsız test olmasından dolayı da tercih etmişlerdir. 1960' lı yıllarda keşfedilen kızıl ötesi görüntüleme tekniği bir kamera, veri toplayıcı ve veri analizi programından oluşur.

Termal kameralar kızıl ötesi görüntüleri ve ölçüm sistemlerini kullanarak, bir ortamda bulunan objeler tarafından emilen termal enerjiyi görüntüleme ve ölçmede kullanılır (Ferreira ve ark. 2008). Infrared enerji (IR) çıplak gözle görülemez çünkü dalga boyu görülebilir elektromanyetik spektrum dışındadır. Sıcaklığı 0 °C' nin üzerinde olan her cisim ısıyı emer. Örneğin derinin emdiği kızıl ötesi enerji miktarı arttıkça sıcaklığı yükselir. Termal kameralar 0,12 °C' lik küçük bir sıcaklık farkını bile ayırt edebildiğinden vücudun belirli bölgelerinin mutlak sıcaklığını veya vücudun özel bölgelerinin ortalama sıcaklığını bulmada kullanılır (Domina ve ark. 2011).

Termal kızıl ötesi görüntüleme sistemleri deri ve yüzey sıcaklıklarını ölçme ve görselleştirmeye olanak sağladığından özellikle konfeksiyon tasarımında etkili ve yenilikçi bir yöntemdir. Tasarım sürecinde bu tür verilerin kullanımı daha fazla verimlilik

ve potansiyel maliyet tasarrufu sağlar. Termal kameraların tekstil endüstrisinde kullanılabileceği alanlar Şekil 2.24' te verilmiştir.



Şekil 2.24. Termal görüntüleme sisteminin tekstilde kullanıldığı alanlar (Banerjee ve ark. 2013)

İnsan vücudu gri cisim olarak algılanır ve emissivite değeri siyah cisim (black body)'e yakındır ($0,989 \pm 0,01$). Ayrıca fazla ısının bir kısmını radyasyon yoluyla dışarı atar (Hardy 1949). Bu cisimler için Stefan Boltzman kanunu uygulanır. Emissivite, doğal vücut radyasyon değerinin etkinliğini siyah cisimle karşılaştırarak ölçer. Bu değer dalga boyuna bağlı olarak 0 ile 1 aralığında değişir.

$$W_b = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2.33)$$

Burada W_b radyasyon (W/m^2), ϵ Stefan Boltzman sabiti ($\sigma = 5,68 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$), T ise Kelvin cinsinden cismin yüzey sıcaklığıdır.

Merla ve ark. (2010), bu çalışmada yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme sistemi kullanılarak kademeli egzersiz sırasında profesyonel sporculardaki insan vücudunun anterior cilt sıcaklığı (T_c) değişimleri ölçülmüştür. Denekler düzenli olarak antreman yapan 15 erkek koşucu arasından gönüllülük esasına göre seçilmiştir. Denekler $24 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve %50 bağıl nemde belirli bir antreman programında koşu bandında egzersiz yapmışlardır. Deneklerden 4 metre uzağa konulan İnfrared kamera kullanılarak dakikada bir ölçüm alınmıştır.

Chudecka ve Lubkowska (2012), bu çalışmada profesyonel 12 atlet üç farklı antreman programında egzersiz yapmışlardır. Egzersiz %60 bağıl nem ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ' lik bir çevre

koşulunda gerçekleştirilmiştir. Böylece fizyolojik ve morfolojik farklılıkların deri sıcaklığına etkileri, termal kamera kullanılarak omuz ve kol bölgesi gibi seçilen vücut bölümlerinin sıcaklığındaki değişiklikler araştırılmıştır.

Ayres ve ark. (2013), bayan sporcuların giydiği polyester ve kompozit malzemeden yapılan üst giysilerin (breast) kısa süreli bir aktivite programında deri sıcaklığı ve termal konfora etkisini araştırdıkları çalışmada termal kamera görüntüleme yöntemi kullanmışlardır. Sonuç olarak polyester üst giysinin daha konforlu hissettirdiği ve sıcaklık değişimine olanak sağladığı görülmüştür.

2.10. Giysilerde Isı ve Nem Transferi Üzerine Yapılan Çalışmalar:

İnsan vücudu yüksek aktivite sırasında buharlaşma ve terlemeyle fazla ısıyı dış ortama atarak serinler. Giysilerin konfor özelliğine sahip olabilmesi için nemi hızlı bir şekilde kumaştan uzaklaştırıp dış yüzeye atılmasını sağlayacak ve soğuk iklim koşullarında nemin termal direnç değerinin düşmesini önleyecek kumaş yapısına sahip olması gerekir.

Vücut çevre sıcaklığının ve içerisinde bulunduğu aktivite seviyesinin artmasıyla açığa çıkan fazla enerjiyi elimine edebilmek için ter üretir. Vücut sıcaklığı 32 °C ve 42 °C sınırları içerisinde tutulmalıdır. Termal dengede kalabilmek için üretilen metabolik ısı, hissedilen ve hissedilmeyen terleme, ışıınım ve deri üzerindeki ısının dış çevreye atılmasıyla dengelenmelidir. Vücut sıcaklığının yaklaşık ¼' ü hissedilmeyen terlemeyle kaybedilmektedir.

Giysilerin nefes alabilirliği etkileyen en önemli özellik iç ve dış ortam koşullarında su buharı geçirgenliğine sahip olmalarıdır. Nefes alabilir kumaş yapısı terlemeyle fazla ısının giysi katmanları içerisinde dış ortama aktarılmasını sağlar. Giysi katmanlarından biri su geçirmez bir yapıya sahipse nem, giysi ve deri arasında tutulur bu kişinin ıslaklık hissetmesine ve vücut ısısının artmasına sebep olur.

Yoo ve ark. (2000), geliştirilen dikey deri terleme modeli ile giysi sisteminde; lif tipi, hava tabakası kalınlığı, giysi açıklıklarının terleme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada pamuklu ince, polyester ince ve pamuklu kanvas kumaşlar kullanılmıştır.

Giyside boyun, bilek ve kolevi olmak üzere % 0-10-20-40-60 açıklık seviyeleri oluşturulmuştur. Giysi sistemi içindeki mikroklimada meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek için tamponlama indeksi tanımlanmış ve sonuçta pamuğun tamponlama indeksinin polyesterden fazla olduğu bulunmuştur. Tamponlama indeksi mikroklimadaki değişikliklere bağlı olarak, giysinin nem transferi karşılaştırmada kullanılan bir terimdir. Giysi ve kumaş açıklıklarının nem transferine etkisine karar vermede kullanılır.

Parsons (2002), ev ve ofis ortamı simüle edilerek, soğuk ve sıcak ortama 3 saat maruz kalmanın erkek ve kadın deneklerin konforu üzerine etkileri araştırılmıştır. Benzer giysi ve aktivite düzeylerinde, nötr ve hafif sıcak ortamlarda bayan ve erkek denekler arasında çok az fark bulunmuştur. Soğuk ortamlar için ise bayanların erkeklerden daha soğuk hissettiği görülmüştür.

Jun ve ark. (2002), aktif spor giysiler konusunda yaptıkları çalışmada, polyester mikrolif kullanımı ile ısı konfor özelliklerinin iyileştiği kanıtlanmıştır. Ayrıca interlok örgünün su buharı geçirgenliğinin, yüzeyi pürüzlü pike örgünün ise ısı geçirgenliğinin daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Gavin (2003), dış ortam koşullarını dikkate aldığı çalışmasında yüksek çalışma oranlarının, hava akışının ve bağıl nemin, termoregülasyon üzerinde büyük etkisi olduğunu belirtmiştir.

Güneşoğlu (2005), çalışmada çeşitli zemin ve ilmek ipliği kombinasyonlarıyla dört farklı futter örme kumaş seçilmiştir. Kumaşlar Alambeta ve Permetest cihazlarında test edilerek kumaşların sıcak-soğuk hissi incelenmiş ve bu kumaşların dış ortam için kullanımı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; zemin ve ilmeği %100 pamuk kumaşın, maksimum termal emicilik değerine sahip olduğu ve bu nedenle dokunulduğunda serinlik hissi verdiği belirtilmiştir. Çalışmada PET lifinin varlığının ısı emme yeteneğini arttırdığı görülmüştür. Lif tipinin sıcak-soğuk hissini birinci dereceden etkileyen faktör olduğu vurgulanmıştır. Kumaşın terli vücut ile temasında teri emip hızlı bir şekilde buharlaştırmasının kullanıcıya rahatlık ve konfor hissi vereceği belirtilmiştir.

Ruckman (2005), iki kumaş alt katman, iki kumaş orta katman ve üç kumaş dış katman olmak üzere dış ortam giysilerinde kullanılan 7 kumaş tipi seçilmiş ve toplamda 12 farklı giysi sistemi oluşturulmuştur. Giysi sistemlerinin etkinliğini değerlendirmek için farklı kombinasyona sahip bu giysilerin su buharı geçirgenlikleri izotermal ve izotermal olmayan koşullarda ölçülmüştür.

Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2007), %100 pamuk ve %100 polyester ipliklerden yapılan süprem, ribana (1x1) ve interlok örgü kumaşların termal özelliklerini Alambeta ve Permetest cihazı kullanılarak ölçtükleri çalışmada, örgü yapısının su buharı geçirgenliğine etkisinin büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca süprem kumaşların düşük termal iletkenlik ve termal direnç değerleri ile yüksek su buharı geçirgenlik değerleri gösterdikleri görülmüştür. Ribana ve interlok örgü kumaşlar karşılaştırıldığında ise interlok örgü kumaşların ribana örgü kumaşlara göre termal iletkenlik özelliklerinin daha yüksek, su buharı geçirgenlik özelliklerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Kaplan ve Okur (2010), bu çalışmada durgun ve dinamik termal konfor koşullarında ölçüm yapabilecek dinamik terleyen sıcak plaka sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin daha önce geliştirilen sistemlerden farkı dizayn olarak taşınabilir parçalar içermesi ve dinamik su buharı direnci ve geçirgenliği ölçüm sistemi prensiplerinin farklı olmasındandır. Testler materyal ve yapı özellikleri termal konfor sağlayan bir grup kumaş üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Konopov ve ark. (2010), bu çalışmada spor giyimde kullanılan çift yüzlü örme yapılarının aerodinamik ve konfor özellikleri incelenmiştir. İç katman %100 yünden, dış katman ise %100 polyesterden yapılmıştır. Sonuç olarak örgü kumaşlarda aerodinamik ve konfor özelliklerinin performans giysilerinin geliştirilmesinde önemli faktörler olduğu ve sporcunun performansını etkilediği görülmüştür.

Das ve Kothari (2012), %100 pamuk süprem dokuma kumaşların su buharı transfer özelliklerini inceledikleri çalışmada çözümlü iplik numaralarını ve sıklıklarını değiştirmişlerdir. Su buharı geçirgenliği ölçümleri için Permetest cihazı, Kap metodu ve MVTR hücre metodu kullanılmıştır. Sonuç olarak %100 pamuk kumaşların su alınca

şişmeleri sonucu gözenekliliğin düşmesinden dolayı su buharı geçirgenliklerinin de düştüğü görülmüştür. Ayrıca daha ince atkı iplik numarasına sahip kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Gorjanc ve ark. (2012), pamuklu kumaşlarda atkı yönünde elastan iplik kullanımının ve yapısal özelliklerin (kumaş yoğunluğu, örgü tipi) termal ve su buharı direnci özelliklerine etkisini araştırılmıştır. Bu amaçla yazlık erkek tişörtlerinde kullanılan iki farklı sıklıkta ve örgüde üretilen bezayağı ve dimi örgü kumaşlar kullanılmıştır. Kap metodu ve Permetest cihazından elde edilen su buharı direnci verileri karşılaştırılmış ve güçlü bir korelasyon katsayısı bulunmuştur.

Manshahja ve Das (2014), vücuda basınç uygulayan atletik (streç) giysilerin konfor özellikleri üzerine çalışmışlardır. Core-spun elastan pamuk karışımı ipliklerden (elastan oranı, elastan çekim oranı ve iplik bükümü farklı) süprem örgü kumaşlarda dikkate alınan değişkenlerin fiziksel ve konfor özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Kumaş kalınlaştıkça ve ağırlaştıkça, elastan yüzdesi ve çekim oranı arttıkça termal direncin arttığı, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliğinin düştüğü, yüksek bükümlü ipliklerin kullanıldığı yapılarda daha iyi hava ve su buharı geçirgenliği, düşük termal direnç ve kılcallık sağladığı görülmüştür.

Taştan Özkan ve Meriç (2015), bisiklet sporcu giysilerinde kullanılan örme kumaşların termofizyolojik konfor özelliklerini inceledikleri çalışmada, polyester mikrolif ve filament ipliklerden yapılan farklı örgüdeki 6 kumaşın ısı ve nem konfor özellikleri Sweating Hot Plate, MMT ve Hava Geçirgenliği cihazları kullanılarak ölçülmüştür. Sonuç olarak yağmur desen olarak tanımlanan gözenekli örgü yapısının yazlık spor giysilerde ısı ve nem konforu açısından daha konforlu olduğu görülmüştür.

2.11. Subjektif Giyim Denemeleri ile ilgili Çalışmalar

Subjektif ölçüm insanların görüşlerinin değerlendirilmesine dayanan bir yöntemdir. Kullanıcının düşünce ve hislerini objektif olarak ölçecek fiziksel ekipmanların olmadığı durumlarda subjektif (öznel) algıları ölçmenin tek yolu psikolojik skalalar kullanmaktır.

Slater sübjektif ölçüm sonuçları ile ilgili problemlerin: a) ölçümlerin kişilerin güvenilirliğine bağılı olması b) sübjektif algıların değişkenliği nedeniyle tatmin edici bir sonuç elde edebilmek için çok sayıda ölçüm yapılması gerektiği c) sübjektif verilerin istatiksels analizlerinin zor olması d) psikolojik, fiziksel, sosyal ve çevresel faktörlerin kişilerin yanıtlarında tutarsızlıklara sebep olması olarak belirtmiştir. Buna rağmen insan davranışlarının değerlendirilmesinde bu teknikler 100 yıldan uzun süredir kullanılmaktadır (Slater 1986).

Hollies psikolojik skalalarda olması gereken altı temel özelliği:

- Genel olarak bilinen özelliklerin ölçülmesi
- Özellikleri tanımlayacak terimler kullanılması
- Özellik seviyesini belirleyecek ölçekler kullanılması
- Derecelendirme ölçeğini özellik ölçümüne uygulamak için bir değerlendirme panosu
- Uygun veri toplama
- Psikolojik skalalarla objektif ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması olarak belirtmiştir (Hollies 1984).

Bu konuda yapılan literatür çalışmaları:

Ha ve ark. (1999), %50 nem 27 °C sıcaklık ve 0,14 m/sn hava hızında dinlenme ve egzersiz durumunda giysi mikroklima ve sübjektif algıların iki farklı seviyede hava geçirgenliği ve nem emiliminin birlikte etkisi araştırılmıştır. Düşük nem emilimi ve hava geçirgenliğine sahip polyester giysi, düşük nem emilimi ve yüksek hava geçirgenliğine sahip polyester giysi ve yüksek nem emilimi ve yüksek hava geçirgenliğine sahip pamuk giysi olmak üzere üç farklı giysi tipinde inceleme yapılmıştır.

Ruckman ve Murray (1999), bu çalışmada dış ortam koşullarında kullanılan kışlık ceketlerin havalandırma sistemlerinin etkinliği araştırılmıştır. Biri PU kaplamalı diğeri teflon laminasyonlu iki ceket üretilmiş ve havalandırma etkinliğini görebilmek için ceketlerin koltuk altı ve kol bölümlerinden fermuar dikilmiştir. Deneyler 20±2°C sıcaklık

ve %65±5 bağıl nemde gerçekleştirilmiş ve 6 erkek denek giyim denemelerinde yer almıştır. Kurutma kağıtları göğüs ve üst sırt kısmında kullanılarak nem ölçümü yapılmıştır. Kurutma kağıdındaki ağırlık farkından terleme miktarı bulunmuştur. Ayrıca subjektif konfor algısı 4 noktalı, termal algı 9 noktalı ve nemlilik 4 noktalı skala kullanılarak ölçülmüştür. Her iki ceket tipinde de giysi üzerinde açıklıklar oluşturmanın deri sıcaklığını önemli ölçüde etkilediğini, daha hızlı soğuma etkisinin teflon ceketle daha belirgin olduğu görülmüştür. Deneyin başında alınan ölçüm sonuçlarında sırttaki deri sıcaklığının diğer bölümlerden daha yüksek olduğu, fakat göğüs bölümünün deri sıcaklığının testler boyunca sürekli daha fazla olduğu görülmüştür.

Gavin ve ark. (2001), deneylerde yarı çıplak, sentetik giysi ve pamuklu giysi olmak üzere üç farklı giysi durumu ve sekiz erkek denek kullanılmıştır. Yarı çıplak durumun; pamuk ve sentetik giysiyle karşılaştırıldığında egzersiz öncesi deri sıcaklığının daha düşük olduğu, egzersiz sırasında ve sonrasında ise ana deri sıcaklığı ve rektal sıcaklıkta bu üç giysi durumu arasında herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Ayrıca maksimum oksijen tüketimi ve genel konfor algısında da herhangi bir farklılık görülmemiştir. Sonuç olarak orta derecede sıcak çevre koşullarında ne giysi durumu ne de giysinin yapıldığı kumaş özelliklerinin fizyolojik, ısıl denge ve konfor algısına etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Wong ve Li (2004), yaptığı çalışmada vücuda oturan sıkı aerobik giysilerin fizyolojik, psikolojik, termal ve nem konforuna etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki hem psikolojik, hem de fizyolojik tepkiler; süre, giysi, vücut konumu ve bunlardan bazılarının etkileşiminden önemli ölçüde etkilenir. Bu çalışmada 29 ± 2 °C ve %65 bağıl nemde, deneklerin giyim denemelerinden önce 30 dakika dinlenmeleri istenmiş, böylece vücutlarının kuru ve serin olmaları sağlanmıştır. Daha sonra deneklerden rastgele seçtikleri aerobik giysilerini giymeleri istenmiş, 20 dakikalık koşu sırasında vücudun 6 farklı bölgesinden (göğüs, karın, iç uyluk, dış uyluk, sırt ve bel) ısı ve nem sensörleriyle veriler toplanmıştır.

Purvis ve Tunstall (2004), bu çalışmada amaç iki farklı çorap tipi kullanımının ayak deri sıcaklığına ve tüm vücut ısıl dengesi üzerine etkilerini araştırmaktır. Bu nedenle 16 denek biri standart koşu çorabı diğeri ergonomik asimetrik çorap olmak üzere iki farklı çorabı

koşu bandında 21 °C sıcaklık ve %50 bağıl nemde gerçekleştirilen 30 dakikalık antrenman programında kullanmışlardır. Sonuç olarak çorap tipi farklılığının egzersiz sırasında termal ve fizyolojik bir etkisi olmadığı, sübjektif algının objektif algıdan daha önemli olduğu durumlarda kişiyi daha serin hissettirdiği için ergonomik çorabın tercih edilebileceği belirtilmiştir.

Li (2005), bu çalışma farklı iklim koşulları altında giysilerin ısı ve nem algılarının psikofiziksel mekanizmalarını araştırmayı amaçlamaktadır. Isı ve nem algılarının fizyolojik değerlendirilmesi için giyim denemeleri yapılmıştır ve orta şiddette yağmur koşulları simüle edilerek deri yüzeyinin anlık sıcaklık ve nem değerleri ölçülmüştür. Deneylede yün ve akrilik lifinden oluşan kazaklar giyilmiştir. Analizler ısı ve nemin fizyolojik algısı ve objektif olarak ölçülen deri ve kumaş sıcaklıkları ile giysinin mikroklima ortamının bağıl nemi arasındaki ilişkiyi açığa çıkarmak için yapılmıştır.

Yoo ve Barker (2005), bu çalışmada bir dizi ısıya dayanıklı iş giysisinin kontrollü ortamda giyim denemeleri yapılarak konfor özellikleri araştırılmıştır. Sonuçlar geçirgenliğe sahip tek katmanlı dokuma kumaşlarda hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve termal direncin insan termal konforunun belirleyici faktörleri olmadığını göstermiştir. Dokusal konfor için belirleyici faktörlerin yumuşaklık, sertlik, yapışkanlık gibi dokusal tepkiler olduğu, sıvı nem yönetimi özelliklerinin giyim konforu üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür.

Bringard ve ark. (2006), bu çalışmada basınçlı taytın (kompresyon giysisinin) klasik giysilere oranla, submaksimal bir egzersiz bir programında oksijen tüketimi ve sübjektif konfor değerlendirmelerine etkisi araştırılmıştır. Deneklerden iki farklı deney koşulunu genel konfor algısı, terleme ve ısı konfor açısından puanlamaları istenmiştir. Sonuç olarak koşu egzersizi sırasında basınçlı taytlar kullanımının dolaşımı etkilediği, belirli bir submaksimal egzersiz hızında kas salınımını azaltarak daha düşük bir enerji tüketimine sebep olduğu görülmüştür. Bunun yanında her iki durumda da ısı konfor, terleme ve genel konfor algısı arasında belirgin bir farklılık görülmemiştir.

Wang ve ark. (2008), bu çalışmada nem yönetimi özelliğine sahip bir giysi (B) ve akıllı giysi (C) olmak üzere iki farklı test giysisi kullanılmıştır. Her bir test giysisi iç çamaşır, gömlek, palto ve ceket olmak üzere 4 katmandan oluşmaktadır. Testler -15 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiş ve on bir sağlıklı erkek denekten 30 dakika taburede oturduktan sonra 6,4 km/sa hızla koşu bandında koşmaları ve bunun sonrasında 30 dakika daha taburede dinlenmeleri istenmiştir. Deneyler sırasında nabız sürekli olarak kontrol edilmiş, kan basıncı 10 dakikada bir ölçülmüştür. Ek olarak kulak kanalından, sol göğüs, sol ön kol, sol uyluk ve sol baldırdan 2 dk' da bir sıcaklık ölçümü alınmıştır. Giysi sisteminin bağıl nemini ölçmek için nem sensörleri kullanılmıştır. Sonuç olarak PCM (faz değıştiren materyal) kullanımının giysi sisteminin sıcaklığını dengelemede etkisi olduğunu ve iç katmanların sıcaklık ve nemini düzenlediği görülmüştür. Ayrıca kulak kanalının ısısının C giysisinde daha yüksek olduğu, PCM kullanımının su buharı direncini düşürdüğü görülmüştür.

Reinertsen ve ark. (2008), bu çalışmada biri ameliyat sırasında, diğeri ılık bir ortamda olmak üzere iki farklı çalışma koşulunda iki farklı faz değıştiren malzeme kullanılarak oluşturulan koruyucu giysilerin giyim denemeleri yapılmıştır. Deneyler sırasında metabolik oran, nabız, on üç noktadan deri sıcaklığı ve vücut ağırlığı değışimi ölçülmüştür. Ayrıca termal algı, termal konfor, giysi ve deri ıslaklığı sübjektif skalalar yardımıyla ölçülmüştür. Sonuçta PCM miktarı ve dağılımına bağılı olarak termal stresin düşerek termal konforun iyileştiği ve bunun sonucunda da ter üretiminin düşerek nemin giysinin dış tabakalarına yeterli transferinin gerçekleştiği görülmüştür.

Wu ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada farklı kumaş tiplerinin egzersiz sırasında maksimum ısı ve nem konforunu belirlemede yeni bir metot geliştirmişlerdir. 10 çeşit higroskopik liften (örneğin pamuk, yün, lyocell, modal, soya, bambu ve bunların karışımlarından) yapılan 10 tişört standart atmosfer koşulları altında giyim denemeleri yapılarak ısı ve nem konforu özellikleri belirlenmiştir. Deney sonuçları ısı ve nem konforu özelliklerinin lif tipine bağılı olarak egzersiz sırasında ısı ve nem transferini etkilediğini göstermiştir.

Xianghui ve Jun (2010), yaptıkları çalışmada giysi açıklıklarının egzersiz sırasında termal dengeye etkileri araştırılmıştır. Çalışmada %100 pamuktan farklı örgü yapılarında 7 kısa kollu tişört tasarlanmış ve 6 gönüllüye koşu bandında bir egzersiz protokolü uygulanmıştır. Egzersiz esnasında deneklerin kulak zarı sıcaklığı (timpanik) Tty, ortalama cilt sıcaklığı (TSK), giysi mikroklima sıcaklığı, oksijen alımı (VO₂), solunum değişim oranı (RER), kalp ritmi (HR) ve algılanan konfor değeri kaydedilmiştir. Sonuçta meşli (ağ tabakalı) giysilerin ısı ve nem transferini etkilediği, ayrıca meş'in tişörtte uygun pozisyonlarda kullanımının konforda önemli bir faktör olduğu görülmüştür.

Brazaitis ve ark. (2010), bu çalışmada sıcak ve nemli bir ortamda yoğun aktivite sonrası ve sonrasında farklı kumaşlardan yapılmış tişörtlerin deneklerin fizyolojik ve psikolojik tepkilerine etkileri incelenmektedir. Sekiz sağlıklı erkek denek giyim denemeleri sırasında polyester ve pamuk olmak üzere iki farklı uzun kollu tişört numunesini giymişlerdir. Deneyler 25 °C sıcaklık ve % 60 bağıl nemli bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Rektal sıcaklık, 8 noktadan deri sıcaklığı, nabız, tişörtün ağırlığı, termal, ıslaklık ve titreme/terleme algısı deneylerden önce, her egzersiz bölümünden sonraki 5 dk' lık dinlenme ve testten sonraki 1 saatlik dinlenme süresince ölçülmüştür. Sonuç olarak PES tişört giyildiği durumda terlemenin daha fazla olduğu fakat ter birikiminin fazla olmadığı, aynı zamanda iki farklı tişört içinde yüksek aktivite sırasında termofizyolojik ve sübjektif algıların benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca PES tişört giyildiği durumda deri sıcaklığının egzersiz öncesi duruma daha çabuk döndüğü, termal ve titreme/terleme algısının daha düşük olduğu görülmüştür.

Celcar (2013), sıcak ortam koşulları altında faz değiştiren materyallerin erkek iş giysilerinde termofizyolojik konfor üzerine etkileri araştırılmıştır. Farklı fiziksel aktivite ve ortam koşulları altında ölçüm yapılmış, ayrıca bir anket yardımıyla test öncesi, test sonrası ve sonrasında sübjektif konfor izlenimlerini elde edilmiştir. 5 farklı erkek iş giysisi ve üç katmanlı giysi yapısı (kısa alt giysi, uzun kollu erkek tişörtü ve astarlı erkek giysisi) bu araştırma için kullanılmıştır. Yaşları 22-23 arasında değişen 5 denek giyim denemelerinde yer almıştır. Deneyler yapay olarak oluşturulan iklim koşulları altında 0,2 m/sn hava hızında, 25 °C -10 °C arasında değişen dört farklı ortam sıcaklığında ve %50 bağıl nemde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sıcak ortam koşullarında kullanılan faz

değiştiren materyallerin (PCM) termofizyolojik konforu çok fazla etkilemediğini (15 °C sıcaklık hariç), burada giysi sistemiyle birlikte PCM' nin küçük bir ısıtma etkisi yaptığını belirtmişlerdir.

Fernandes ve ark. (2014), vücut üzerinde deri sıcaklıklarının ölçümünde kullanılan sensör ve infrared termal görüntü (IRT) sistemleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak iki ölçüm arasında zayıf bir korelasyon olduğu görülmüştür.

Stanton ve ark. (2014), iç katmanın yünden yapıldığı uzun kollu örgü tişörtün konforunu farklı aktivite düzeyi ve klima ortamlarında inceledikleri çalışmada, bayan deneklerin dokunsal, termal ve nem konforunu tanımlamaları ve değerlendirmeleri istenmiştir. Lif tipinde ve içeriğinde farklılaşma oldukça tanımlamaların da değıştiği görülmüştür.

Naylor ve ark. (2014), farklı kumaş yapılarından elde edilen giysilerin kaşındırıcı etkisi incelenmiştir. Yaşları 25-35 arasında değışen 43 kişiden oluşan deneyimsiz bir gruba farklı klima şartlarında ön kol testleri uygulanmıştır. Her periyotta belirli egzersizler yaptırılmış ve son olarak deneklerin soğuk ortamda otururken giysi hakkında değerlendirmeleri alınmıştır.

Sousa ve ark. (2014), bu çalışmada kısa kollu klasik kesim %100 pamuk ve piyasadan temin edilen vücuda oturan %81 Pes ve %19 elastan içeren iki farklı tişörtün giyim denemeleri yapılmıştır. Sentetik tişört özel bir tasarıma sahip olup üreticisi tarafından nem emiciliğinin ve meşli sırt yapısı nedeniyle hava geçirgenliğinin fazla olduğu ileri sürülmektedir. Bu çalışmanın dikkat çeken yönü son 15 dk' lık egzersiz sırasında sentetik tişört giyildiği durumda rektal sıcaklığın daha düşük olmasıdır. Pamuklu tişörtün ise sentetiğe göre daha fazla miktarda teri tuttuğunu, bunun pamuğun yüksek emilim özelliği ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca sentetik polyester tişörtün üstün buharlaşma ve düşük nem biriktirme özelliklerine sahip olduğu görülmüştür.

McGregor ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada giyim ve ön kol denemeleriyle WCM(Yün Konformetresi) ve WHM (Yün Tutum Metre) kullanılarak 33 adet örgü kumaş test

edilmiştir. Giyim denemesi protokolü tanımlanmış; standart ölçülerdeki ve bilinen konstrüksiyonlardaki tişörtler belirli ortam koşullarında değerlendirilmiştir. Denekler giysiyle ilgili hislerini 1’den 9 ‘a kadar olan bir skala ile değerlendirmişlerdir.

2.12.Termal Mankenlerle İlgili Çalışmalar

Holmer ve ark. (2001), termal manken Tore kullanılarak iki ve üç katmanlı clo değeri 1,49 ile 3,46 arasında değişen 10 adet giysi kombinasyonunun farklı hava hızındaki ortamlarda testleri yapılmıştır. Sonuç olarak rüzgâr, yürüyüş ve hava geçirgenliğinin bir fonksiyonu olarak, 2 ve 3 katmanlı giysi yapılarındaki termal direnç değerini tahmin etmede kullanılan bir denklem türetilmiştir.

Chen ve ark. (2004), terleyen termal manken kullanılarak giysi bedeninin termal direnç ve su buharı direncine etkileri araştırılmıştır. Üç tip ceket (poplin dokuma, denim dokuma ve örgü) üç farklı bedende üretilmiş ve rüzgârlı ve rüzgârsız ortamda test edilmiştir. Sonuçlar rüzgârsız durumda termal direncin hava boşluğu arttıkça arttığını göstermiştir. Hava boşluğu kalınlığı 1 cm’ yi geçtiğinde termal direnç hızlı bir şekilde düştüğünü ve bunun nedenin hava boşluğunun doğal konveksiyona neden olması olduğunu belirtmişlerdir.

Meinander ve ark.(2004), 0 ile -50 °C arasında kullanılan 4 farklı soğuk iklim koşulu giysisini, termal manken ve giyim denemeleriyle test etmişlerdir. Toplanan ter miktarı az olduğu durumda manken ve giyim denemesi testleri arasında uyum görülmüştür. Ayrıca manken testlerinin daha kolay tekrarlanabilir olduğu fakat giyim denemelerinde kişisel faktörlerin (ör: fazla terlemenin) özellikle düşük sıcaklıklarda testi çok etkilediği görülmüştür.

Fan ve Tsang (2008), spor aktiviteleri sırasında giyilen giysilerin termal özelliklerini inceledikleri çalışmada, Walter adlı termal manken kullanmışlardır. Bu çalışma için 5 tip ticari erkek spor giysisi seçilmiştir. Çalışmada nefes alabilen ve almayan polyester ve naylondan oluşan uzun kollu bir tracksuit ve uzun pantolondan oluşan giysi takımı

kullanılmıştır. Sonuç olarak aktif spor sırasında termal konfor hissinin su buharı direnci ve nem birikimine bağlı olduğu görülmüştür.

Ho ve ark. (2008), farklı açıklık ve meş stillerine sahip 10 farklı tişörtün ısı direnci ve su buharı direnci ölçümleri Walter isimli termal manken kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak meşli yapının göğüs ve sırt kısmında kullanılmasının meşin vücuda yapışarak havalandırma kanallarını bloke ettiği böylece pompalama etkisinin ayarlanmasında yardımcı olmadığı belirtilmiştir. Meşli yapının koltuk altı bölgelerinde kullanmanın hareketli durumda vücuttaki fazla ısının dışarı atılmasında yardımcı olduğu belirtilmiştir. Toplam performans açısından ise giysinin yan dikişleri boyunca dikey yönde açıklık oluşturulmasının termal konfor açısından daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Ho ve ark. (2011), bu çalışma dolgunlaşma ve havalandırma deliklerinin termal direnci ve su buharı direnci açısından giysi konforuna etkileri araştırılmıştır. Dört farklı bedende tişört özel olarak eklenmiş dolgunlukla kesilmiş ve genişletilmiş dökümlü tişörtler elde edilmiştir. Kontrollü bir ortamda (sıcaklık, hava hızı ve bağıl nem) testler yapılmış ve bu testlerde Walter isimli termal manken kullanılmıştır. Testler rüzgârlı ve rüzgârsız havada asılı ve yürüyüş halinde olmak üzere dört farklı koşulda yapılmıştır. Testler sonunda eklenen dolgunluğun giysinin durgun ve rüzgârlı ortamda ısı ve su buharı direnci özelliklerini düşürdüğü görülmüştür.

Watson ve ark. (2013), sıfırın altındaki sıcaklıklarda kullanılan çok katmanlı giysi sistemlerini Termal Manken kullanarak modellemişlerdir. Deneylerin fizyolojik sonuçlarının giysilere bağlı olduğu ve performans özelliklerinin insanın fizyolojik konforu ile ilgili olduğu görülmüştür.

Wardingsih ve ark. (2014), kalçayı saran koruyucu bir giysinin, kuru ısı direnci, buharlaştırıcı direnci ve geçirgenlik indeksi gibi termofizyolojik konfor özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada koruyucu giysinin objektif termal özellikleri Termal Manken kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.13. Spor Giysiler ve Malzeme Özellikleri

Günümüzde aktif spor giysilerde kullanılan kumaş yapılarından beklentiler farklı fonksiyonları yerine getirmek ve aynı zamanda kullanıcıya konfor sağlamaktır. Spor giysilerin üretiminde tekstil teknolojisinde meydana gelen yenilikçi yaklaşımlarında kullanılmasıyla atletlerin ve spor yapan insanların beklentileri karşılanmaktadır. Spor giysilerde kullanılan lif ve kumaş yapılarının seçimi performans, verimlilik, koruma ve fiziksel konforu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Spor giysilerin performans gereklilikleri kullanılacağı alana göre değişir. Yağmur, kar ve soğuğa karşı bariyer sağlamanın yanında; dökümlülük, konfor, beden uyumu ve hareket kolaylığı sağlamaları da gerekir. Spor giysilerde olması gereken özellikler:

- Konfor, kullanım kolaylığı
- Hafiflik
- Filament ipliklerden yapılan kumaşların kılcallık özellikleri yüksek olduğundan teri hızlı bir şekilde uzaklaştırarak vücudu kuru tutar.
- Spor giysilerin ter haslığı özelliği yüksek olmalıdır.
- Spor giysilerin ısı iletkenlik özellikleri soğuk havalarda kişiyi sıcak, sıcak havalarda serin hissettirmelidir.
- Spor giysilerin nefes alabilirlik özelliğine sahip olmaları, nem yönetimi özelliklerinin yüksek olması ve kolay kuruma özelliklerine sahip olmaları gerekir.
- Spor giysilerin hafif olması vücudun şeklini alabilmesi ve kullanıcıya hareket kolaylığı sağlaması gerekir.
- Özellikle atletlerin kullandığı durumlarda kişisel hijyen'i sağlayacak şekilde antibakteriyel özelliğe sahip olmalıdır.

Spor Giysilerden Beklenen Özellikler

Fonksiyonel Özellikler:

Hafiflik, düşük akışkan direnci, yüksek tenasite, streç özellikleridir. Kritik özellikler termal koruma, UV direnci, serinletme kapasitesi, ter emilimi, hızlı kuruma, su buharı geçirgenliği ve su iticiliktir.

Estetik Özellikler:

Yumuşaklık, yüzey yapısı, tuşe, parlaklık, renklilik, saydamlık ve konfor gibi özelliklerdir.

Koruma:

Rüzgâr, yağmur ve olumsuz hava koşullarına karşı koruma

İzolasyon:

-40 °C 'ye kadar soğuk iklim koşullarına karşı koruma sağlama

Su Buharı Geçirgenliği:

Su buharının giysi katmaları içerisinde geçişine izin verecek şekilde gözenekli bir yapıya sahip olması gerekir.

Streç:

Giysinin vücuda oturması, hareket serbestliğine izin vermesi ve eski şeklini alması gerekir.

Spor Giyimde Kullanılan Lif Yapıları

Polyester: Polyesterin boyutsal satabilite özelliğinin çok yüksek olmasının yanında kir, alkali, yaşlanma, küf ve birçok organik çözücüye karşı dayanımı yüksektir. Mükemmel ısı dayanım ve ısı kararlılık özelliğine sahiptir. Ayrıca polyesterin aktif spor giyimde temel malzeme olarak kullanılma nedenleri düşük nem emilim, kullanım kolaylığı ve fiyatının ucuz olmasıdır. Polyester temelde hidrofobik bir malzemedir ve nemi emmez bu nedenle polyestere özel işlemler yapılarak nem emilim özelliği kazandırılır.

Polipropilen: Polipropilen lifi de teri emmez. Fakat polipropilen lifinin en önemli avantajı ıslak durumda bile izolasyon özelliğini kaybetmemesidir. Polipropilen nem

yönetimi özellikleri ve soğuk havalarda sıcak, sıcak havalarda serin hissettirme özelliklerinden dolayı tercih edilirler.

Naylon: naylon lifi hafiflik, yüksek mukavemet, yumuşaklık ve yüksek dayanım özelliklerine sahiptir. Naylon lifine PU kaplanarak spor giyimde kullanım alanı arttırılır. Naylonun nem tutma özelliği polyesterden daha fazladır bu nedenle kılcal ıslanma özelliği daha iyidir. Daha çok dış ortam koşullarında yapılan spor giysilerde düşük hava geçirgenliği özellikleri nedeniyle ıslığı izole ettiği için kullanılır.

Pamuk: Yumuşaklık ve konfor özelliğine sahiptir. Fakat katmalı giysilerde deriye temas eden katman olarak kullanımı düşüktür. Çünkü nem emilimi yüksek olmasının yanında nem tutma özelliği de yüksek olduğundan kişiyi konforsuz hissettirir.

Viskon: Viskon spor giyimde deriye yakın katmanda kullanılmaz çünkü nem tutma özelliğine sahiptir. Hatta pamuğun 2-3 katı daha fazla nem tutma özelliğine sahip olduğundan hidrofobik liflerle karıştırılıp kullanılması daha uygundur.

Hygra 20: Unitika şirketi tarafından üretilen bu lif su emilim özelliğine sahip polimer ve naylonun birleşiminden oluşur. Su emilim özelliğine sahip polimer kendi ağırlığının 35 katına kadar suyu ağısı yapısı sayesinde emer. Ayrıca ıslak koşullarda bile mükemmel antistatik özelliğe sahiptir. Daha çok atletizm, kayak ve golf giysilerinde kullanımı mevcuttur.

Lycra25: En az %85 Poliüretan içeren uzun polimer zincire sahip sentetik bir lifdir. Yüzücü giysilerinde aktif spor giyimde ve jimnastikçi giysilerinde konfor vücuda oturma özellikleri nedeniyle tercih edilir. Likra lifinin eklendiği kumaş yapıları mükemmel bir esneme ve geri dönme özelliğine sahiptir.

Dacron: Kılcallık, kuruma özellikleri, su emilimi ve transfer özelliği yüksek bir lif yapısıdır. Dört kanallı polyester yapısından oluşur.

Tencel: Lyocell lifinin genel adıdır. Bu lif yapısı sentetik liflerle karşılaştırıldığında mükemmel nem yönetimi özelliğine sahip olduğundan özellikle spor giyimde kullanımı fazladır.

Bamboo: Mükemmel ıslak geçirgenlik, su buharı geçirgenliği, yumuşak tutum, dökümlülük özelliğine sahiptir. Ayrıca antibakteriyellik özelliği yüksek olduğundan iç giyim ve çoraplarda kullanımı fazladır.



3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle farklı iplik ve örgüye sahip örme kumaş yapılarından üretilen iki grup kumaşın; termal iletkenlik, termal soğurganlık, termal direnç, su buharı direnci, nem yönetim özellikleri ve hava geçirgenliği özellikleri incelenmiştir. Daha sonra bu kumaş gruplarından seçilen konforlu kumaş yapılarından aynı kesim ve model özelliklerine sahip tişörtler ürettirilmiştir. Üretilen tişört numuneleri Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden seçilen bir denek grubuna giydirilip giyim denemeleri yapılmıştır. Giyim denemeleri için kullanılan antreman programı Uludağ Üniversitesi Spor Hekimliği Bölümünün katkılarıyla belirlenmiştir.

3.1.Materyal

Bu çalışmada özellikle iç ortam koşullarında spor yapan kişilerin aerobik performans sırasında giydikleri spor giysilerin konfor özelliklerinin araştırılması amacıyla objektif kumaş ölçümleri ve subjektif giyim denemeleri yapılmıştır. Giyim denemelerinde kullanılan kumaş yapıları konfor testlerinden elde edilen sonuçlara göre belirlenmiştir. Bunun için öncelikle iki farklı kumaş grubunda kumaşlar ürettirilmiş ve bu numunelerden seçilen kumaş yapılarından tişörtler diktirilmiştir. Üretilen kumaş özellikleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 'de verilmiştir. Ayrıca yağmur desen ve meş kumaşların örgü diagramı Ek-4' te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşlar ve özellikleri

<u>Kumas Kodu</u>	<u>Örgü</u>	<u>İplik Bilgileri</u>	<u>Çubuk-sıra(cm)</u>	<u>Kalınlık</u>	<u>Gramaj (g/m²)</u>	<u>Yoğunluk (g/cm³)</u>	<u>Gözeneklilik (%)</u>
Tip 1	Süprem	30/1 Pamuk	15-19	0,57	140	0,24	90
Tip 2	Süprem	30/1 Ring Kesik Elyaf Polyester	15-22	0,52	160	0,30	96
Tip 3	Süprem	30/1 Ring Pamuk/Polyester (%52/48)	16-22	0,61	169	0,27	89
Tip 4	Süprem	75/72 Tekstüre Polyester-(% 88.3) + 22 dtex Elastan(% 11.7)	16-29	0,42	122	0,29	96,5
Tip 5	Süprem	75/72 Tekstüre Nem Yönetimi Özellikli Polyester-(% 85.9) + 22 dtex Elastan(% 14.1)	16-30	0,432	113	0,26	92
Tip 6	Yağmur desen	75/36 Tekstüre Polyester	13-37	0,73	143	0,19	94,7
Tip 7	Yağmur Desen	75/96 Tekstüre Polyester	14-36	0,56	121	0,21	92,9
Tip 8	Yağmur Desen	75/72 Nem Yönetimi Özellikli Polyester	15-35	0,6	113	0,18	93
Tip 9	Süprem	150/48 Tekstüre Polyester	15-26	0,58	171	0,29	90,2
Tip 10	Süprem	150/288 Tekstüre Polyester	15-23	0,438	146	0,33	93
Tip 11	Süprem	75/72 x 2 Nem Yönetimi Özellikli Polyester	15-26	0,51	154	0,30	88,9

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşlar ve özellikleri

<u>Kumaş Kodu</u>	<u>Örgü</u>	<u>İplik Bilgileri</u>	<u>Cubuk-sıra(cm)</u>	<u>Kalınlık (mm)</u>	<u>Gramaj (g/m²)</u>	<u>Yoğunluk (g/cm³)</u>	<u>Gözeneklilik (%)</u>
PS	Süprem	30/1 Pamuk- % 100	14-21	0,69	146	0,21	92,3
PPS	Süprem	30/1 Pamuk /Polyester- % 50/50	15-19	0,66	141	0,21	92,7
POS1	Süprem	100/108 D Tekstüre Polyester- % 91 + 20 D Elastan-% 9	16,5-26	0,52	146	0,28	91,4
PM	Meş	220/360 D Tekstüre Polyester % 98 + 20 D Parlak Polyester- % 2	13-17	0,72	153	0,21	93
TS	Süprem	30/1 Tencel®-% 100	14-19,5	0,62	144	0,23	92,8
MS	Süprem	80/2 Siro Modal- % 94.5 + 20 D Elastan-% 5.5	16-25	0,64	170	0,26	91,4
POS2	Süprem	100/96 D Tekstüre Polyester-% 92.5 + 20 D Elastan-% 7.5	16-28	0,58	152	0,26	91,2

3.2.Yöntem

3.2.1.Kumaş Formunda Yapılan Ölçümler

Hava Geçirgenliği Ölçümü

Hava geçirgenliği; havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme kabiliyetini ifade eden, vücuttan geçen havanın tutulması ya da dışarı iletilmesi ile ilgili bir kullanım özelliğidir. Kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenen bir özellik olarak hava geçirgenliği, ısı iletkenliği ile de paralellik sergilemektedir. Hava geçirgenliği iyi olan kumaşlar, vücutta hava sirkülasyonunu sağlarken hava geçirgenliği düşük olan kumaşlar hava sirkülasyonunu keserek ısı kaybını önlemektedir ve bu durum liftten kumaşa birçok özellikten etkilenebilmektedir.

Numunelerin hava geçirgenliği değerleri, SDL Atlas Hava Geçirgenliği cihazında (Şekil 3.1) 20 cm²' lik kumaş yüzeyinden, 100 Pa basınç farkı ile, 1 saniyede (s) geçen hava miktarının dm³ olarak belirlenmesi suretiyle yapılmış olup sonuçlar dm³/sn olarak ifade edilmiştir. Hava geçirgenliği testleri EN ISO 9237 Uluslararası standarda göre ölçülmüştür. Kumaşların on farklı bölgesinde bu test tekrarlanarak ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.1. Hava Geçirgenlik Test Cihazı (SDL Atlas Hava Geçirgenliği Cihaz Kataloğu)

Alambeta Cihazı Ölçümleri

Kumaşların ısı özelliklerini ölçmek için Hes tarafından geliştirilen yarı otomatik Alambeta cihazı kullanılmıştır. Alambeta cihazından ısı soğırıklık, ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı difüzyon, kalınlık gibi veriler elde edilir. Alambeta cihazında gerçek kullanım şartları simüle edilmiş ve bu nedenle cihazın kafa sıcaklığı, cilt sıcaklığı olan 32 °C, kumaş sıcaklığı ise oda sıcaklığı olarak kabul edilen 22 °C olarak alınmıştır (Hes 2000).

Isıl iletkenlik, bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Isıl iletkenlik;

$$\lambda = q.h / \Delta T \text{ (W/m.K)} \quad (3.1)$$

formülü ile gösterilir.

Isıl direnç, materyalin ısı akışına dayanımıdır (m².K/W). Bir malzemenin ne kadar iyi izolasyon sağladığının ölçüsü olan bu parametre, malzeme kalınlığı ile doğru, ısı iletkenlik değeriyle ters orantılı olarak Eşitlik 3.2' de ifade edilmektedir (Frydrych ve ark. 2002).

$$R=h/ \lambda \text{ (m}^2\text{.K/W)} \quad (3.2)$$

Burada h: kumaş kalınlığı (m) λ : ısı iletkenlik (W/m.K)'dir.

Eşitlikten de görüldüğü gibi bir materyalin ısı iletkenliği ne kadar düşük ve kalınlığı ne kadar yüksek ise ısı direnci de o ölçüde yüksek olmaktadır. Kumaş içerisindeki liflerin ısı iletkenlikleri düşük seviyededir, ayrıca kumaş gözeneklerinde bulunan havanın da ısı iletkenliğinin çok düşük olması, kumaşın ısı direncinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Ancak ıslanma durumunda gözeneklerde bulunan hava ile suyun yer değiştirmesi kumaşın ısı direncini önemli ölçüde düşürmektedir.

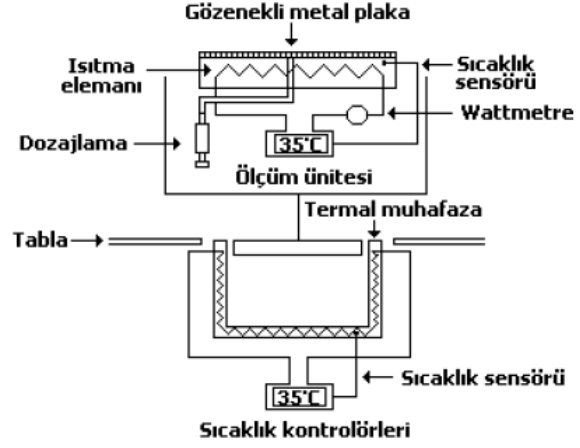
Isıl soğurganlık, farklı sıcaklıktaki iki yüzey birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır. Eğer ısı soğurganlık değeri düşük ise kumaş ilk temas anında sıcak his; yüksek ise soğuk his verecektir. Temas noktası az olan daha pürüzlü (tüylü) yüzeylerde iki yüzey arasında ısı iletimi az olmaktadır. Bu da materyalden ısı akışını azaltarak ısı soğurganlık değerini düşürmekte ve ürün daha sıcak bir his vermektedir. Özellikle soğuk günlerde giysinin ilk giyim anında kişiye konfor hissi sağlayan bu parametre, Eşitlik 3.3’ te gösterildiği gibi malzemenin ısı iletkenlik, yoğunluk ve özgül ısı değerleriyle doğru orantılı olarak değişmektedir (Hes 1999).

$$b = (\lambda \rho c)^{1/2} (W s^{1/2}/m^2.K) \quad (3.3)$$

Burada, λ = ısı iletkenlik (W/m.K), ρ = yoğunluk (kg.m⁻³), c = özgül ısı (J/ kg.K)’ dir. Bu parametre soğuk - sıcak hissetme açısından kumaş karakterini belirler. İnsanlar deri yüzey sıcaklığından farklı bir giysiye dokunduğunda giysi ve insan vücudu arasında bir ısı akışı meydana gelir. Isıl soğurganlık değeri düşük malzemeler daha sıcak hissettirirler. Özellikle yazlık giysilerde serin his tercih edilirken kışlık giysilerde sıcak his tercih edilir (Pac ve ark. 2001).

Terleyen Sıcak Plaka (sweating hot plate) Ölçümleri

Terleyen sıcak plaka test cihazı kumaşların ısı ve su buharı geçirgenliği özelliklerini ölçmede kullanılır. Şekil 3.2 ‘de Terleyen Sıcak Plaka ölçüm cihazı ve parçaları verilmiştir. Plaka yüzey sıcaklığı 35 °C ‘de tutularak kumaşın gösterdiği termal direnç ve su buharı geçirgenlik değerleri ölçülür. Bu aparat, su buharı direncini EN 31092 ve ISO 11092 standardına göre ölçmektedir ve terlemeyi simüle etmek amacıyla ısıtılmış sıcak bir plaka kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. SDL ATLAS M259B Terleyen sıcak plaka sistemi ve cihazın parçaları

Deney için 30x30 cm boyutlarında kumaş numuneleri kullanılmıştır. Ölçümlerde cihaz parametreleri; su buharı geçirgenliği ölçümleri için ölçüm ünitesinin sıcaklığı 35 °C, hava sıcaklığı 35 °C, %40 bağıl nem değerlerine ayarlanmıştır. Isıl direnç ölçümü için test cihazı 20 °C ve %65 bağıl nem değerlerine ayarlanır. Isıl direnç ölçümleri için deney parçasından geçen ısı akışının kararlı duruma geçmesi beklenir. Deney çalışma prensibini kısaca özetleyecek olursak alt plaka ısısının deri sıcaklık değerine, üst plaka ısısının ise hava sıcaklığına eşitlenmesi şeklinde açıklanabilir.

Cihazdan elde edilen veriler; su buharı direnci (R_{et}), ısıl direnç (R_{ct}) miktarıdır. Su buharı transferinin toplam ısı direnci Eşitlik 3.4. kullanılarak hesaplanmaktadır (Uğur ve Sivri 2008).

$$R_{et} = (P_s - P_a)A/H \quad (3.4)$$

R_{et} : Kumaş sistemi ve hava tabakası tarafından sağlanan buhar ısı transferinin toplam ısı direnci ($m^2 Pa W^{-1}$)

A: Plaka test bölgesi alanı (m^2)

P_s : Plaka yüzeyindeki su buharı basıncı (Pa)

P_a : Havadaki su buharı basıncı (Pa)

H: Güç girdisi (W)

Bağıl su buharı geçirgenliğini tespit edebilmek için, ilk önce numune olmadan bir ölçüm yapılır ve bu durumdaki ısı akış değeri (q_0) bulunur. Daha sonra numune ile ölçüm yapılarak ısı kaybı miktarı (q_s) bulunur. Bu durumda bağıl su buharı geçirgenliği Eşitlik 3.5' teki gibi hesaplanır:

$$\% p = (q_s/q_0) \times 100 \quad (3.5)$$

formülüyle hesaplanır. Burada:

p: Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%)

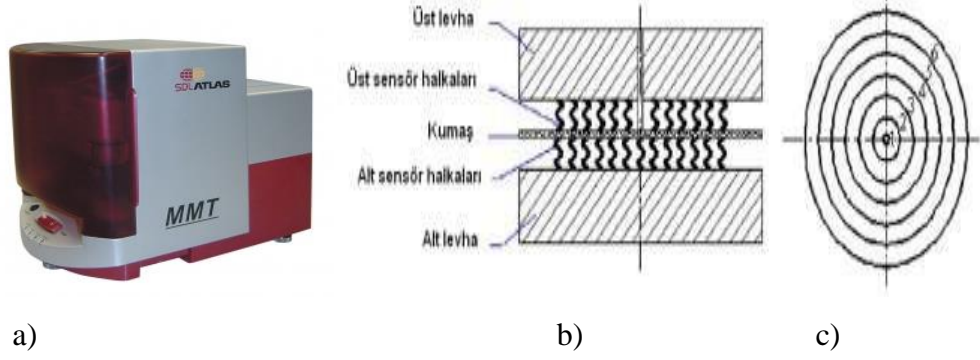
q_s = Numune ısı akış değeri (W/m^2)

q_0 =Numune olmadan su buharı geçirgenliği değeridir (W/ m^2).

Terleyen sıcak plaka yöntemi ile kuru ölçüm yapıldığında ilk önce kuru ısı transferi değeri bulunur. Daha sonra cihaza terlemeyi simüle eden su beslemesi yapılarak, su buharı direnci ölçüm sonuçları bulunur. Kuru ve yaş durumdaki ısı kayıplarının toplamı, Toplam Isı Kaybı (W/m^2) cinsinden bulunur. Toplam Isı Kaybı (THL) terleyen sıcak plaka üzerine kaplanmış kumaş yüzeyinden dış çevreye olan toplam ısı transferidir. Toplam ısı kaybı değeri %100 ıslak durumda ölçülür ve en yüksek tahmini metabolik aktivite düzeyini gösterir. Aşırı sıcak veya soğuk çevre koşullarında da kullanıcı çevresiyle termal konfor sağlayarak hayatını devam ettirebilir. Bunun nedeni terleyen sıcak plaka yönteminin giysi dizaynı, giysideki katman sayısı gibi faktörleri dikkate almayarak verilen bir giysi sistemi ve çevre koşulları altında, aktif soğutma ve havalandırma olmaksızın mümkün olan en yüksek teorik ısı transferini hedef almasıdır.

Nem Yönetim Cihazı (MMT) Ölçümleri

Nem yönetimi test cihazı (MMT) , dokuma ve örme kumaş yapıları gibi tekstil ürünlerinin sıvı nem yönetimi özelliklerini dinamik olarak ölçen test cihazıdır. Şekil 3.4' te gösterildiği gibi ortak merkezli alt ve üst ölçüm sensörleri arasına yerleştirilen kumaşın nem yönetim özelliği test edilir. MMT cihazı deriden giysinin dış yüzeyine çoklu yönde nem iletim özelliklerini ölçmek ve kaydetmek için dizayn edilmiştir. Terlemeyi simüle etmek için NaCl içeren özel bir sıvı test süresince kumaşın üst yüzeyine uygulanır.



Şekil 3.3. a) MMT test cihazı ön görüntüsü b) Cihaz sensör yapısı c) Ölçüm Halkaları

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

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

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

TAR: Ortalama ($Eğim_{üst}$) pompa süresi içinde

BAR: Ortalama ($Eğim_{alt}$) pompa süresi içinde

3. Maksimum Islak Daire Çapı: $MWR_{üst}$ ve MWR_{alt} (mm cinsinden), maksimum ıslak halkalar sırasıyla alt ve üst ıslak halkayı tanımlar. Eğimler ise toplam su miktarı eğrileri U_{alt} ve $U_{üst}$, alt ve üst yüzeyler için $Tan 15^\circ$ ' den daha büyük hale gelirler.

4. Yayılma Hızı: (TSS ve BSS) Yayılma hızı merkezden maksimum çapa sahip ıslanma halkasına kümülatif yayılma hızı olarak tanımlanır. Halkanın ($i= 1,2,3,4,5,6$) t_i süresinde

ısladığını varsayalım, i-1 halkasından i halkasına sıvı nem yayılma hızı (S_i) ise eşitlik 3.6 'daki gibi hesaplanır:

$$S_i = \frac{\Delta R_i}{\Delta t_i} = \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (3.6)$$

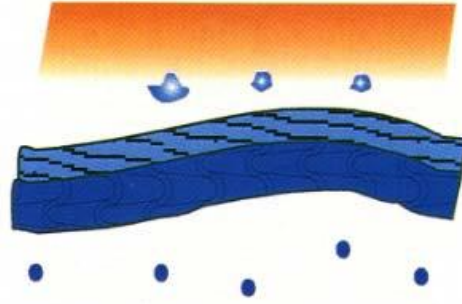
Burada R sayısı halkanın çevresidir. Daha sonra kümülatif yayılma hızı (SS) eşitlik 3.7'deki gibi hesaplanır:

$$SS = \sum_{i=1}^N S_i = \sum_{i=1}^N \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (3.7)$$

Burada N sayısı maksimum ıslak halka sayısıdır.

5. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi: Şekil 3.5' te kumaştan tek yönlü sıvı transferi verilmiştir. R sayısı kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkıdır. Eşitlik 3.8' deki gibi hesaplanır:

$$R = (\text{Alan}(U_{\text{alt}}) - \text{Alan}(U_{\text{üst}})) / \text{Toplam Test Süresi} \quad (3.8)$$



Şekil 3.4. Tek Yönlü Sıvı Transferi

6. Toplam Nem Yönetim Kapasitesi: OMMC sıvı nemin kumaştaki toplam aktarım kapasitesini tayin eden bir endekstir. Aşağıdaki üç performans durumunu içerir:

- Alt kısımdaki nem emilim oranı: BAR
- Tek yönlü sıvı aktarım kapasitesi: R
- Alt kısımdaki nem kuruma hızı, kümülatif yayılma hızıyla gösterilir: BSS

Toplam Nem Yönetimi Kapasitesi Eşitlik 3.9' daki gibi hesaplanır:

$$OMMC = C1 * BAR_{ndv} + C2 * R_{ndv} + C3 * BSS_{ndv} \quad (3.9)$$

C1, C2 ve C3 ebatsız değerlerin ağırlıklarındır. BAR_{ndv} , R_{ndv} ve BSS_{ndv} emilim oranını (BAR) ve tek yönlü aktarımı (R) ve yayılma hızını (BSS) gösterirler. Burada : $C1= 0,25$, $C2= 0,5$ ve $C3 = 0,25$ ' tir.

Bu cihazdan elde edilen ölçüm sonuçları aynı zamanda cihaz yapısında bulunan beş noktalı bir skalada da değerlendirilmektedir. Çizelge 3.4' te MMT' nin bu değerlendirme kriterleri görülmektedir.

Çizelge 3.3. MMT test sonuçları değerlendirme skalası (SDL Atlas Nem Yönetim Cihazı test kataloğu)

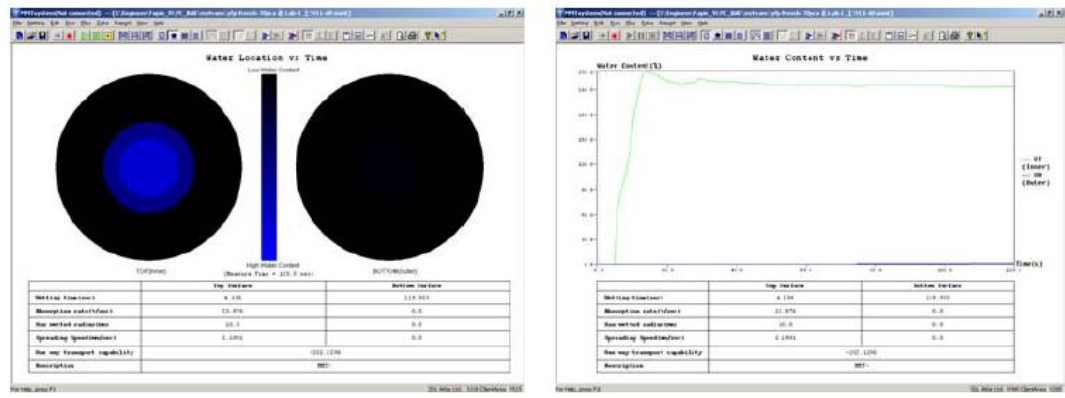
İndeksler \ Derece		Skala				
		1	2	3	4	5
Islanma süresi (sn)	üst	≥ 120	20-119	5-19	3-5	<3
	alt	ıslanma yok	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı
Emilim oranı (%/sn)	üst	≥ 120	20-119	5-19	3-5	<3
	alt	ıslanma yok	yavaş	orta	hızlı	çok hızlı
Maksimum ıslak daire yarıçapı (mm)	üst	0-9	10-29	30-49	50-100	>100
	alt	çok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

MMT tüm bu sıvı nem transfer özelliklerinin ölçüm sonuçlarına göre kumaş performansını değerlendirirken yedi temel kumaş tipi belirlemektedir. Bu kumaş tipleri; su geçirmez kumaşlar, su çekmeyen kumaşlar, sıvıyı yavaş emen ve yavaş kuruyan

kumaşlar, sıvıyı hızlı emen ve yavaş kuruyan kumaşlar, hızlı emilim ve hızlı kuruma gösteren kumaşlar, suyu geçiren kumaşlar ve cihaz kılavuzunda nem tayin kumaşı olarak adlandırılan orta/hızlı emilim ve ıslanma, alt yüzeyde hızlı dağılma, yayılma ve geniş yayılma alanı, iyi/mükemmel tek yönlü taşıma indeksine sahip kumaşlardır. Bu kumaş yapılarının özelliklerini belirtecek olursak:

1.Su Geçirmez kumaş yapısı

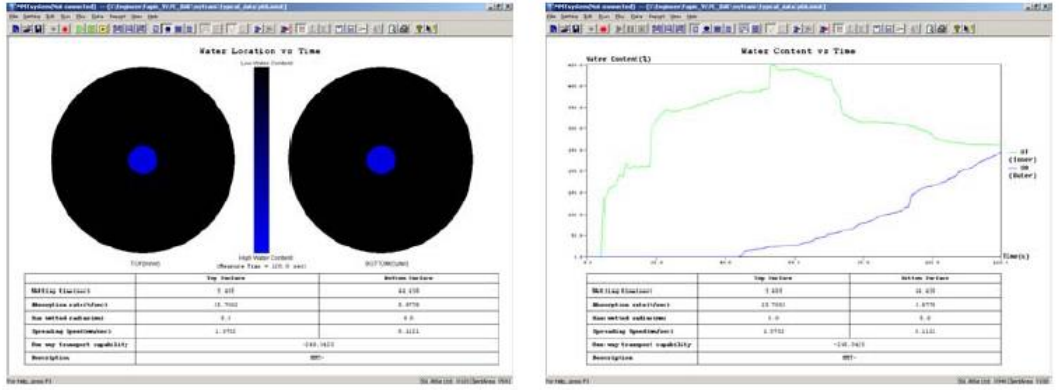
- Çok yavaş emilim
- Yavaş yayılma hızı (dağılım)
- Tek yönlü geçirgenlik veya su geçirme özelliği yok



Şekil 3.5. Su geçirmez kumaş yapısı ekran görüntüsü

2. Su İtici Kumaş yapısı

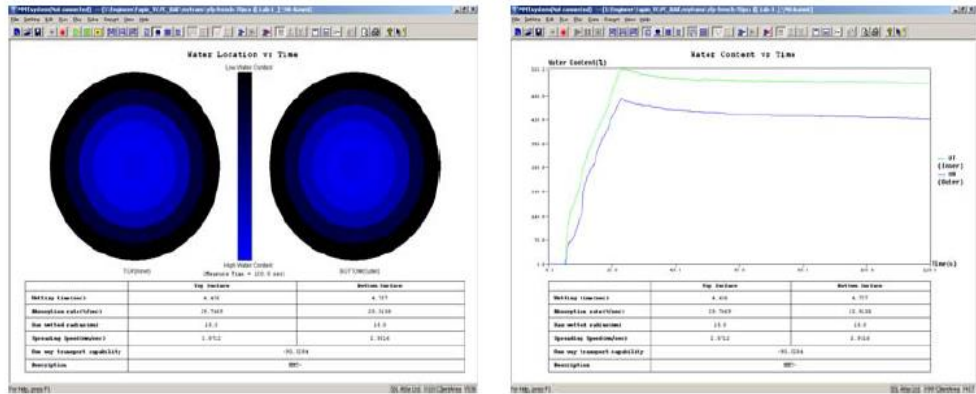
- Islanma Yok
- Su emilimi yok
- Dağılım yok
- Dış güçler olmaksızın çok az tek yönlü su geçirgenliği



Şekil 3.6. Su itici kumaş yapısı ekran görüntüsü

3. Sıvıyı yavaş emen ve yavaş kuruyan kumaşlar için:

- Yavaş emilim
- Yavaş dağılım
- Az miktarda tek yönlü geçirgenlik

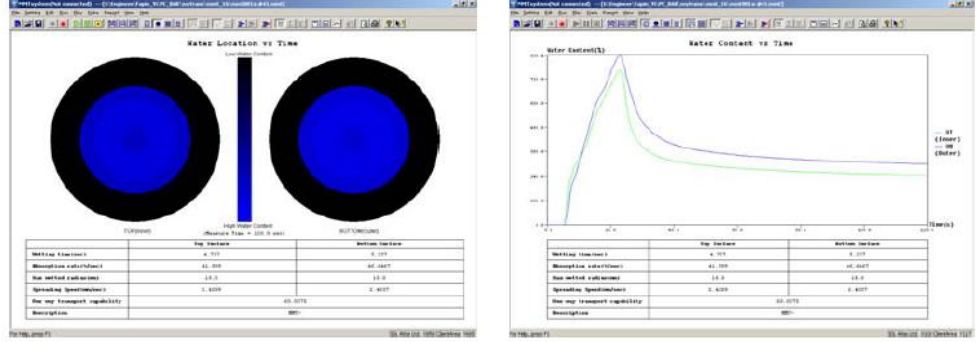


Şekil 3.7. Sıvıyı yavaş emen ve yavaş kuruyan kumaş ekran görüntüsü

4. Sıvıyı Hızlı Emen ve Yavaş Kuruyan Kumaşlar için:

- Orta ve hızlı değer aralığında ıslanma
- Orta ve hızlı değer aralığında emilim
- Küçük dağılıma alanı
- Yavaş dağılıma

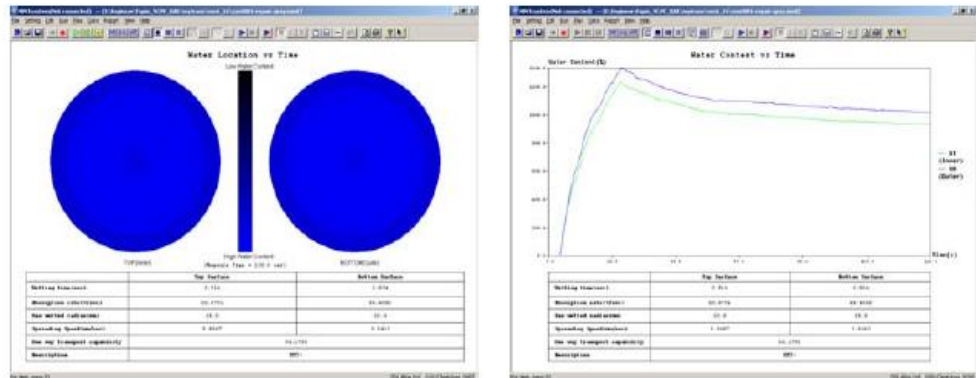
-Az miktarda tek yönlü sıvı iletimi



Şekil 3.8. Sıvıyı hızlı emen ve yavaş kuruyan kumaş ekran görüntüsü

5. Hızlı emilim ve hızlı kuruma

- Orta ve Hızlı değer aralığında ıslanma
- Orta ve Hızlı değer aralığında emilim
- Geniş yayılma alanı
- Hızlı dağılma
- Az miktarda tek yönlü sıvı iletimi

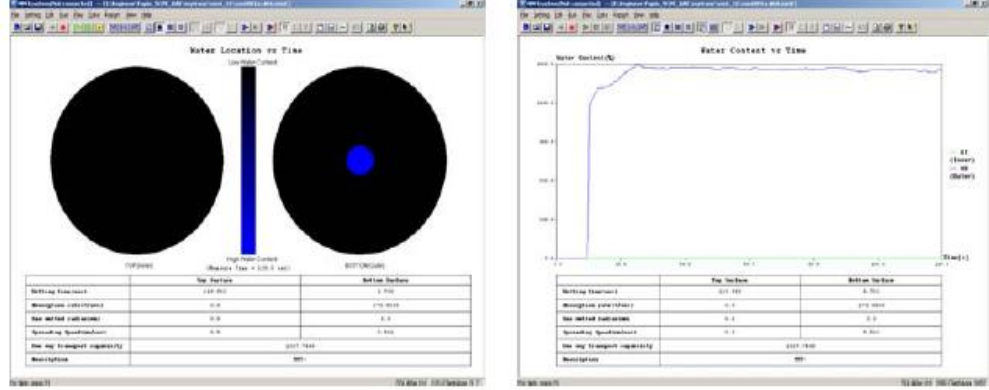


Şekil 3.9. Sıvıyı hızlı emen ve hızlı kuruyan kumaş ekran görüntüsü

6. Su Geçirgen Kumaş yapısı

- Küçük dağılma alanı

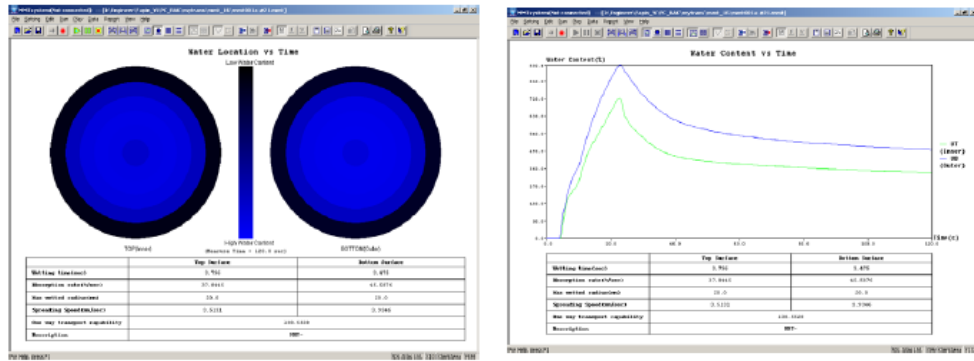
-Mükemmel tek yönlü sıvı iletimi



Şekil 3.10. Su geçirgenliği olan kumaş yapısı

7. Nem tayin kumaşı

- Orta ve hızlı değer aralığında ıslanma
- Orta ve hızlı değer aralığında emilim
- Alt yüzeyde geniş yayılma alanı
- Alt yüzeyde hızlı dağılıma
- Alt yüzeyde hızlı yayılma
- İyi /mükemmel aralığında tek yönlü sıvı transferi



Şekil 3.11. Nem tayin kumaşı

Kumaş Kalınlığı Ölçümü

Kumaş kalınlığı ASTM D1777 standardına göre ölçülmüştür. Numuneler 5x5 boyutlarında (5 adet) hazırlanıp James H. Heal R &B kumaş kalınlık ölçüm cihazında 5 gr/cm²'lik basınç uygulayarak 0,01 mm hassasiyetle kalınlık ölçümü yapılmıştır. Her numune için tekrarlı ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak kumaş kalınlığı bulunmuştur.

Kumaş Gramajı Ölçümü

Kumaş gramajı ASTM D3776 standardına göre ölçülmüştür. Dairesel numune kesici ile kesilen numuneler hassas terazide tartılmış, kumaşların birim alanlarının ağırlıkları hesaplanarak gramaj değerleri belirtilmiştir.

Kumaş Gözenekliliği Ölçümü

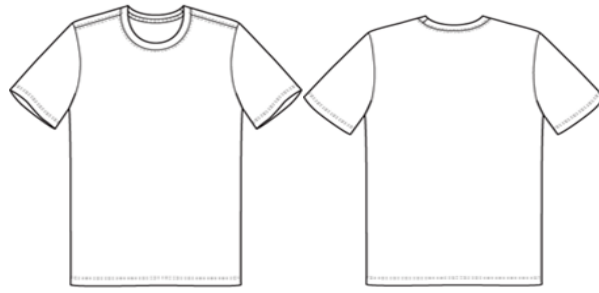
Tez çalışmasında kullanılan kumaşların gözeneklilik özellikleri Eşitlik 3.10 kullanılarak hesaplanmıştır (Benltoufa ve ark. 2007).

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot C \cdot W}{2t} \right) \quad (3.10)$$

Burada t kumaş kalınlığı (cm), l ilmek uzunluğu (cm), d iplik çapı (cm), C santimetredeki çubuk sayısı, W santimetredeki sıra sayısıdır.

3.2.2. Giysi Formunda Yapılan Ölçümler

Objektif test sonuçları doğrultusunda 2. Grup kumaş yapılarından su buharı direnci ve geçirgenliği özellikleri dikkate alınarak 5 kumaş numunesi seçilmiştir. Daha sonra bu kumaş yapılarından Çizelge 3.5.' te verilen model ve ölçülerde küçük, orta ve büyük beden olmak üzere 45 adet tişört numunesi diktirilmiştir.



Şekil 3.12. Giyim denemelerinde kullanılan tişört modeli ön ve arka görüntü

Çizelge 3.4. Giyim denemelerinde kullanılan tişört beden ölçüleri

	Küçük (S)	Orta (M)	Büyük (L)
Yaka Rib Yükseklik	1,5	1,5	1,5
Arka Yaka Düşüklüğü	3,5	3,5	3,8
Omuz Eni	41,6	44	46,4
Beden Eni	47	51	55
Beden Boyu	69,5	70,5	72,5
Kol Boyu	23,3	24	24,7
Kol Eni	18	19	20
Kol Açıklığı	16	17	18
Ön Yaka Düşüklüğü	11,5	11,5	11,8

Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden yaşları 20-25 arasında değişen gönüllü bir gruptan boy ve kilo özellikleri yakın 10 kişilik bir denek grubu giyim denemelerini gerçekleştirmek için seçilmiştir. Her deneğe giyim denemelerine katılmadan önce deney protokolü hakkında bilgi verilmiş ve hazırlanan gönüllü bilgilendirme formuyla (Ek-1) tüm şart ve haklardan haberdar olmaları sağlanmıştır. Her deneğin seçilen 5 farklı test giysisi ile giyim denemelerine katılması sağlanmıştır.

Çalışmanın başlangıcında deneklerin maksimal aerobik kapasitelerini belirlemek için koşu bandında maksimal aerobik testi yapılmıştır. Bu testin sonunda her bir deneğin maksimal oksijen tüketim değeri (VO_2 maks) hesaplanmıştır. Deneklere koşu bandında ortalama 12-15 dakika maksimum oksijen tüketimi değerlerini belirlemeyi sağlayan, koşu bandındaki koşu hızı 3 dakikada bir artan egzersiz test protokolü uygulanmıştır. Ölçüm sırasında deneklerin oksijen tüketim değerleri her solukta (breath-by-breath) ve 30 saniyelik aralıklarla ortalama değerleri alınarak ekspirasyon havasından metabolik ölçüm cihazıyla analiz edilmiştir. Maksimal nabız seviyesine ulaşıldığında (220-yaş),

solunumsal değişim oranı (RER) 1.15' in üzerine çıktığında, VE/VO₂ değeri 30 L/dak' ya ulaştığında veya egzersizin zorluğundan dolayı denek egzersize devam edemeyecek duruma geldiğinde elde edilen oksijen tüketim değeri maksimal aerobik kapasite (VO₂maks) olarak kabul edilmiştir.

Subjektif Giyim Denemeleri

Objektif kumaş testleri sonucunda seçilen 5 kumaş yapısından diktirilen tişörtlerle, belirlenen bir submaksimal egzersiz programında subjektif giyim denemeleri yaptırılmıştır. Subjektif giyim denemeleri için gerekli etik izin Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan alınmıştır. Giyim denemeleri Uludağ Üniversitesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Terlemenin oluşması için yürüyüş bandında submaksimal 50 dakikalık bir egzersiz yaptırılmıştır. Bu egzersizler hem kontrol giysisi hem de diğer 4 farklı test giysisi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya alınan her bir denek toplamda 5 kez bu egzersizi uygulamıştır. Çalışmada uygulanan egzersiz programı aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

Egzersiz programı aşamaları:

- 1) 0-10. dakika: 9,5 km/saat hızda ve 1° eğim
- 2) 10-20. dakika: 10,5 km/saat hızda ve 1° eğim
- 3) 20-30. dakika: 11,5 km/saat hızda ve 1° eğim
- 4) 30-40. dakika: 12,5 km/saat hızda ve 1° eğim
- 5) 40-50. dakika: 13,5 km/saat hızda ve 1° eğim
- 6) 50-55. Dakika: 5 km/h ve 0 ° eğim (orta dereceli aktivite)

Egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında yapılan ölçümler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

a) Egzersiz öncesi ve sonrası yapılan ölçümler:

- Vücut ağırlığı ölçümü
- Kan tetkikleri (hemogram ve sodyum) (submaksimal egzersiz sırasında oluşan dehidratasyon seviyesini belirlemek için)
- Vücut üzerinde 4 noktadan mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçümü (deri üzerine yerleştirilen sensörler ile)
- Termal kamera ile vücut sıcaklık ölçümleri
- Anket çalışması ile deneklerin giysi ile ilgili termal algılarının belirlenmesi

b) Egzersiz sırası yapılan ölçümler:

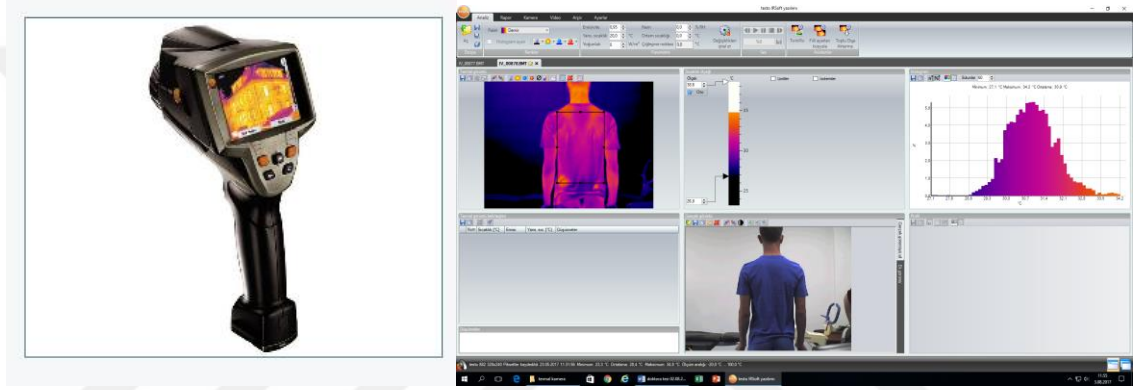
- Kan basıncı (5., 15., 25., 35. ve 45. dakikada)
- Nabız ölçümü (Polar saat ile) (egzersiz süresince)
- Laktik asit ölçümü (egzersizden 1-2 dakika önce ve egzersizin 5., 15., 25., 35. ve 45. dakikasında)
- Oksijen tüketimi ölçümü (metabolik analizör cihazı ile) (egzersiz süresince)
- Subjektif egzersiz zorlanması (Borg skalası) (5., 15., 25., 35. ve 45. dakikada)
- Vücut üzerinde 4 noktadan mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçümü (deri üzerine yerleştirilen nem ve ısı sensörleri ile) (belli aralıklarla)

Giyim denemeleri sırasında sadece giysi özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan psikolojik ve termofizyolojik değişiklikleri tespit edebilmek için ortam sıcaklığı 27 °C ve %45 bağıl nem olarak ayarlanmıştır. Ayrıca ortamda hava hareketlerine neden olacak bir araç kullanılmamıştır. Giyim denemesi 10 dakika test öncesi ortam koşullarına alışma, 50 dakikalık bir antreman programı ve 20 dakikalık (ilk 5 dk 5 km/h hızla yavaş yürüyüş) bir dinlenme periyodundan oluşmaktadır.

Aktivite öncesi, aktivitenin 10 dakikalık bölümlerinde ve aktivite sonrasında deneklerin subjektif algılarını belirlemek amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Bunun için kullanılan skala Ek- 3' te verilmiştir.

Termal Kamera Görüntü Analizleri

Termal Kamera (Testo) ölçüm cihazı kullanılarak aktivite öncesi ve sonrasında deneklerin ön ve arka üst beden fotoğrafları çekilmiştir. Termal kameranın yazılım programı kullanılarak çekilen fotoğrafların görüntü analizleri yapılmıştır. Bu program sayesinde aktivite öncesi ve sonrasında çekilen fotoğraflar üzerinde en sıcak nokta, en soğuk nokta, noktasal sıcaklık ve görüntü histogramı çıkarılabilmektedir. Şekil 3.14' te programın ekran görüntüsü ve özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.13. Termal kamera cihazı ve yazılım ekran görüntüsü

Datalogger Cihazı Ölçümleri

Giyim denemeleri sırasında vücut üzerinde dört farklı noktadan (göğüs, karın, sırt ve bel) Datalogger isimli veri toplama cihazı kullanılarak sensörler yardımıyla mikroklima sıcaklık ve mikroklima bağıl nem ölçümleri alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan datalogger cihazı 8 çıkışlı olup 4 nem sensörünün cihaza bağlanmasına olanak sağlamıştır. Şekil 3.15.' te datalogger cihazı ve sensörlerinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.14. Datalogger ve sensörleri

Tez çalışmasında farklı kumaş yapılarının sporcunun performansına etkileri araştırıldığından, üst beden giysiler temel alınmıştır. Vücut üst bedeni dört farklı bölgeye (göğüs, karın, sırt ve bel) ayrılarak terlemenin ve sıcaklık artışının hangi bölgelerde daha fazla olduğu belirli aktivite programı süresince 1 dakika aralıklarla ölçülmüştür. Sensörler vücut üzerine aktivite sırasında düşmeyi önleyen özel bantlar kullanılarak yapıştırılmıştır. Şekil 3.16' da sensörlerin vücut üzerine yerleşiminin ön ve arka görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.15. Isı ve nem sensörlerinin vücut üzerindeki yerleşimi

Kardiyo Solunum Fonksiyonları Ölçüm Sonuçları (VO_2 maks)

Maksimum oksijen tüketimi (VO_2 maks) kardiyorespiratuvar gelişimin bir kriteri olan maksimal aerobik kapasitenin tayini için kullanılan en güvenilir testtir. Kişinin birim zamanda kullanabildiği oksijen miktarı ne kadar fazla ise kişinin aerobik kapasitesi de o oranda yüksek demektir. Aerobik güç dayanıklılık sporlarında performansa etkili en önemli faktördür.

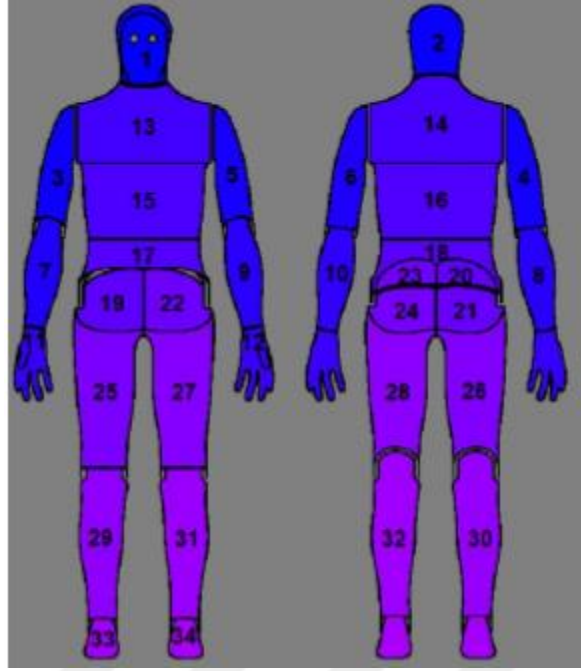
Maksimal aerobik kapasite ile şiddetli bir eforu sürdürebilme yeteneği arasında yüksek bir bağımlılık vardır. Bir sporcu yüksek bir oksijen tüketimi değerine sahip olmaksızın mukavemet sporlarında yüksek bir performans gösteremez. Maksimal aerobik kapasite kardiyorespiratuvar dayanıklılık kapasitesinin veya kondisyonunun en iyi kriteri olarak kabul edilir. Şekil 3.17’ de maksimum oksijen tüketimi ölçüm cihazı verilmiştir. Ek-5 ‘te VO₂maks ölçüm cihazı ekran görüntüsü örneği verilmiştir.



Şekil 3.16. Kardiyo Solunum Fonksiyonları Ölçüm Cihazı ve denek üzerine bağlantısı

Termal Manken (Newton) Isıl Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçümü

Termal mankenler önceleri sadece ısıl direnci ölçebilen tek segmentten oluşan kuru termal mankenler olarak üretilmiş, daha sonra her bölümün bireysel olarak kontrol edilebildiği terleyen termal mankenler geliştirilmiştir. Dünyadaki tüm termal mankenler arasında terleyen termal manken Newton ve Walter iki önemli mankendir (Wang 2008). Newton ısı ve sensörler tellerinin içinde bulunduğu termal iletken aliminyum dolgulu epoksi kabuktan yapılmıştır. Günümüzde Newtonun 3 çeşit bölümlü türleri bulunur bunlar; 20, 26 ve 34 bölümlü olanlardır. Newton CAD sistemi kullanılarak üretilmiştir. Bu çalışmada 34 farklı bölümden oluşan Termal Manken Newton kullanılmıştır. Mankenin yüzey alanı 1,88 m² ve uzunluğu 1,75 cm ‘dir. Şekil 3.18 ‘de termal manken Newton ‘un ön ve arka görüntüsü verilmiştir.

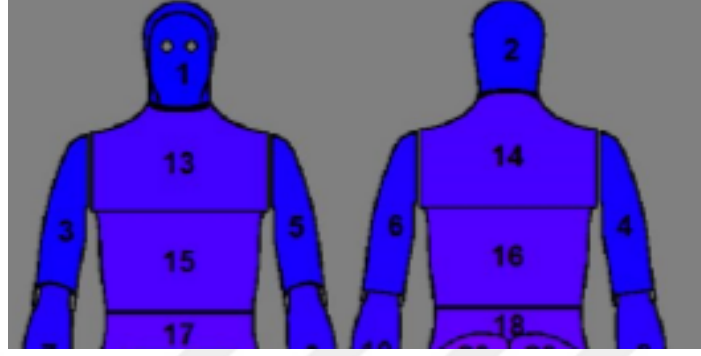


Şekil 3.17. Termal Manken Newton ön ve arka görüntüsü ile bölümleri

Newtonda önce kuru testle termal direnç ölçülür ya da ıslak testle su buharı direnci ölçülür. Bu çalışmada test numunelerine geçilmeden önce ilk olarak çıplak termal mankenin ısı direnci ve su buharı direnci ölçülmüştür. Daha sonra test giysileri giydirilerek test giysilerinin ısı direnci ve su buharı direnci özellikleri ölçülmüştür.

Test ortamının istenilen sıcaklık ve nemde ayarlanabilmesi için Termal Manken bir iklimatik kabin içerisine yerleştirilmiştir. Bu çalışma için üretilen 2. Grup kumaşların su buharı direnci ve ısı direnci özellikleri Terleyen Sıcak Plaka (Sweating Hot Plate) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Daha sonra bu kumaş yapılarından su buharı ve ısı direnci düşük olan 5 adet kumaş yapısı seçilmiş ve daha önce belirtilen beden ve ölçülerde diktirilmiştir. Giyim denemelerinde kullanılan bu tişört numunelerinin giysi durumundaki su buharı direnci ve ısı direnci değerleri Termal Manken Newton kullanılarak AITEX İspanya Laboratuvarlarında ölçülmüştür. Test ortamının sıcaklığı ve nemi giyim denemelerinde de kullanılan sıcaklık ve nem değerleri olan 27 °C sıcaklık ve %45 bağıl nem olarak ayarlanmıştır. Burada Termal manken iç sıcaklığı insan vücuduna benzer şekilde 35 °C olarak sabit tutulmuştur. Ayrıca ortamın hava hızı 0,3 m/sn olarak ayarlanmıştır.

Termal direnç testleri EN ISO 15831:2004 standardına göre paralel ölçüm metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Su buharı Direnci testleri ASTM F2370-16 standardına göre paralel ölçüm metodu kullanılarak 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Şekil 3.19 'da ısı direnç ve su buharı direnci ölçüm bölgeleri (bölüm 13, 14, 15, 16,17 ve 18) verilmiştir.



Şekil 3.18. Termal Direnç ölçüm bölgeleri

3.3. İstatiksel Analiz

Tez çalışmasında kullanılan kumaşların test sonuçları SPSS 23.0 İstatiksel Analiz Paket Programı kullanılarak analiz edilmiştir. Objektif ölçümlerle elde edilen hava geçirgenliği, ısı direnç, ısı soğurganlık ve ısı iletkenlik özellikleri Tek Faktörlü Varyans Analizi (One Way Anova) kullanılarak değerlendirilmiştir. Burada tek faktörlü varyans analizi yöntemi kullanılmasının nedeni farklı kumaş yapılarının konfor parametrelerine etkisinin araştırılmış olmasındandır. .Bu değerlendirmeler ile elde edilen p değerleri, değişimin önemlilik düzeyini belirlemede kullanılmıştır. $p \geq 0,05$ olması durumunda değişim önemli değildir ve ihmal edilebilmektedir (Ergün, 1995).

Subjektif giyim denemeleri sensör verilerinin analizi de SPSS 23.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesinde İki Faktörlü Varyans Analizi (Two-Way Anova) yöntemi kullanılmıştır. Burada kumaşla birlikte bölge değişkeninin, mikroklima sıcaklık ve mikroklima bağıl nem değerlerine etkisi araştırılmıştır. Burada Post-Hoc Bonferroni testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Kumaşların hava geçirgenlikleri SDL Atlas Hava Geçirgenliği test cihazında EN ISO 9237 standardına göre ölçülmüştür. Çizelge 4.1' de 1. Grup kumaşların 10 test ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Çizelge 4.2' de 2. Grup kumaşların 10 test ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları

	Hava Geçirgenliği (dm ³ /sn)										
Tip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ort.	1,48	3,85	0,97	2,05	1,71	3,91	3,82	3,5	3,33	4,1	1,78
Std.S.	0,10	0,12	0,05	0,09	0,03	0,10	0,1	0,06	0,15	0,14	0,08

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları

	Hava Geçirgenliği (dm ³ /sn)							
	PS	PPS	POS1	PM	TS	MS	POS2	
Ort.	1,6	2,02	1,26	3,4	3,65	1,74	1,42	
Std.S.	0,058	0,13	0,07	0,15	0,14	0,10	0,05	

4.2. Alambeta Cihazı Ölçüm Sonuçları

Tez çalışmasında kullanılan kumaş numunelerinin Alambeta test cihazı ölçüm sonuçları aşağıda Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.' te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların Alambeta test sonuçları

Kumaş Kodu	λ (W/m.K)	a (m²/sn)	b (W/m².√sn.K)	r (Km²/W)	h (mm)	P	q (W/m²)
Tip 1	52,38	0,1078	159,4	10,92	0,574	1,37	0,47
Tip 2	43,02	0,0914	142,4	12,12	0,52	1,36	0,438
Tip 3	50,92	0,112	152,2	11,96	0,61	1,42	0,452
Tip 4	43,16	0,087	146,4	9,9	0,42	1,22	0,453
Tip 5	44,75	0,094	146,5	9,625	0,432	1,19	0,451
Tip 6	45,26	0,1394	121,2	16,16	0,73	1,624	0,398
Tip 7	41,86	0,111	125,2	13,6	0,568	1,458	0,4318
Tip 8	42,06	0,1234	119,8	14,3	0,6	1,574	0,428
Tip 9	48,44	0,116	142,2	11,9	0,58	1,33	0,422
Tip 10	46,66	0,0824	162,6	9,42	0,438	1,28	0,49
Tip 11	48,9	0,109	151,6	10,5	0,51	1,27	0,453

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların Alambeta test sonuçları

Kumaş Kodu	λ (W/m.K)	a (m²/sn)	b (W/m².√sn.K)	r (Km²/W)	h (mm)	P	q (W/m²)
PS	51,3	0,104	159	12	0,61	1,47	0,467
PPS	47,8	0,106	146,4	12,08	0,57	1,4	0,443
POS1	49,22	0,07	186	9,68	0,48	1,6	0,61
PM	47,52	0,118	138,2	13,2	0,62	1,45	0,429
TS	48,34	0,076	175,4	10,76	0,52	1,5	0,523
MS	56,1	0,069	213,4	9,7	0,54	1,64	0,624
POS2	49,54	0,097	160	10,42	0,51	1,39	0,497

4.3. Nem Yönetim Cihazı (MMT) Ölçüm Sonuçları

Kumaşların Nem Yönetim özellikleri SDL Atlas Nem Yönetim Cihazında (MMT) yapılmıştır. Çizelge 4.5 'te 1. Grup kumaşların nem iletimi cihazı test sonuçlarının ortalama değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan 1.Grup kumaşların MMT test sonuçları

Kumaş Kodu	WT(t) (sn)	WT(b) (sn)	TAR (%/sn)	BAR (%/sn)	MWR (t) (mm)	MWR (b) (mm)	S.S(t) (mm/sn)	S.S(b) (mm/sn)	OWTC (%)	OMMC
Tip 1	0,86	4,87	40,36	4,5	6	17	11,86	10,46	1983,8	0,73
Tip 2	14,47	1,5	5,08	10,49	9	30	0,75	12,06	2461,6	0,75
Tip 3	1,93	6,09	54,73	3,76	5	22	5,49	2,52	1948,1	0,62
Tip 4	3,03	3,09	70,77	62,34	20	20	4,18	4,1	239,9	0,71
Tip 5	2,98	3,24	72,94	10,61	20	16	4,08	3,19	1521,5	0,69
Tip 6	3,13	3,16	66,76	59,7	20	20	3,82	3,72	-44,32	0,37
Tip 7	2,98	2,92	67,15	63,25	25	20	4,26	4,1	-27,83	0,42
Tip 8	3,61	3,26	69,85	60,76	20	20	3,34	3,63	-24,1	0,38
Tip 9	8,28	2,29	117,89	13,46	7,5	27,5	7,45	13,1	2242,2	0,73
Tip 10	15,04	10,25	166,05	29,61	7,5	15	0,41	2,71	1750,1	0,7
Tip 11	14,00	2,79	245,88	5,69	8	28	0,81	2,15	2328,8	0,75

Çalışmada kullanılan ikinci grup kumaşların nem yönetimi özellikleri Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan 2.Grup kumaşların MMT test sonuçları

Kumaş Kodu	WT(t) (sec)	WT(b) (sec)	TAR (%/sec)	BAR (%/sec)	MWR (t) (mm)	MWR (b) (mm)	S.S(t) (mm/sec)	S.S(b) (mm/sec)	OWTC (%)	OMMC
PS	7,36	7,30	31,28	6,20	17,5	10	2,78	2,44	1816,43	0,62
PPS	5,78	5,74	41,12	60,77	17,14	17,85	3,50	3,61	219,63	0,65
POS1	5,62	5,49	49,91	73,81	21,42	23,57	3,47	3,48	253,35	0,71
PM	16,85	10,52	18,93	232,52	7,5	24,16	0,30	6,79	972,31	0,88
TS	5,66	5,66	22,55	114,5	21	19	3,23	3,29	794,74	0,93
MS	4,53	4,44	26,21	46,92	20	19	2,89	2,74	572,07	0,74
POS2	23,45	9,06	14,10	99,09	9	19	0,30	5,13	1679,98	0,89

4.4.Terleyen Sıcak Plaka Isıl Direnç ve Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları

Tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç ve su buharı direnci testleri SDL Atlas M259B Sweating Guarded Hot Plate cihazında TS EN 31092: 2000 standardına göre yapılmıştır. Her test üç tekrarlı olarak yapılmıştır ve Çizelge 4.7. 'de kumaşların ısı direnç ve su buharı direnci üç test ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç ve su buharı direnci ölçüm sonuçları

		PS	PPS	POS1	PM	TS	MS	POS2
Ret (m ² K/W)	Ort.	0,0172	0,0187	0,0112	0,0124	0,0097	0,0167	0,0082
	Std. Sapma	0,0029	0,0003	0,0019	0,0032	0,0008	0,0019	0,0008
Ret (m ² Pa/W)	Ort.	2,90	2,39	1,27	1,35	1,87	2,15	1,69
	Std. Sapma	0,11	0,05	0,14	0,04	0,03	0,06	0,04

4.5. Termal Manken (Newton) Ölçüm Sonuçları

Terleyen Sıcak Plaka (Sweating Hot Plate) cihazı sonuçları dikkate alınarak 2. Grup kumaşlar arasından 5 adet kumaş yapısı giyim denemesinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Burada ısı direnç ve su buharı direnci özellikleri düşük kumaş yapılarından belirli bir model ve ölçüde tişört numuneleri diktirilmiştir. Daha sonra bu tişört numunelerinin Termal Manken Newton cihazında EN ISO 15831:2004 standardı kullanılarak ısı direnç ve clo değerleri ölçülmüştür. Isıl direnç testleri ilk olarak çıplak manken üzerinde yapılmış daha sonra test giysilerine geçilmiştir. Statik durumdaki çıplak termal mankenin ısı direnç değeri ortalaması 0,071 m².K/W, clo değeri ise 0,46 olarak bulunmuştur. Çizelge 4.8.' de giyim denemesinde kullanılan tişört numunelerinin termal manken cihazı kullanılarak ölçülen ısı direnç test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Termal Manken ısı direnç ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	R _{et} (m ² K/W)			Clo Değeri
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ortalama	
PS	0,138	0,139	0,139	0,90
PPS	0,143	0,145	0,144	0,93
POS1	0,136	0,138	0,137	0,88
PM	0,125	0,128	0,127	0,82
TS	0,134	0,132	0,133	0,86

Giyim denemelerinde kullanılmak üzere seçilen 5 adet kumaş yapısından diktirilen tişört numunelerinin su buharı direnci değerleri Terleyen Termal Manken (Newton) ile ASTM F2370-16 standardına göre ölçülmüştür. Statik durumdaki çıplak termal mankenin su buharı direnç değeri ortalaması 13,39 m².Pa/W olarak bulunmuştur. Çizelge 4.9' da giyim denemesinde kullanılan tişört numunelerinin termal manken su buharı direnci test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9. Termal Manken su buharı direnci ölçüm sonuçları

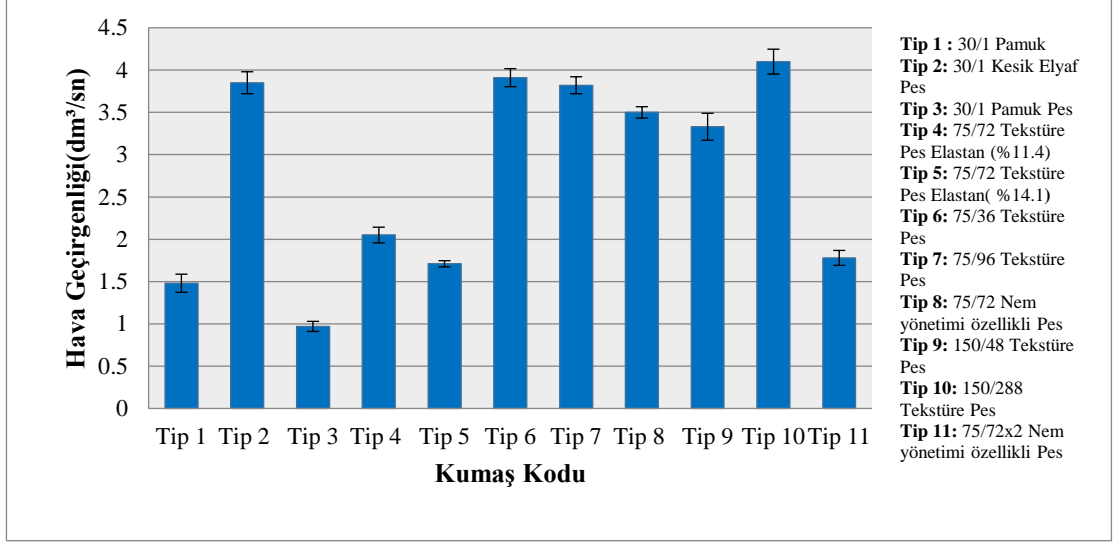
Kumaş Kodu	R_{et} (m^2Pa/W)				
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ortalama	Std. Sapma
PS	18,84	20,04	19,89	19,59	0,65
PPS	23,15	24,25	24,37	23,92	0,67
POS1	22,75	23,52	23,47	23,25	0,43
PM	19,43	19,50	19,36	19,43	0,07
TS	21,91	22,02	21,85	21,93	0,08

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada öncelikle kontrollü koşullar altında üretilen 2 farklı kumaş grubunun ısı iletkenlik, termal soğurganlık, ısı direnç, hava geçirgenliği ve nem iletimi özelliklerinin ölçümleri yapılmıştır. Bu kumaş grupları içerisinde ısı direnci ve su buharı direnci düşük, hava geçirgenliği ve nem iletimi özellikleri yüksek olan kumaş yapıları seçilmiştir. Daha sonra seçilen 5 kumaş yapısı belirlenen model ve ölçülerde diktirilerek giyim denemelerinde kullanılmıştır. Giyim denemeleri sırasında vücut üzerinde dört farklı bölgeden (göğüs, karın, sırt ve bel) mikroklima sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri Datalogger isimli bir veri toplama cihazı yardımıyla alınmıştır. Ayrıca termal kamera yardımıyla aktivite öncesi ve sonrasında deneklerin fotoğrafları çekilerek üst beden vücut sıcaklık değişimleri görüntülenmiştir. Bunun yanı sıra aktivite süresince Kardiyoloji Solunum Sistemleri test cihazı kullanılarak maksimum oksijen tüketimi (VO₂ maks) değerleri ve Nabız Ölçer Polar Saat kullanılarak kalp ritmi ölçülmüştür. Ayrıca antremanın başında, antreman süresince ve antremanın sonunda uygulanan 5 ve 7 noktalı skalalar yardımıyla deneklerin subjektif sıcaklık, ıslaklık ve genel konfor algıları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda deneklerin kendilerini içerisinde rahat hissettikleri, maksimum oksijen tüketimi değeri düşük konforlu giysi yapıları objektif ve subjektif ölçüm metotlarıyla ortaya konulmuştur.

5.1. Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.1' de tez çalışmasında kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. En düşük hava geçirgenliği değeri en yüksek gramaj değerine sahip Tip 3 kodlu Pamuk/Pes karışımı süprem kumaşta görülmüştür. Bu kumaş iplik numaralarının aynı olduğu Tip 1 kodlu pamuk ipliğinden yapılmış kumaşla karşılaştırıldığında pamuklu kumaşın gramaj ve yoğunluğunun daha düşük olmasından dolayı hava geçirgenliğinin fazla olduğu görülmüştür. Tip 2 kodlu kesik elyaf polyester kumaşın ise hava geçirgenliği değeri benzer iki kumaştan (Tip 1 ve Tip 3) daha yüksektir. Bunun nedeni bu kumaşın gözenekliliğinin diğer iki kumaştan fazla olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 5.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerleri

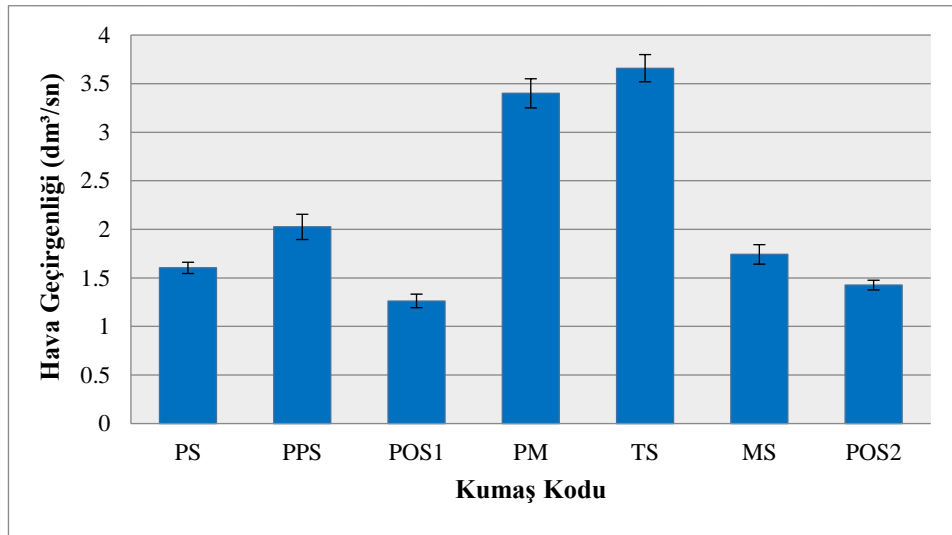
Örgü yapıları aynı olan Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 karşılaştırıldığında; iplik numaralarının aynı ve Tip 8' in gramajının daha düşük olmasına rağmen nem yönetimi özellikli polyesterin hava geçirgenliği değerinin tekstüre polyesterden daha düşük olduğu görülmüştür. Tip 6 ve Tip 7 kodlu kumaşlar kendi aralarında karşılaştırıldığında; Tip 7' nin gramajının düşük olmasına rağmen filament sayısının fazla, gözenekliliğinin daha düşük olmasından dolayı hava geçirgenliği değeri daha düşük olarak görülmüştür. Burada filament sayısı artışının hava geçirgenliği değerini belirli ölçüde düşürdüğü söylenebilir. Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında yine nem yönetimi özellikli polyesterin hava geçirgenliği değerinin tekstüre polyesterden daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum kumaşın gözeneklilik değerinin daha düşük olmasının yanında lif yapısının da farklı olmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 5.1'de 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının hava geçirgenliği üzerine anlamlı farklılıklar ortaya çıkardığını söyleyebiliriz.

Çizelge 5.1. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların hava geçirgenliği varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	150,741	10	15,074	1507,209	,000
Hata	1,100	110	,010		
Toplam	151,841	120			

Şekil 5.2 'de tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. En yüksek hava geçirgenliği değeri TS kodlu tencel iplikten yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür. İkinci en yüksek hava geçirgenliği değeri en yüksek kalınlık değerine sahip PM kodlu polyester iplikten yapılan gözenekli örgü yapısında (meş) görülmüştür. Burada meş örgü yapısına sahip kumaşın gözenekliliği daha fazla olmasına rağmen tencel kumaşın kalınlık ve iplik numarasının daha düşük olmasından dolayı hava geçirgenliğinin de daha yüksek olduğu söylenebilir. En düşük hava geçirgenliği değerleri ise POS1 ve POS2 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan filamanet sayıları farklı süprem kumaşlarda bulunmuştur. Burada filament sayısı fazla olan POS1 kodlu kumaşın hava geçirgenliğinin daha düşük olduğu görülmüştür.



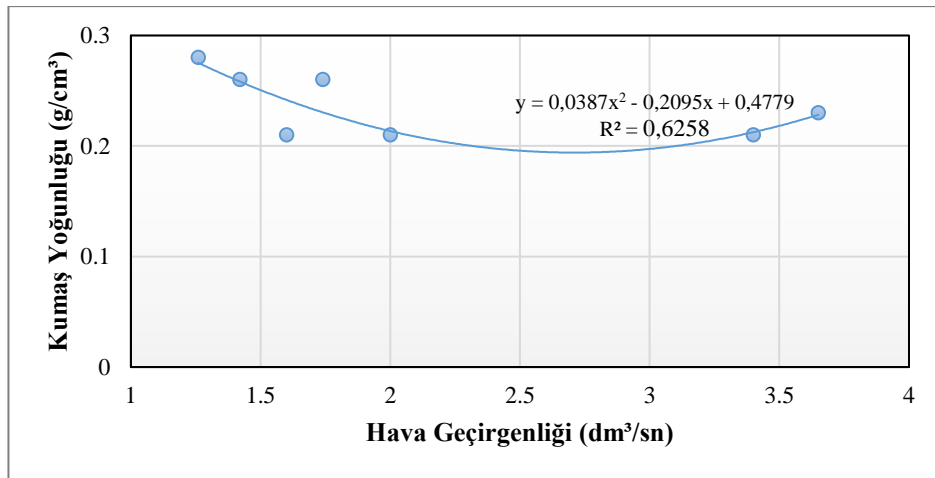
Şekil 5.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerleri

Çizelgede 5.2’ de 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş değişkeninin hava geçirgenliği üzerine anlamlı farklılıklar ortaya çıkardığını söyleyebiliriz.

Çizelge 5.2. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği varyans analizi

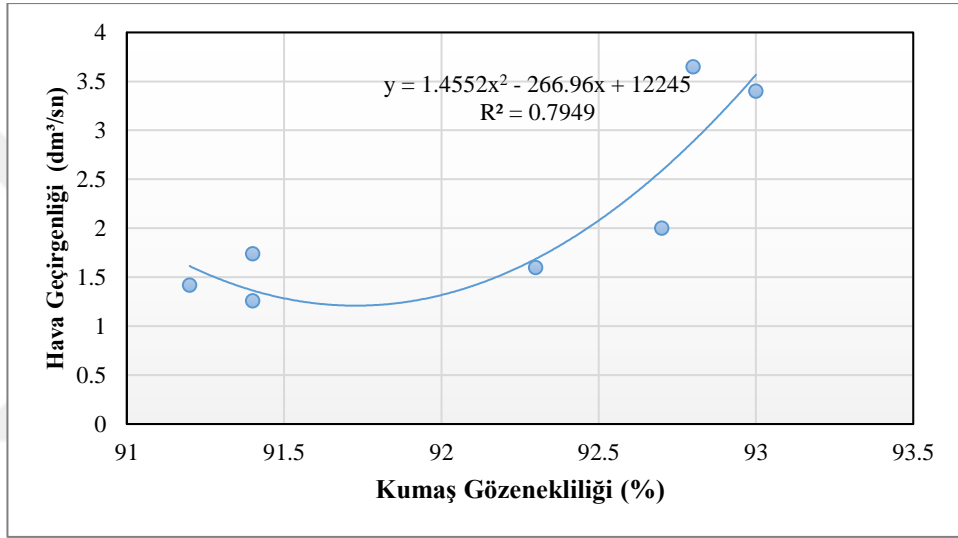
	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	56,312	6	9,385	753,059	,000
Hata	,785	63	,012		
Toplam	57,097	69			

Şekil 5.3’ te kumaş yoğunluğu ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki verilmiştir. En yüksek yoğunluk değerine sahip olan POS1 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan kumaş numunesinin en düşük hava geçirgenliği değeri gösterdiği görülmüştür. Hava geçirgenliğinin kumaş sıklığının ve yoğunluğunun artışıyla azalması birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Kothari 2006, Jhanji ve ark. 2014). Aynı iplik numarasına ve örgüye sahip POS1 ve POS2 kodlu kumaşlar birbirleriyle karşılaştırıldığında, filament sayısı ve elastan yüzdesi fazla olan POS2 kodlu kumaşın yoğunluğu daha düşük olduğundan hava geçirgenliği değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Yoğunluğu ve iplik özellikleri aynı olan PS ve PPS kodlu kumaşlar birbiriyle karşılaştırıldığında, PPS kodlu pamuk polyester iplikten yapılan kumaşın kalınlığının daha düşük olmasından dolayı hava geçirgenliği değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 5.3. Hava geçirgenliği kumaş yoğunluğu ilişkisi

Kumaş gözenekliliği ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki Şekil 5.4' te verilmiştir. Burada korelasyon katsayısı 0,79 olarak bulunmuştur yani kumaş gözenekliliği ile hava geçirgenliği arasında kuvvetli bir ilişki mevcuttur. Gözenekliliği en fazla olan PM ve TS kodlu kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin de en yüksek olduğu görülmüştür. En düşük hava geçirgenliği değerlerine sahip olan POS1 ve POS2 kodlu kumaşların gözeneklilik değerlerinin de daha düşük olduğu görülmüştür. MS kodlu modal süprem kumaşın da gramaj ve sıklık değerlerinin fazla olmasından dolayı kumaş gözenekliliği düşük olarak bulunmuştur.



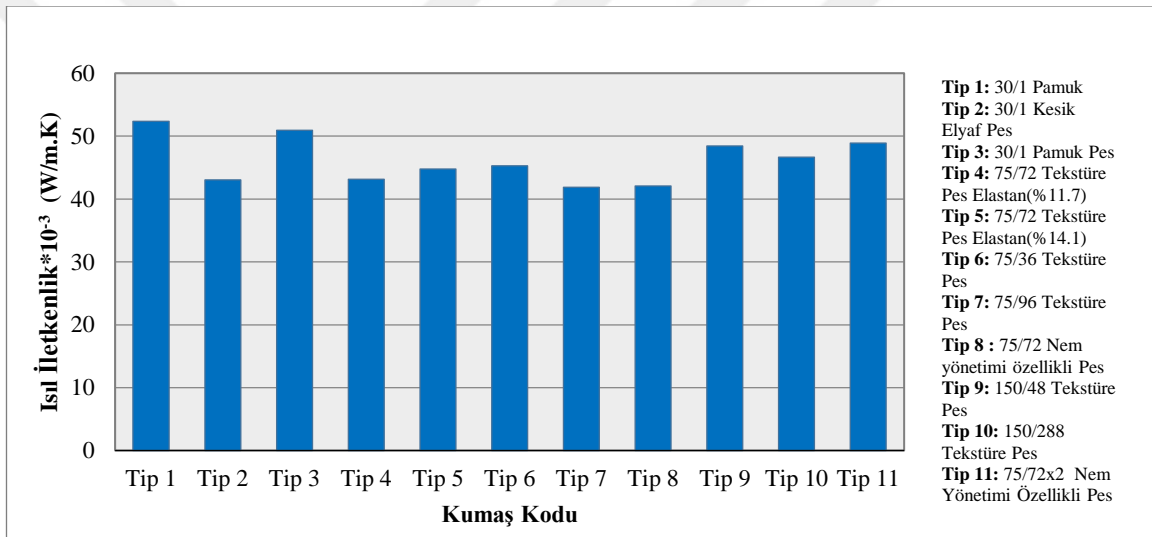
Şekil 5.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların hava geçirgenliği ve gözeneklilik ilişkisi

5.2. Kumaşların Isıl Konfor Parametrelerinin Değerlendirilmesi

5.2.1. Kumaşların Isıl İletkenlik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Tez çalışmasında kullanılan 1. Grup kumaşların Alambeta test cihazı kullanılarak ölçülen ısı iletkenlik özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.5' te gösterilmiştir. En yüksek ısı iletkenlik değeri Tip 1 kodlu 30/1 Pamuk ipliğinden yapılmış süprem kumaşa görülmüştür. Bu kumaş yapısı 30/1 kesik elyaf Polyesterden yapılan Tip 2 kodlu ve 30/1 Pamuk-Polyesterden yapılan Tip 3 kodlu süprem kumaşlarla karşılaştırıldığında yoğunluk ve lif tipinin ısı iletkenliğe etkisi görülür.

Aynı iplik numarasına sahip elastan içeren Tip 4 tekstüre polyester ve Tip 5 nem yönetimi özellikli polyester karşılaştırıldığında Tip 5' in elastan yüzdesi daha fazla olduğundan ısı iletkenlik değerinin de daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı örgü yapısına ve iplik numarasına sahip farklı filament sayısında üretilen Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu tekstüre polyester ve nem yönetimi özellikli polyester iplik içeren kumaşlar incelendiğinde; filament sayısı ve çubuk sayısı en düşük olan Tip 6 kodlu tekstüre polyester kumaşın kalınlığı en yüksek kumaş olmasına rağmen ısı iletkenlik değerinin en yüksek olduğu görülür. Bunun anlamı aynı iplik ve örgü yapısına sahip kumaşlarda filament sayısının da ısı iletkenliği etkileyen parametrelerden biri olduğudur.



Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı iletkenlik değerleri

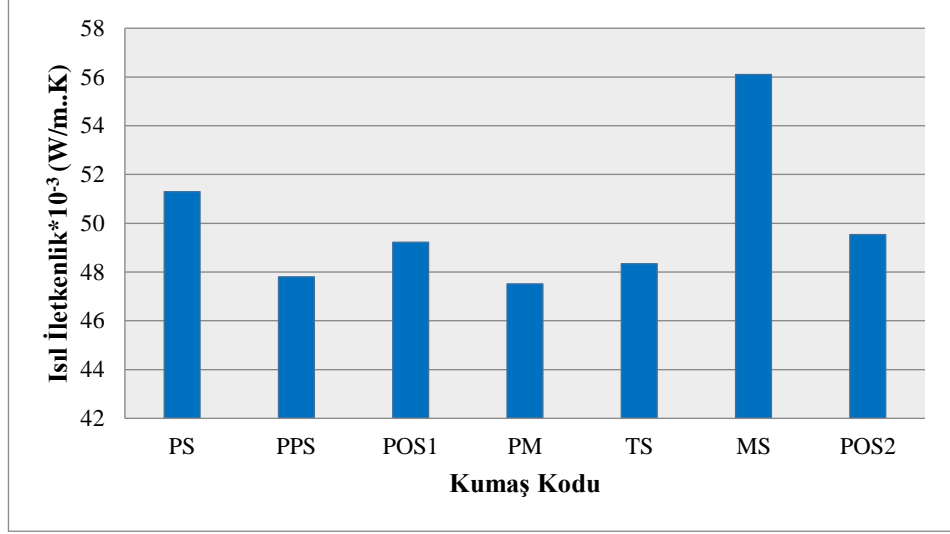
Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 kodlu kumaşlar incelendiğinde ise nem yönetimi özellikli polyesterden yapılan Tip 11 kodlu kumaşın tekstüre polyesterden yapılan kumaşlara göre ısı iletkenlik değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda tekstüre polyester ipliğin hacimli yapısından dolayı daha fazla durgun havayı içerisinde tuttuğundan ısı iletkenlik değerinin daha düşük olduğu söylenebilir. En düşük ısı iletkenlik değerleri ise Tip 7 ve Tip 8 kodlu sıra sayıları en fazla olan yağmur desen örgü yapısındaki kumaşlarda görülmüştür.

Çizelge 5.3’ te 1. Grup kumaşların ısı iletkenlik değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısı iletkenlik üzerine anlamlı farklılıklar ortaya çıkardığını söyleyebiliriz.

Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı iletkenlik varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	393,554	10	39,355	160336,81	,000
Hata	,005	22	,000		
Toplam	393,559	32			

Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı iletkenlik özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.6’ da gösterilmiştir. Kumaşların ısı iletkenlik değeri, liflerin ısı iletkenlik katsayısının yanında, kumaş içerisinde hapsedilen hava miktarı ile de yakından ilgilidir. Havanın ısı iletkenlik katsayısı oldukça düşüktür ve bu nedenle içerisinde fazla miktarda hava ihtiva eden liflerin ısı iletkenlik katsayıları da düşük olmaktadır (Marmaralı ve Oğlakçioğlu 2013). En yüksek ısı iletkenlik değeri MS kodlu modal iplikten yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür. Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2010), rejenere selüloz liflerinin kompresyon çoraplarının ısı konfor özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında pamuk, viskon ve modal iplikten yapılan çorapların ısı iletkenlik değerlerini birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek ısı iletkenlik değeri modal iplikte görülmüştür. Subjektif giyim denemelerinde kullanılan ikinci grup kumaşlar içerisinde en yüksek ikinci ısı iletkenlik değeri ise PS kodlu pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür. En düşük ısı iletkenlik değeri ise PM kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan meş örgü yapısına sahip kumaş numunesinde görülmüştür. Bu kumaşın kalınlığı da diğerlerinden fazladır.



Şekil 5.6. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısıl iletkenlik değerleri

Çizelge 5.4’ te 2. Grup kumaşların ısıl iletkenlik değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısıl iletkenlik üzerine anlamlı farklılıklar ortaya koyduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısıl iletkenlik varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	169,230	6	28,205	90,984	,000
Hata	4,34	14	,310		
Toplam	173,57	20			

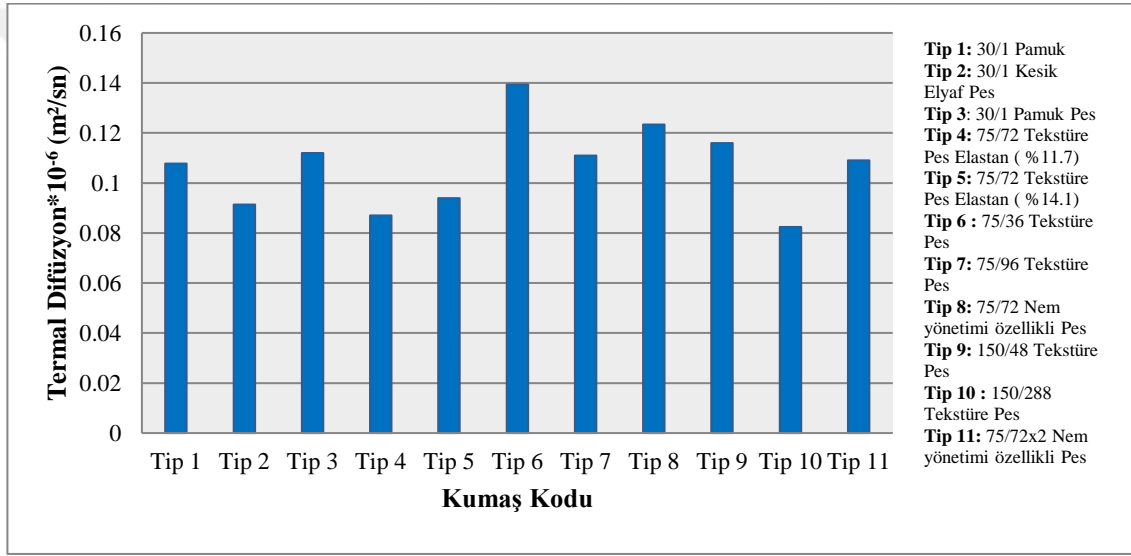
5.2.2. Kumaşların Termal Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırılması

Termal difüzyon kumaş yapısı içindeki havadan ısı akışının geçebilme kabiliyetiyle ilgilidir. Tekstil materyallerinin termal difüzyonu tekstillerin geçici termal karakteristiğidir. Homojen materyaller için termal difüzyon katsayısı aşağıdaki denklemlerle hesaplanır (Matusiak 2006).

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad (5.1)$$

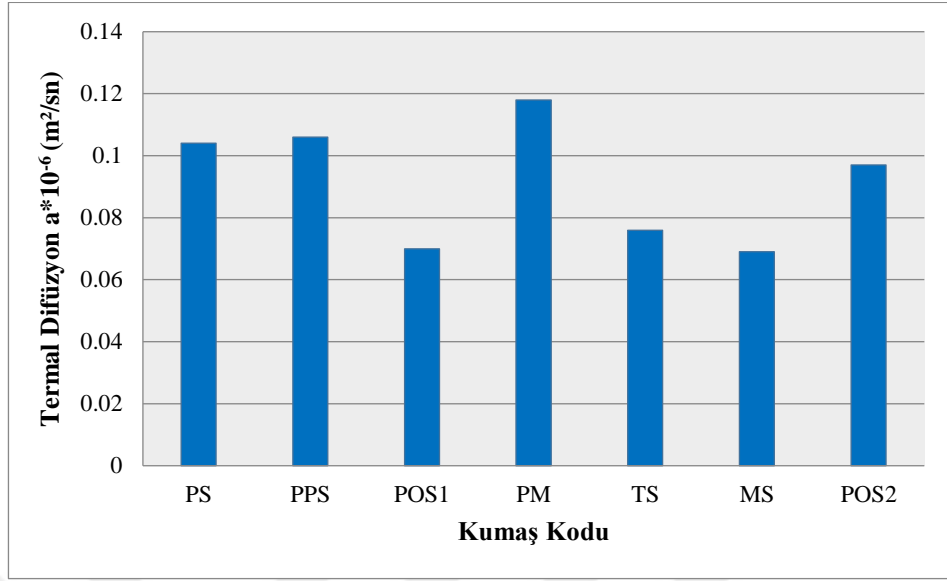
Burada a termal difüzyon katsayısı, ρ materyal yoğunluğu, k termal iletkenlik katsayısı, c özgül ısı kapasitesidir.

Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların termal difüzyon özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.7' de gösterilmiştir. En yüksek termal difüzyon özelliği en düşük iplik numaralı ve en düşük yoğunluklu kumaşlardan biri olan Tip 6 kodlu 75/36 tekstüre polyester içeren yağmur desen kumaşta görülmüştür. En düşük termal difüzyon değeri ise Tip 10 kodlu en yüksek yoğunluk değerine sahip, 150/288 tekstüre polyester süprem kumaş yapısında görülmüştür.



Şekil 5.7. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların termal difüzyon değerleri

Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal difüzyon özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.8' de gösterilmiştir. En yüksek termal difüzyon özelliği en düşük ısıl iletkenlik ve yoğunluk değerine sahip olan PM kodlu gözenekli yapıya sahip tekstüre polyester iplikten yapılan kumaş numunesinde görülmüştür. Yoğunlukları aynı olan PS ve PPS kodlu Pamuk ve Pamuk/Polyester karışımı kumaşların termal difüzyon özellikleri birbirine yakın olarak bulunmuştur. En düşük termal difüzyon özelliği MS kodlu, en yüksek ısıl iletkenlik değerine de sahip olan modal iplikten yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür.



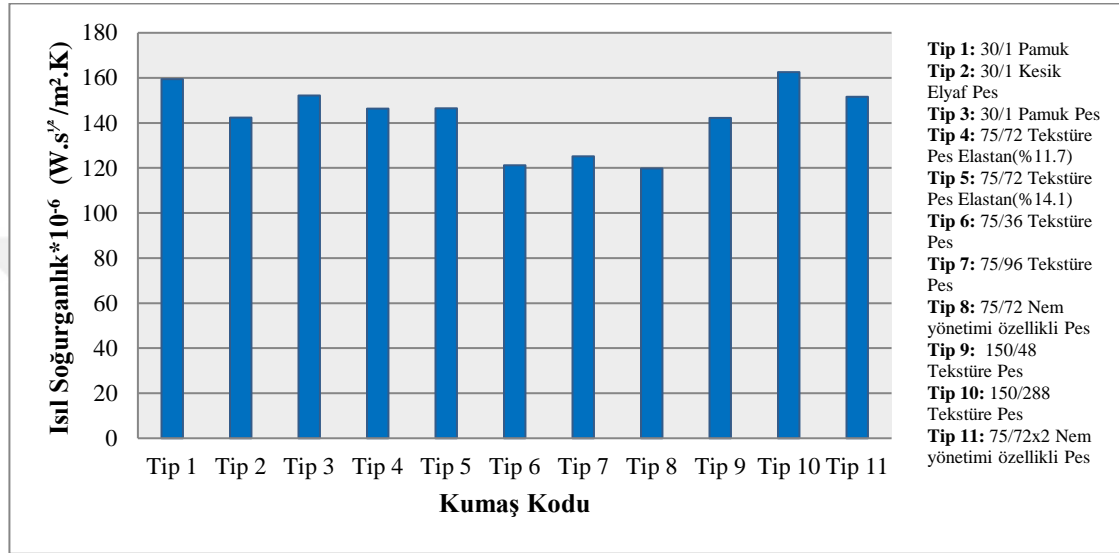
Şekil 5.8. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal difüzyon değerleri

5.2.3. Kumaşların Isıl Soğurganlık Özelliklerinin Karşılaştırılması

Isıl soğurganlık farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır. Eğer ısı soğurganlık değeri düşük ise kumaş ilk temas anında sıcak his; yüksek ise soğuk his vermektedir. Özellikle soğuk günlerde giysinin ilk giyim anında kişiye konfor hissi sağlayan bu parametre, malzemenin ısı iletkenlik, yoğunluk ve özgül ısı değerleriyle doğru orantılı olarak değişmektedir (Hes 1999).

Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı soğurganlık özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.9' da gösterilmiştir. Isıl soğurganlık değeri en yüksek kumaş yapısı Tip 10 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan süprem kumaş yapısıdır. Burada dikkat çeken nokta bu kumaşın yoğunluğunun en yüksek olmasıdır. Isıl soğurganlık özelliği en yüksek olan ikinci kumaş Tip 1 kodlu 30/1 pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaştır. Bu kumaş aynı iplik numarasına sahip tekstüre polyester ve pamuk polyesterden yapılan Tip 2 ve Tip 3 kodlu kumaşlarla karşılaştırıldığında, tekstüre polyester içeren kumaşın (Tip 2) ısı soğurganlık özelliğinin bu grup içerisinde en düşük olduğu görülür. Yani tekstüre polyester iplikten yapılan kumaş, pamuk ve pamuk polyester karışımı kumaştan daha

sıcak hissettirir. En düşük ısıl soğurganlık değerleri yağmur desen örgü yapısına sahip olan tekstüre polyester ve nem yönetimi özellikli polyester iplikten yapılan Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu kumaşlarda görülmüştür. Bu kumaşlar da kendi aralarında karşılaştırıldığında filament sayısı ve yoğunluğu daha fazla olan Tip 7 kodlu kumaşın ısıl soğurganlık özelliğinin biraz daha yüksek olduğu görülür.



Şekil 5.9. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısıl soğurganlık değerleri

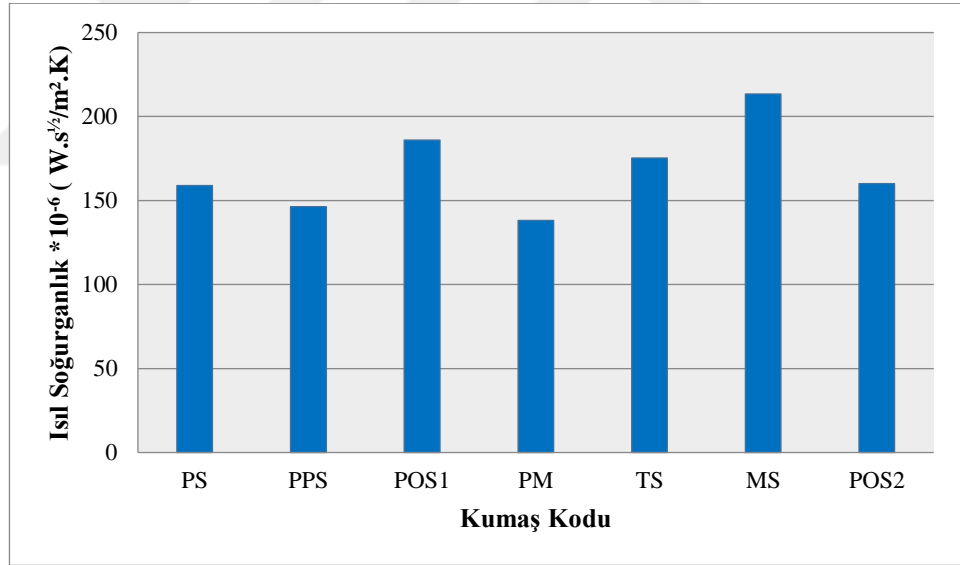
Çizelge 5.5’ te 1. Grup kumaşların ısıl soğurganlık değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısıl soğurganlık üzerine anlamlı farklılıklar ortaya koyduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 5.5. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısıl soğurganlık varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	6512,115	10	651,212	8595,992	,000
Hata	1,667	22	,076		
Toplam	6513,782	32			

Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısıl soğurganlık özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.10 ‘da gösterilmiştir. Isıl soğurganlık özelliği en yüksek kumaş yapısı ısıl iletkenlik değeri de en yüksek olan modal iplikten yapılan MS kodlu süprem kumaş

numunesidir. Bu daha önce yapılan çalışmaları da desteklemektedir. Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2010), rejenere selüloz liflerinin ısı konfor özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada modal lifinin ısı soğurganlık değerinin daha yüksek olduğunu bu nedenle ilk temas anında daha soğuk his sağlayacak olan modalın sıcak günlerde kullanım için önerilebileceğini belirtmişlerdir. 30/1 iplikten yapılan PS ve PPS kodlu Pamuk, Pamuk/Polyester kumaş numuneleri karşılaştırıldığında pamuk ipliği ile polyester karışımının ısı soğurganlık özelliğinde düşüşe sebep olduğu görülür. POS1 ve POS2 kodlu iplik numaraları aynı, elastan içerikleri ve filament sayıları farklı kumaşlar karşılaştırıldığında, filament sayısı ve elastan içeriği fazla olan POS1 kodlu numunenin ısı soğurganlık özelliğinin daha yüksek olduğu görülür. Bunun daha çok elastan iplik içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir. En düşük ısı soğurganlık değeri, yani ilk temas anında en sıcak hissettiren kumaş, kalınlığı en fazla olan tekstüre polyester iplikten yapılan PM kodlu polyester meş örme kumaştır.



Şekil 5.10. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı soğurganlık değerleri

Çizelge 5.6' da 2. Grup kumaşların ısı soğurganlık değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısı soğurganlık üzerine anlamlı farklılıklar ortaya çıkardığını söyleyebiliriz.

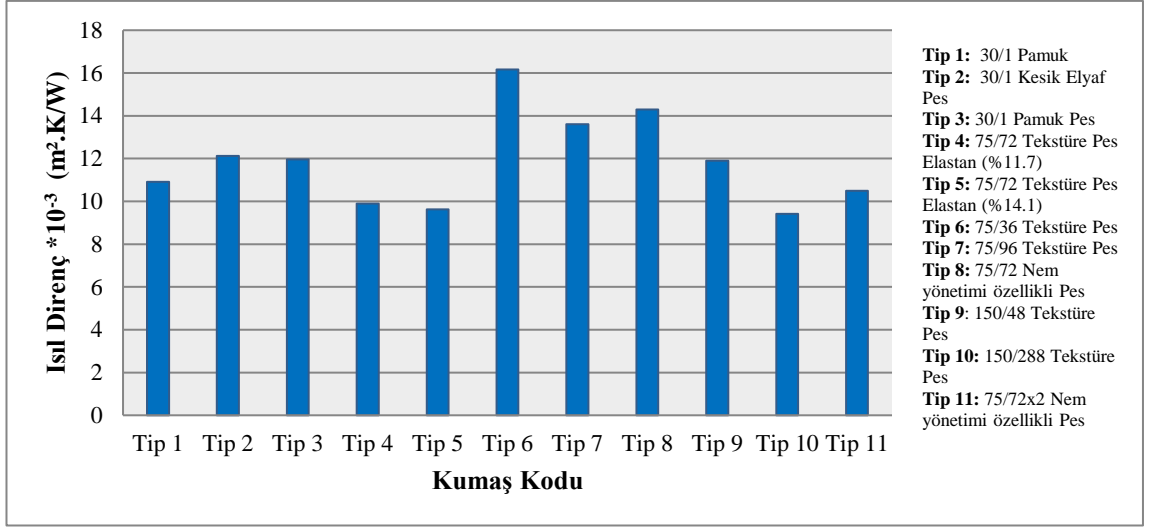
Çizelge 5.6. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısıt soğurganlık varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	12197,619	6	2032,937	126,682	,000
Hata	224,667	14	16,048		
Toplam	12422,286	20			

5.2.4. Kumaşların Isıl Direnç Özelliklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısıt direnç özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.11' de gösterilmiştir. Isıl direnç özelliği en yüksek olan kumaş termal difüzyon özelliği ve kalınlığı en yüksek olan 75/36 tekstüre polyester iplikten yapılan Tip 6 kodlu kumaştır. En düşük ısıt direnç değeri ise en düşük kalınlık değerlerinden birine sahip olan 150/288 tekstüre polyester iplikten yapılan Tip 10 kodlu kumaştır.

Aynı iplik numarasına sahip Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında gramajı en düşük olan %100 pamuklu Tip1 kodlu kumaşın termal direncinin en düşük olduğu görülür. Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örme kumaşlar kendi aralarında karşılaştırıldığında kalınlığı en fazla, filamet sayısı daha az olan Tip 6 kodlu kumaşın ısıt direnç özelliğinin diğer iki kumaşa göre daha fazla olduğu görülür. Bunun nedeni kalınlığın fazla olmasının yanında, lifler arasındaki boşluklardaki durgun hava miktarının diğer iki kumaşa göre daha fazla olması ve durgun havanın ısıt direnç özelliğinin daha fazla olmasındandır. Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 kodlu kumaşlar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise yine gramaj ve kalınlığı en fazla, filament sayısı en düşük olan Tip 9 kodlu kumaşın ısıt direnç değeri daha fazla olarak bulunmuştur.



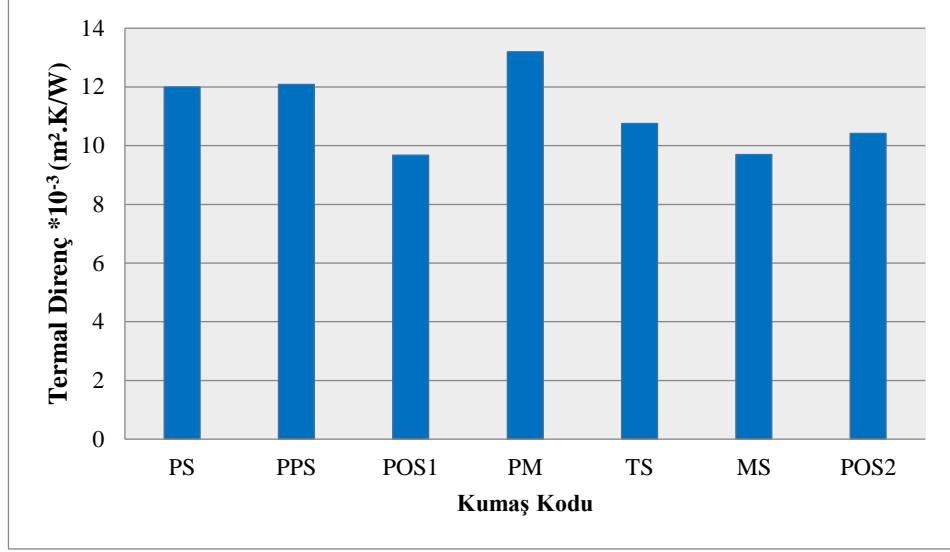
Şekil 5.11. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı direnç değerleri

Çizelge 5.7’ de 1. Grup kumaşların ısı direnç değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısı direnç üzerine anlamlı farklılıklar ortaya çıkardığını söyleyebiliriz.

Çizelge 5.7. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların ısı direnç varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	148,794	10	14,879	52,854	,000
Hata	6,193	22	,282		
Toplam	154,987	32			

Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç özelliklerinin karşılaştırılması Şekil 5.12’ de gösterilmiştir. En yüksek ısı direnç, en yüksek kalınlık değerine sahip olan PM kodlu kumaş yapısında görülmüştür. Bu kumaşın ısı soğurganlık özelliği de en düşük olarak bulunmuştur. Ayrıca bu kumaş yapısının gözenekliliğinin daha fazla olmasından dolayı daha fazla durgun hava içermesi ve havanın ısı iletkenlik değerinin bütün liflerden daha düşük olması nedeniyle ısı direncinin daha yüksek olarak bulunduğu söylenebilir. En düşük ısı direnç değeri kalınlığı da en düşük olan POS1 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür.



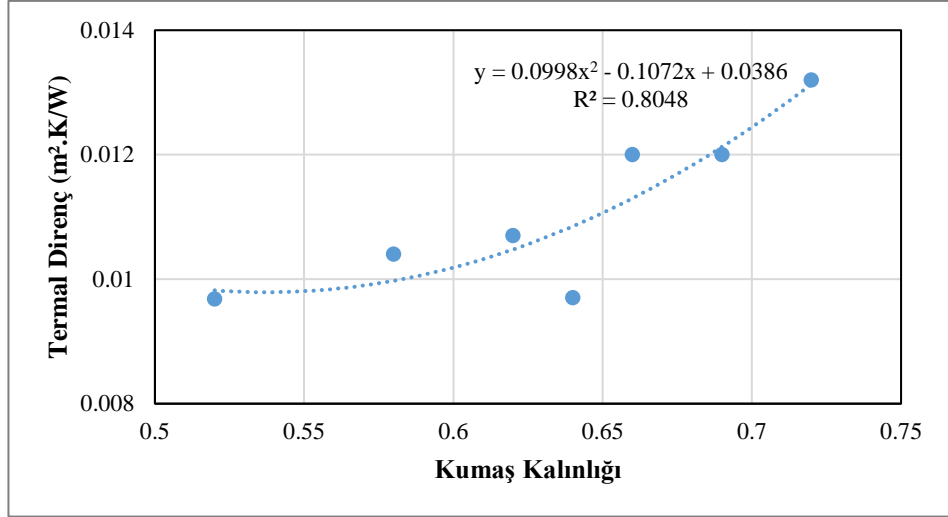
Şekil 5.12. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç değerleri

Çizelge 5.8’ de 2. Grup kumaşların ısı direnç değerlerine ait varyans analizi verilmiştir. Burada kumaş farklılıklarının ısı direnç üzerine anlamlı farklılıklar ortaya koyduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 5.8. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç varyans analizi

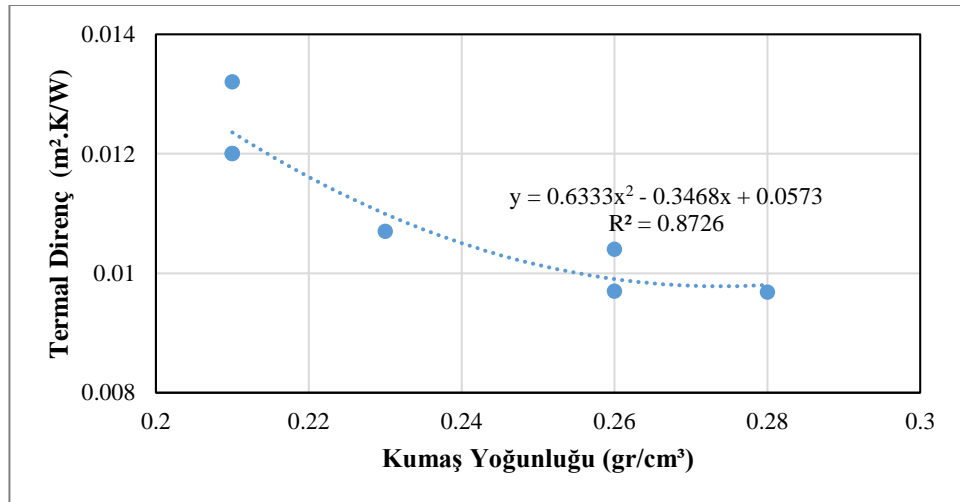
	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	33,956	6	5,659	98,220	,000
Hata	0,807	14	,058		
Toplam	34,763	20			

Şekil 5.13 ‘te tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç ve kalınlık ilişkisi verilmiştir. Korelasyon katsayısından anlaşılacağı üzere ısı direnç ve kalınlık arasında güçlü bir ilişki mevcuttur (0,80). Kalınlık değeri en yüksek olan PM kodlu polyester iplikten yapılan meş örgü yapısına sahip kumaşın ısı direnç değerinin en yüksek, kalınlığı en düşük olan POS1 kodlu polyester iplikten yapılan süprem kumaşın termal direnci en düşük olarak bulunmuştur.



Şekil 5.13. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal direnç kumaş kalınlığı ilişkisi

Şekil 5.14' te tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların termal direnç kumaş yoğunluğu arasındaki ilişki verilmiştir. Kumaş yoğunluğuyla termal direnç arasında ters orantı olduğu ve kumaş yoğunluğu arttıkça ısı direncin düştüğü görülmektedir (Korelasyon katsayısı 0,87). Bunun nedeni kumaş yoğunluğu düştükçe kumaş içerisindeki boşluklara hapsedilen hava miktarının artması sonucu, havanın tekstil liflerine göre oldukça yüksek olan termal direnç değeri, kumaştaki toplam ısı transferini azaltıp termal direnci arttıracaktır.



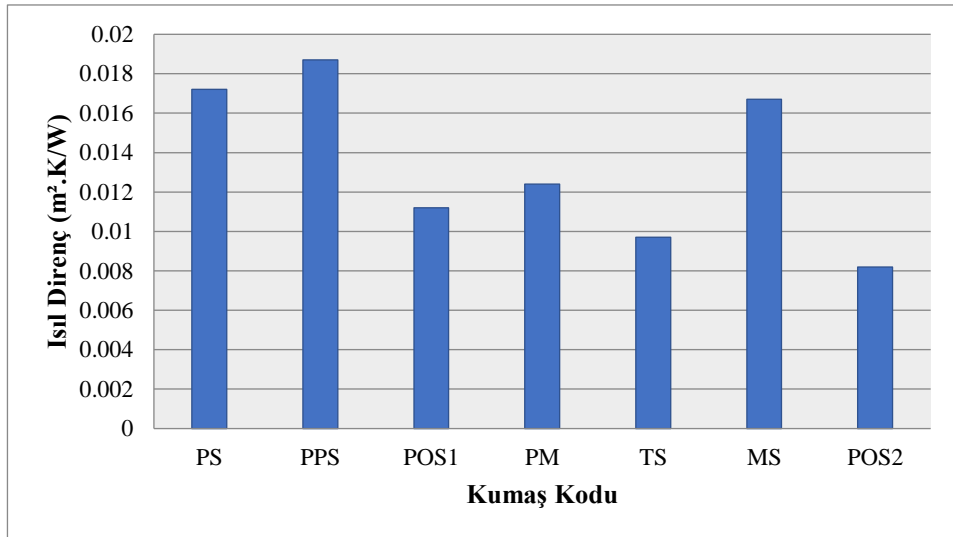
Şekil 5.14. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların termal direnç kumaş yoğunluğu ilişkisi

Çizelge 5.9’ da tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların terleyen sıcak plaka (SHP) test cihazında ölçülen ısı direnç varyans analizi sonuçları verilmiştir. Isıl dirence ait varyans analizi değerlendirildiğinde; kumaş farklılığının direnç değerlerinde anlamlı farklar ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.9. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç varyans analizi(SHP)

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	,000	6	,000	12,255	,000
Hata	,000	14	,000		
Toplam	,000	20			

Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç özellikleri terleyen sıcak plaka (SHP) cihazı kullanılarak TS EN 31092: 2000 standardına göre yapılmıştır (Şekil 5.15). En yüksek ısı direnç değeri PPS kodlu pamuk polyester (% 50/50) karışımı süprem kumaşa görülmüştür. En düşük ısı direnç değeri ise tekstüre polyester iplikten dokunan POS2 kodlu en ince iplik numarasına sahip kumaşlardan biri olan süprem kumaş yapısında görülmüştür. İkinci en düşük ısı direnç değeri TS kodlu Tencel iplikten yapılan süprem örgü yapısına sahip kumaşa görülmüştür. Bu sonuçlar ölçüm metodunun farklı olmasından dolayı Alambeta test sonuçlarından farklı olarak bulunmuştur.



Şekil 5.15. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ısı direnç özellikleri (SHP)

5.3. Kumaşların Nem İletimi Özelliklerinin Karşılaştırılması

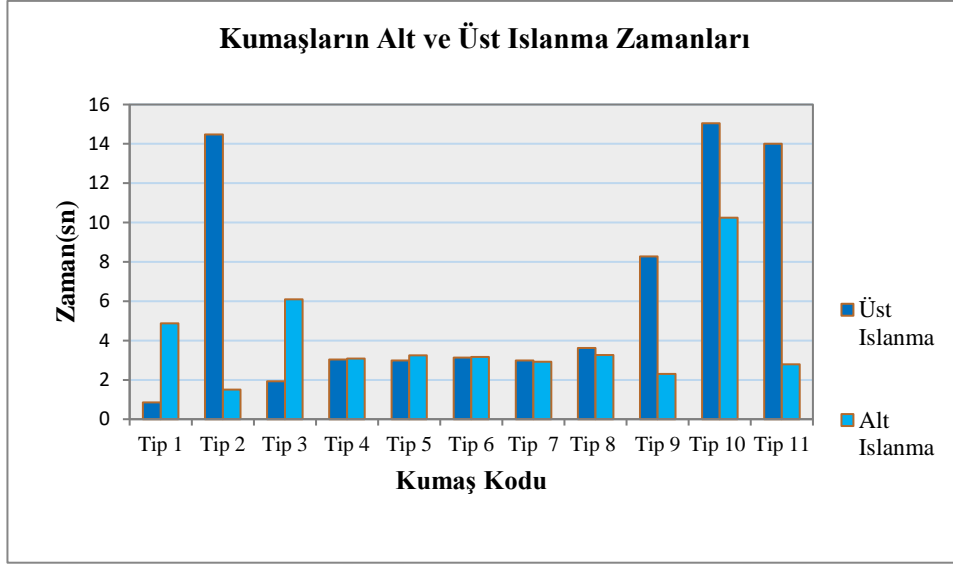
5.3.1. Kumaşların Alt ve Üst İslanma Zamanlarının Karşılaştırılması

İslanma süresi, kumaşın alt ve üst yüzeylerinin test başladıktan sonra ıslanmaya başlamasıdır ve saniye cinsinden tanımlanır. Kumaşların ıslanma zamanı değerleri MMT Nem Yönetimi test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Burada üst; kumaşın deriyle temas ettiği yüzeyi, alt ise; kumaşın havayla temas ettiği yüzeyi temsil etmektedir. Ayrıca kumaşlarımız tek katman halindedir.

Çizelge 5.10. Kumaşların ıslanma zamanlarına göre değerlendirme tablosu

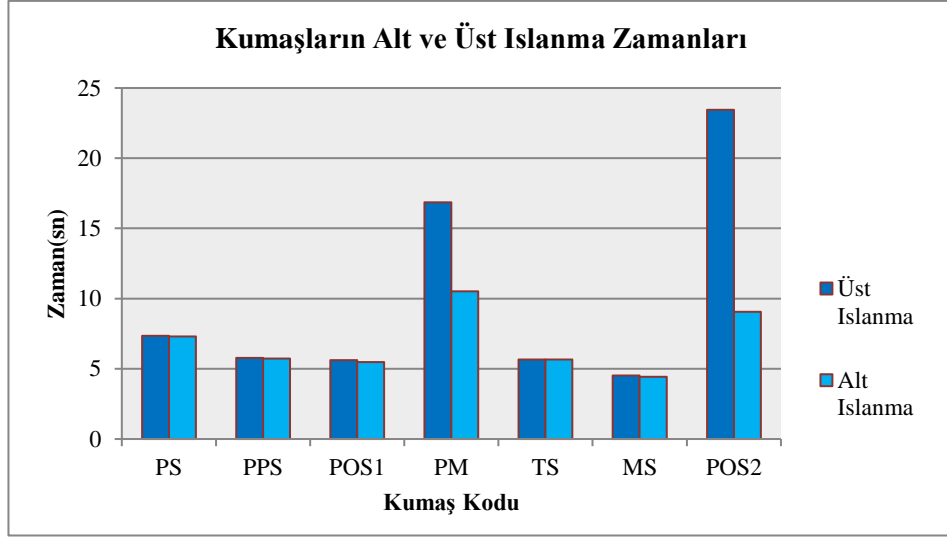
Derece	Değer Aralığı	İslanma Özelliği
1	>119	İslanma yok
2	119-20	Yavaş
3	20-5	Orta
4	5-3	Hızlı
5	≤ 3	Çok hızlı

Şekilde 5.16' da tez kapsamında testleri yapılan 1.Grup kumaşların MMT test cihazında ölçülen alt ve üst ıslanma zamanı değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. En yüksek alt ve üst ıslanma zamanı kalın iplik numarasına ve en fazla filament sayısına sahip Tip 10 kodlu 150/288 Tekstüre Polyester süprem kumaş yapısında görülmüştür. En düşük üst ıslanma zamanı Tip1 kodlu 30/1 pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaş yapısında görülmüştür. Tip 4, Tip 5, Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu kumaş yapılarının ise üst ve alt ıslanma zamanı benzer grafik değeri göstermiştir. Bu kumaşlar MMT değerlendirme skalasına göre hızlı ve çok hızlı ıslanma değeri göstermişlerdir.



Şekil 5.16. Çalışmada kullanılan 1.Grup kumaşların ıslanma zamanı

Şekil 5.17’ de tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların MMT test cihazında ölçülen alt ve üst ıslanma zamanı değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. En düşük alt ve üst ıslanma değeri MS kodlu 80/2 Siro modal ipliğinden yapılmış kumaş numunesinde görülmüştür. Yani bu kumaş numunesi diğer kumaşlara göre daha hızlı ıslanır. En yüksek alt ve üst ıslanma değerleri POS2 kodlu 100/96 Textüre polyester +20 D Elastan içeren süprem kumaşta görülmüştür. İplik yapısı aynı, filament sayısı fazla ve gramajı daha düşük olan POS1 kodlu kumaşın ise ıslanma zamanı daha düşük olduğundan bu kumaş daha hızlı ıslanır. Pamuk (PS), Pamuk/Polyester (PPS) ve Polyester (POS1) kodlu süprem kumaşlar karşılaştırıldığında en yüksek ıslanma zamanı PS kodlu pamuklu kumaşta görülmüştür. Polyester hidrofobik karakterde olduğundan ve suyu emmeden kılcallık yoluyla kumaşın diğer yüzeyine transfer eder. Pamuk ise hidrofilik karakterde olduğundan üst yüzeyine damlatılan suyu emer ve bu suyu içerisinde tutarak kapılar ıslanma yoluyla transfer edilmesini engeller. Benzer durum Jhanji ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da görülmüştür (Jhanji ve ar. 2014).



Şekil 5.17. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların ıslanma zamanı

5.3.2. Kumaşların Emilim Oranlarının Karşılaştırılması

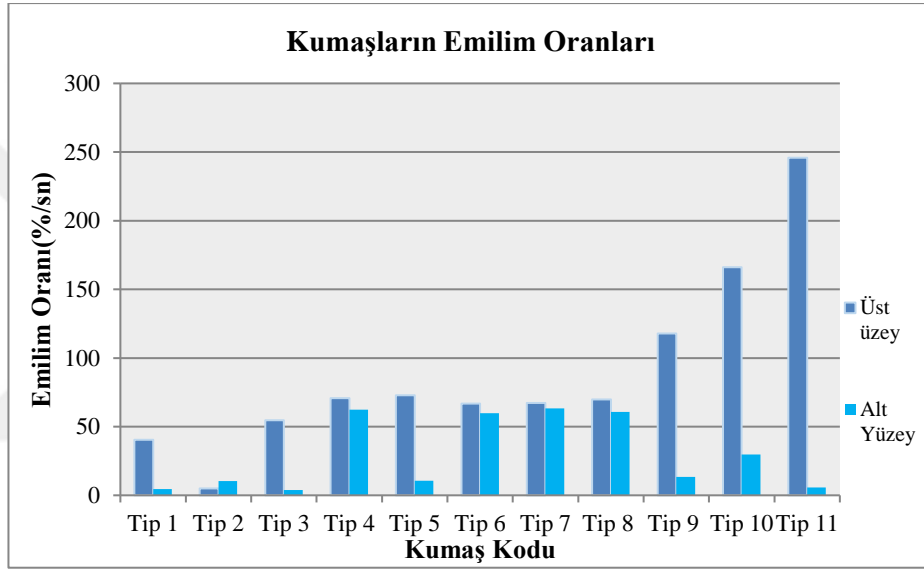
Absorpsiyon yani emilim oranı, pompalama süresi içerisinde (20 sn) kumaşın alt ve üst yüzeylerinin ortalama nem emicilik yeteneği (%/sn) olarak tanımlanır. İslanma zamanında olduğu gibi emilim oranı da iplik numarası incelidikçe, kumaş kalınlığının düşmesiyle ters orantılı olarak artar. Çizelge 5.11 ‘de kumaşların emilim oranlarına göre değerlendirme tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.11. Kumaşların emilim oranlarına göre değerlendirme tablosu

Derece	Değer Aralığı	Emilim Özelliği
1	0-10	Çok yavaş
2	10-30	Yavaş
3	30-50	Orta
4	50-100	Hızlı
5	>100	Çok hızlı

Şekil 5.18’ de 1. Grup kumaşların MMT test cihazı kullanılarak ölçülen alt ve üst yüzey emilim oranları verilmiştir. Kumaşların üst emilim oranları karşılaştırıldığında en yüksek üst emilim oranı Tip 11 kodlu nem yönetimi özellikli polyester süprem kumaşta görülmüştür. Bu kumaş Tip 9 ve Tip 10 kodlu tekstüre polyester kumaşlarla

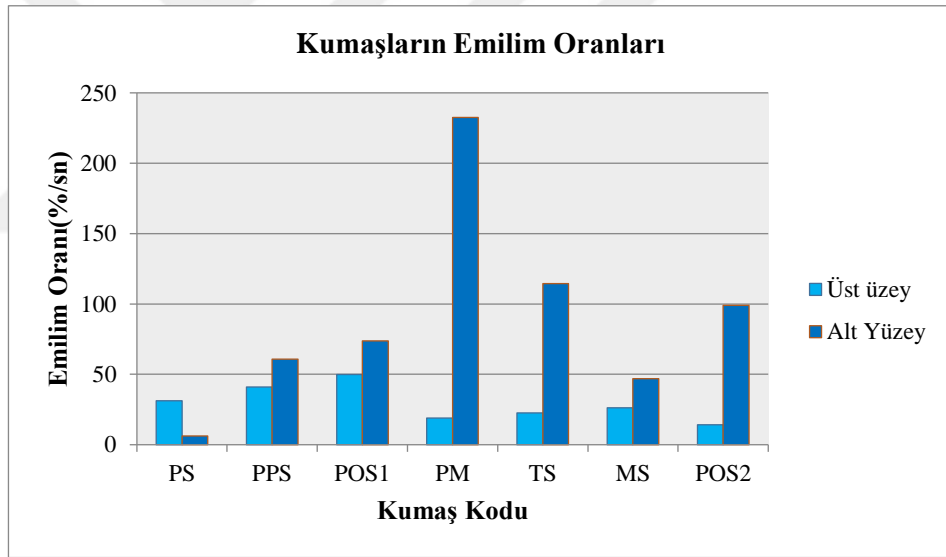
karşılaştırıldığında en yüksek üst emilim nem yönetimi özellikli polyester, en düşük üst emilim gramajı en fazla olan Tip 9 tekstüre polyester süprem kumaşa görülmüştür. En düşük üst emilim oranına ise Tip 2 kodlu kesik elyaf polyester kumaşa rastlanmıştır. Bu kumaş benzer iplik numarasındaki Tip 3 pamuk polyester ve Tip 1 pamuk kumaşla karşılaştırıldığında, en düşük emilim oranı sadece polyester içeren kumaşa en yüksek üst emilim pamuk/pes karışımı kumaşa görülmüştür. Bu üç kumaş yapısının alt emilim oranları ise diğer kumaşlarla karşılaştırıldığında en düşük emilim oranı değerlerini göstermişlerdir.



Şekil 5.18. Çalışmada kullanılan 1. Grup Kumaşların emilim oranları

Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örgü kumaşlar karşılaştırıldığında bu üç kumaşın da emilim oranları birbirine yakın ve MMT değerlendirme skalasına göre hızlı olarak bulunmuştur. Tip 4 ve Tip 5 kodlu elastanlı tekstüre polyester ve tekstüre nem yönetimi özellikli polyester kumaş karşılaştırıldığında üst emilim oranları yakın değerler gösterse de alt emilim oranı nem yönetimi özellikli polyesterde daha düşük olarak görülmüştür. Bunun nedeni iplik farklılığı ve nem yönetimi özellikli polyester içeren kumaşın elastan içeriğinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.19’ da çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların alt ve üst yüzeylerinin emilim oranları verilmiştir. PS kumaş yapısı dışında bütün kumaşların alt yüzey emilim oranlarının üst yüzey emilim oranlarından fazla olduğu görülmüştür. Bunun anlamı kumaşın üst yüzeyi tarafından emilen ter çözeltisinin hızlı bir şekilde alt yüzeye aktarıldığı terin üst yüzeyde birikim yapmadığıdır. En yüksek alt emilim oranı PM kodlu tekstüre polyester meş örgü yapıdaki kumaşta görülmüştür. Bu durum kumaşın üst yüzeyi tarafından emilen ter çözeltisinin alt yüzeye kolayca aktarıldığını göstermektedir. Bu kumaşın alt yüzey sıvı yayılma hızı da yüksek olarak bulunmuştur. En düşük üst yüzey emilim oranı POS2 kodlu tekstüre polyester kumaşta görülmüştür. Bu kumaş aynı zamanda en yüksek ıslanma zamanı gösteren kumaş yapısıdır. Burada dikkat çeken nokta bu kumaşın iplik numarası düşük olmasına rağmen en yüksek sıklık değerleri gösteren kumaş yapısı olmasıdır.



Şekil 5.19. Çalışmada kullanılan 2. Grup Kumaşların emilim oranları

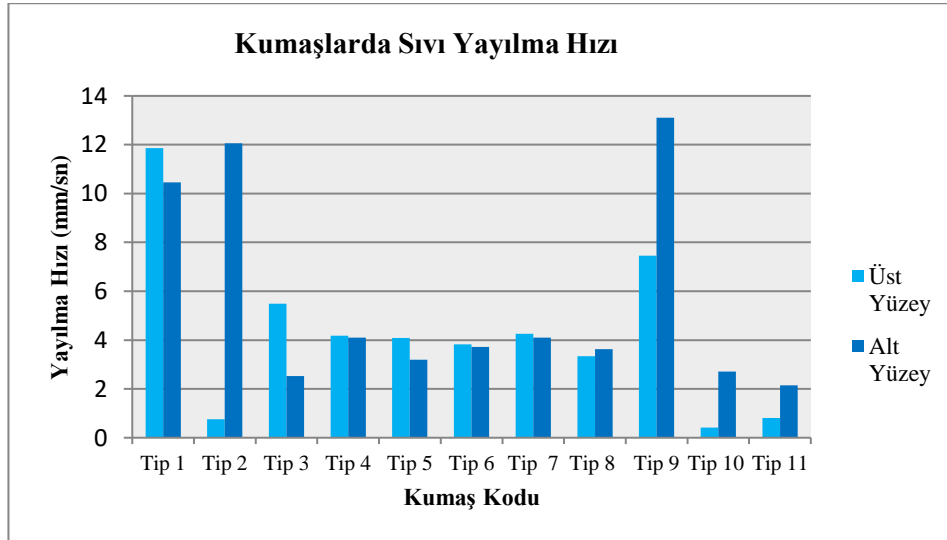
5.3.3. Kumaşların Islanma Hızlarının Karşılaştırılması

Islanma hızı: merkezden maksimum ıslanma halkasına kümülatif yayılma hızı olarak tanımlanır. Kumaşların alt ve yüzey yayılma hızı değerleri değerlendirme tablosu Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Kumaşların yayılım hızı değerlendirme tablosu

Derece	Değer Aralığı	Sıvı Yayılma Hızı
1	0-1	Çok yavaş
2	1-2	Yavaş
3	2-3	Orta
4	3-4	Hızlı
5	>4	Çok hızlı

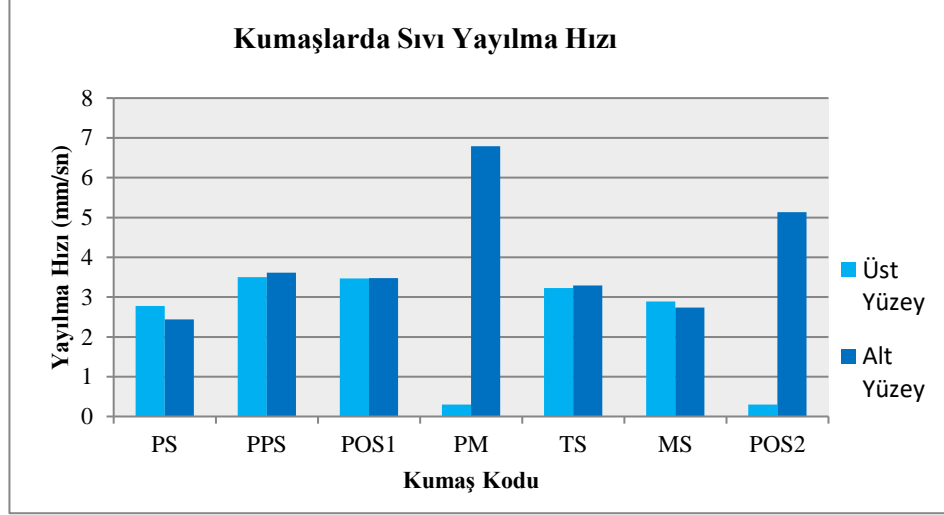
Şekil 5.20’ de tez çalışmasında kullanılan 1. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım hızlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kumaşların yayılma hızları karşılaştırıldığında en yüksek üst ve alt yayılma hızı 30/1 pamuk ipliğinden yapılan pamuklu kumaşta görülmüştür (Tip 1). Burada pamuğun hidrofilik karakterde olması nedeniyle üzerine damlatılan ter çözeltisini hızlı bir şekilde emdiği söylenebilir. Bu kumaş Tip 2, 30/1 kesik elyaf polyester kumaşla karşılaştırıldığında kesik elyaf polyester kumaşın üst yüzeyi düşük yayılma hızı gösterirken, alt yüzeyi yüksek yayılma özelliği göstermiştir. Tip 3 kodlu pamuk pes karışımı iplikten yapılan kumaş ise MMT değerlendirme skalasına göre üst yüzey hızlı yayılma gösterirken alt yüzey orta değerde yayılma özelliği göstermiştir.



Şekil 5.20. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım değerleri

Tip 4 ve Tip 5 kodlu elastanlı kumaşlar karşılaştırıldığında, elastan yüzdesi fazla olan Tip 5 kodlu nem yönetimi özellikli polyester kumaşın alt yayılma hızı daha düşük değer göstermiştir. Bu elastan iplikten yapılan kumaşın yoğunluğunun fazla olmasından dolayıdır. Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örme kumaşlar karşılaştırıldığında; Tip 6 ve Tip 8 kodlu kumaşlar MMT değerlendirme skalasına göre hızlı yayılım gösterirken, Tip 7 kodlu kumaş çok hızlı yayılım göstermiştir. Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında, en yüksek üst ve alt yayılma hızı filament sayısı düşük olan tekstüre polyester (Tip 9) kodlu kumaşta görülmüştür. Tip 11 kodlu nem yönetimi özellikli polyesterin üst yayılma hızı Tip 10 kodlu 150/288 tekstüre polyesterden fazla iken, alt yayılma hızı daha düşüktür. Bu iki kumaşın üst yüzey ıslanma hızları MMT değerlendirme skalasına göre çok yavaş, alt yüzeyleri ise orta değer aralığındadır.

Şekil 5.21' de çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım hızlarının karşılaştırılması verilmiştir. En yüksek alt yüzey sıvı yayılım hızı yine en yüksek alt emilim oranına sahip tekstüre polyester meş örgü yapılı (PM) kumaş numunesinde görülmüştür. Bu kumaşın üst yüzey yayılma hızı değeri ise MMT değerlendirme skalasına göre çok yavaştır. Bu kumaş numunesinin ter çözeltilisini diğer yüzeye aktardığı ve ter çözeltilisinin alt yüzeyde daha hızlı yayılım gösterdiği anlaşılır. PPS, POS1 ve TS kodlu kumaşların yayılma hızı değerleri 3-4 aralığında olduğundan bu kumaşlar MMT değerlendirme skalasına göre hızlı ıslanma değeri gösterirler. PS kodlu pamuk süprem ve MS kodlu siro modal süprem kumaşın ise yayılma değerleri 2-3 aralığında olduğundan bu kumaşlar MMT değerlendirme skalasına göre orta ıslanma hızı değeri gösterirler. Bu kumaşların emilim oranları da diğer kumaşlara göre daha düşük olarak bulunmuştur.



Şekil 5.21. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların alt ve üst sıvı yayılım değerleri

5.3.4. Kumaşların Maksimum Islak Çap Değerlerinin Karşılaştırılması

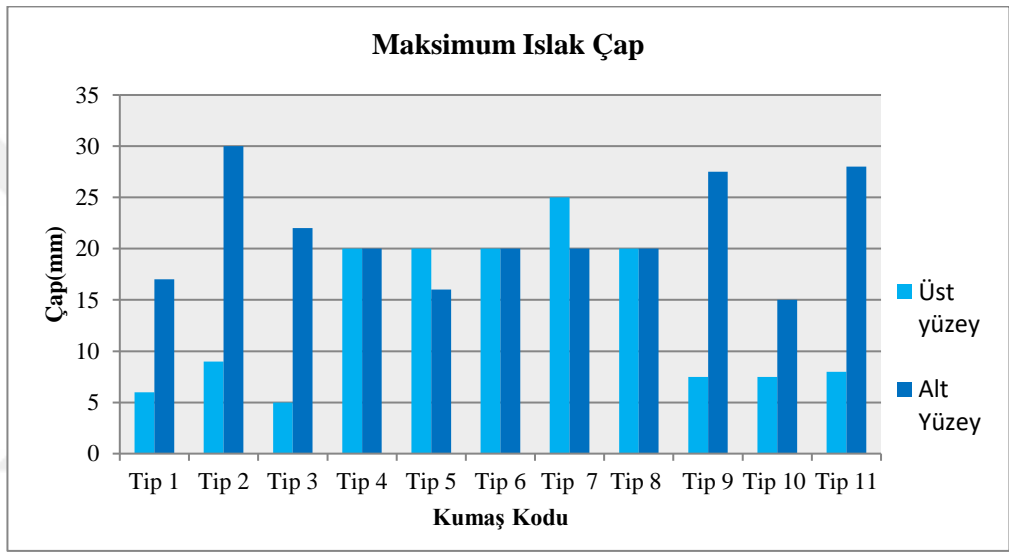
Kumaşların maksimum ıslak çap değerleri kumaş tarafından emilen suyun hangi çapta kumaş yüzeyine dağılım yaptığı ve kumaşın kuruma davranışıyla ilgidir. Genel olarak çap büyüdükçe kuruma hızı da artar diyebiliriz. Çizelge 5.13' te kumaşların maksimum ıslak çap değerlendirme tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.13. Kumaşların maksimum ıslak çap değerlendirme tablosu

Derece	Değer Aralığı	Maksimum Islak Çap
1	0-7	Islanma yok
2	7-12	Yavaş
3	12-17	Orta
4	17-22	Hızlı
5	>22	Çok hızlı

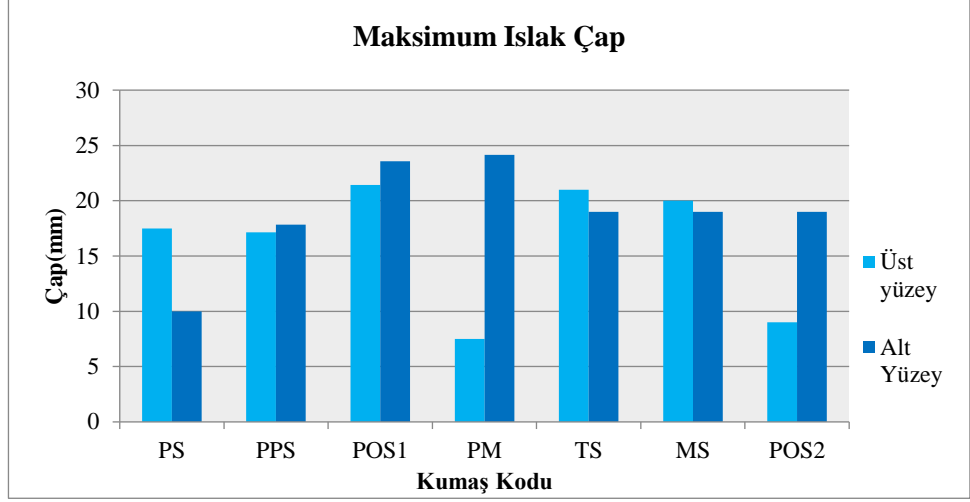
Şekil 5.22' de tez çalışmasında kullanılan 1. Grup kumaşların maksimum çap değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında en yüksek çap değerleri kesik elyaf polyesterden yapılmış kumaşta gözlenmiştir. Polyesterin kılcallık özelliği vasıtasıyla sıvıyı daha geniş çapta yaydığı söylenebilir. Tip 4 ve Tip 5 karşılaştırıldığında üst maksimum ıslak çap değerlerinin aynı değerde olduğu, alt maksimum ıslak çap değerinin ise elastan yüzdesi fazla olan Tip 5'te daha düşük olduğu

gözenmiştir. Bu elastan ipliğin nem çekmeme özelliği nedeniyledir. Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında, yayılma hızı fazla olan Tip 7 kodlu kumaşın üst yüzeyde daha geniş çapta yayıldığı görülür. Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında ise maksimum üst çap değerlerinin birbirine yakın olduğu, maksimum alt ıslak çap değerine en fazla nem yönetimi özellikli polyester kumaşta rastlandığı görülmüştür. Çap değerinin yüksek olması kumaşın kuruma özelliğini etkilediğinden daha geniş çapta yayılan kumaş numunelerinin daha hızlı kuruma davranışı göstereceğini söyleyebiliriz.



Şekil 5.22. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların maksimum ıslak çap değerleri

Şekil 5.23' te çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların maksimum ıslak çap değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. PM ve POS2 kodlu kumaşlar üst yüzeyde düşük çap değeri gösterirken alt yüzeyde yüksek çap değeri gösterirler. En yüksek alt ve üst maksimum ıslak çap değerleri en düşük kalınlık değerine sahip olan POS1 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan kumaş numunesinde görülmüştür. PS kodlu pamuk süprem kumaş dışındaki bütün kumaşların alt yüzey maksimum ıslak çap değerleri MMT değerlendirme skalasına göre hızlı olarak bulunmuştur.



Şekil 5.23. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların maksimum ıslak çap değerleri

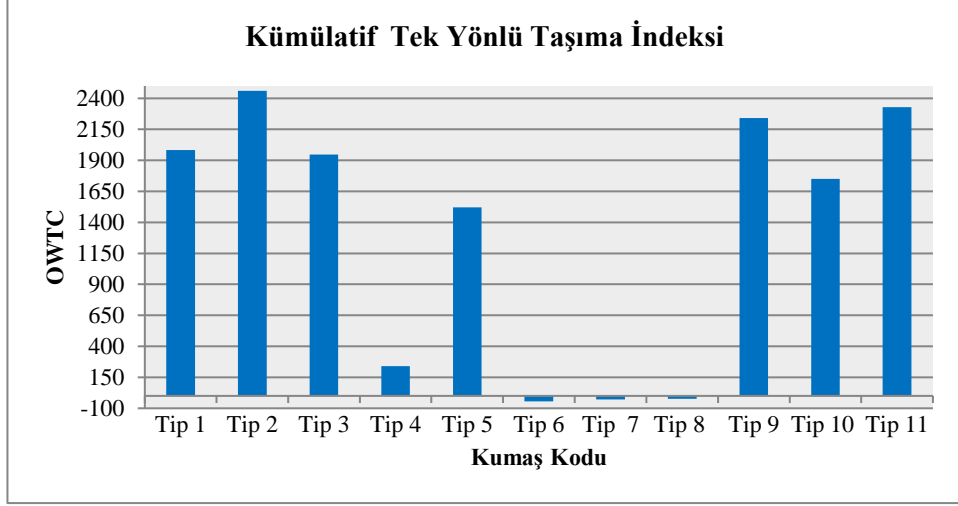
5.3.5. Kumaşların Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksinin Karşılaştırılması

Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (OWTC): Kumaşın iki yüzü arasındaki nem miktarı farkıdır. Çizelge 5.14' te kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerlendirme tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.14. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerlendirme tablosu

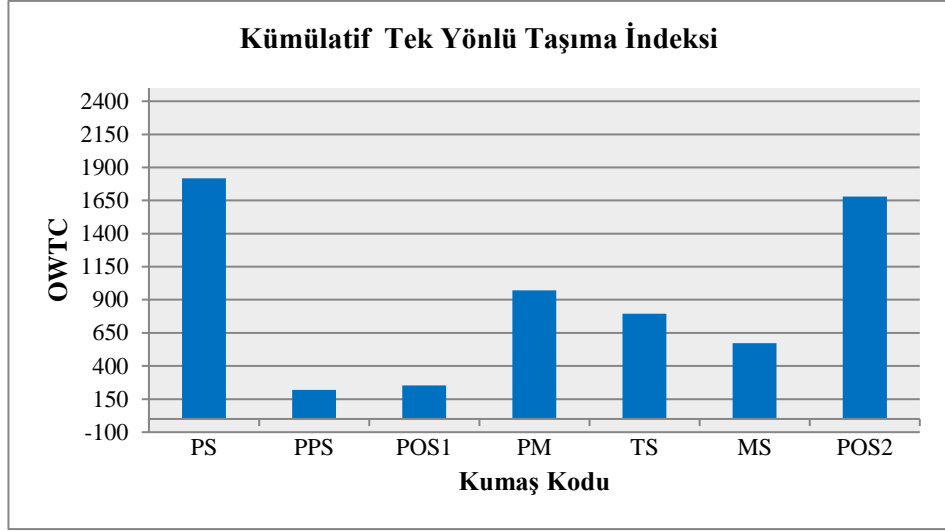
Derece	Değer aralığı	Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi
1	< -50	Tek Yönlü taşınım yok
2	(-50) -100	Zayıf
3	100-200	İyi
4	200-400	Çok İyi
5	≥400	Mükemmel

Şekil 5.24' te tez çalışmasında kullanılan 1. Grup kumaşların tek yönlü taşıma indeksi değerleri karşılaştırılmıştır. En yüksek kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri Tip 2 kodlu kesik elyaf polyester ve Tip 11 kodlu nem yönetimi özellikli polyester kumaşlarda görülmüştür. Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örgü yapıdaki kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri MMT değerlendirme skalasına göre çok kötü olarak bulunmuştur. Bu da üst yüzey tarafından emilin ter çözeltisinin alt yüzeye çok düşük oranda iletildiği anlamına gelir.



Şekil 5.24. Çalışmada kullanılan 1.Grup kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi

Şekil 5.25’ te giyim denemelerinde kullanılan 2. Grup kumaşların tek yönlü taşıma indeksi değerleri karşılaştırılmıştır. En yüksek kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değeri PS kodlu pamuk ipliğinden yapılan kumaş numunesinde görülmüştür. Bunun anlamı kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkının diğerlerinden daha fazla olduğudur. Pamuklu kumaşın teri emdikten sonra tutması iki yüzey arasında farkın fazla olmasına neden olmaktadır. PPS kodlu pamuk/polyester ve POS1 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan kumaşların OWTC değerleri diğerlerine göre daha düşük olmakla birlikte MMT değerlendirme skalasına göre iyi değer aralığındadır. PM, TS, MS ve POS2 kodlu kumaşların ise OWTC değeri 400 ‘den büyük olduğundan MMT değerlendirme skalasına göre mükemmel tek yönlü taşınım değeri gösterirler.



Şekil 5.25. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi

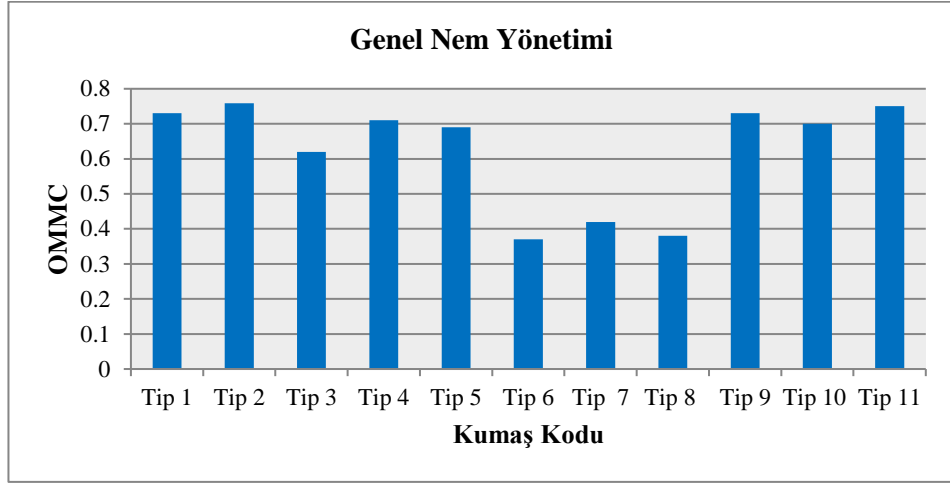
5.3.6. Kumaşların Genel Sıvı Yönetim Performanslarının Karşılaştırılması

Kumaşların genel sıvı yönetim performansları (OMMC) : kumaşın genel nem yönetim özelliğini belirlemede kullanılan bir değerdir. Çizelge 5.15' te kumaşların kümülatif nem yönetim özellikleri değerlendirme tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.15. Kumaşların genel nem yönetim özellikleri değerlendirme tablosu

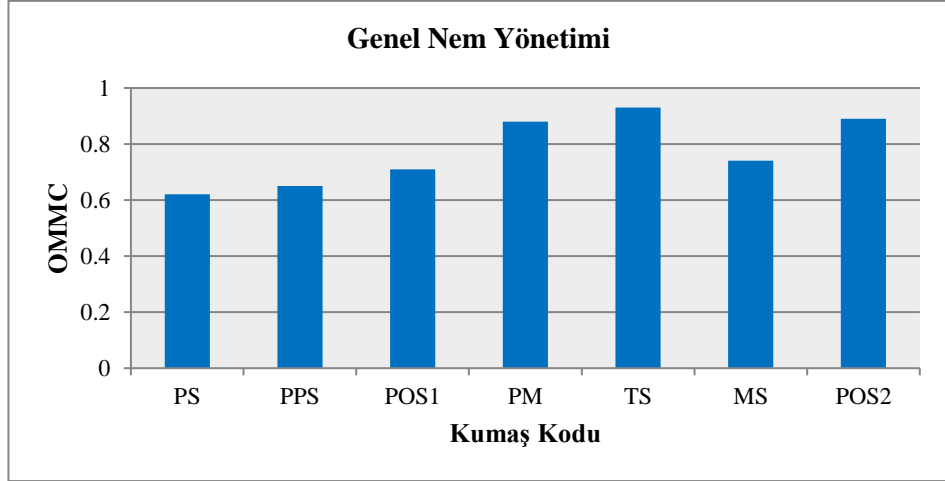
Derece	Değer Aralığı	Sıvı Yönetim Performansı
1	0,0-0,19	Çok Kötü
2	0,2-0,39	Kötü
3	0,4-0,59	İyi
4	0,6-0,8	Çok İyi
5	>0,8	Mükemmel

Şekil 5.26' da çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların genel nem yönetimi özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri çok kötü olarak bulunan Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örgü yapıdaki kumaşlar dışındaki bütün kumaşların genel nem yönetim değeri 0,6-0,8 değer aralığında yer aldığından bu kumaşların genel nem yönetimi özelliği çok iyidir. Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu kumaşların ise genel nem yönetimi özellikleri MMT değerlendirme skalasına göre kötü olarak bulunmuştur.



Şekil 5.26. Çalışmada kullanılan 1. Grup kumaşların genel nem yönetimi özellikleri

Şekil 5.27' de tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların genel nem yönetimi özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir. En yüksek genel nem yönetimi özelliği TS kodlu Tencel iplikten yapılan süprem kumaşta görülmüştür. Bu kumaş yapısı ter çözeltisini daha fazla emer ve hızlı bir şekilde kumaşın diğer yüzüne transfer ederek kullanıcıyı daha konforlu hissettirir sonucu çıkarılabilir. PM, TS ve POS2 kodlu kumaşların genel nem yönetimi özellikleri 0,8 'den büyük olduğundan MMT değerlendirme sklasına göre mükemmel değer aralığındadır. MS kodlu kumaş çok iyi OMMC değeri gösterirken; PS, PPS ve POS1 kodlu pamuk, pamuk polyester ve polyester iplikten yapılan kumaşlar iyi OMMC değeri göstermişlerdir. En düşük genel nem yönetimi değeri PS kodlu Pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür. Bunun nedeni kümülatif nem transfer indeksi değerinin fazla olmasına rağmen alt yüzey emilim oranının düşük olmasıdır.



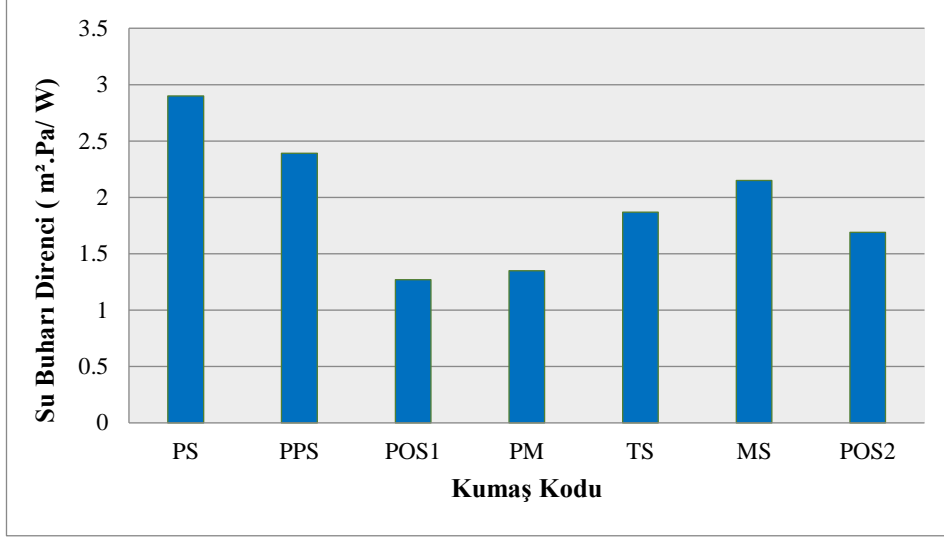
Şekil 5.27. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların genel nem yönetim özellikleri

Objektif ölçüm sonuçları doğrultusunda 1. Grup kumaşlardan elde edilen bilgiler doğrultusunda, farklı liflerin sübjektif giyim denemeleri ölçüm sonuçlarına etkisi araştırılmak istendiğinden gramaj değerleri birbirine yakın olan 2. Grup kumaş yapıları ürettirilmiş ve giyim denemelerinde kullanılmıştır. MS kodlu modal süprem kumaş yapısı su buharı direnci değerinin yüksek, hava geçirgenliği değerinin çok iyi olmaması nedeniyle giyim denemelerinde yer almamıştır. POS2 kodlu kumaşın su buharı direnci değeri POS1 kodlu kumaştan daha fazla olduğundan bu kumaş da giyim denemelerinde kullanılmamıştır. PS kodlu pamuk süprem kumaş yapısı kontrol numunesi olarak seçilmiştir. PPS kodlu pamuk polyester kumaş ise piyasada çok kullanıldığı için giyim denemesi testlerinde yer almıştır. TS kodlu kumaş yapısının hava geçirgenliği ve genel nem yönetimi özellikleri çok iyi olduğundan giyim denemesi içerisinde yer almıştır. PM kodlu kumaş meş örgü yapısına sahip olması, su buharı direnci değerinin düşük olması nedeniyle giyim denemelerinde kullanılmıştır.

5.3.7. Kumaşların Su Buharı Direnci Özelliklerinin Karşılaştırılması

Su buharı direnci, kumaşın su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Su buharı geçirgenliği ve su buharı direnci ters orantılı olarak değişmektedir (Hes 2008, Baczek ve Hes 2013). Tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direnci özellikleri Terleyen Sıcak Plaka (Sweating Hot Plate) cihazı kullanılarak TS EN 31092: 2000 standardına göre yapılmıştır.

Şekil 5.28' de tez çalışmasında kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı dirençlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Su buharı direnci, su buharı geçirgenliğiyle ters orantılı bir kavramdır. Yani su buharı direnci yüksek olan kumaşın su buharı geçirgenliği değeri düşüktür. Özellikle aktif spor giyimde terin hızlı bir şekilde dış ortama atılması gerektiğinden su buharı geçirgenliği yüksek kumaş yapıları tercih edilir. Giyim denemesinde kullanılan 2. Grup kumaşlar incelendiğinde en yüksek su buharı direnci PS kodlu %100 Pamuk süprem kumaş yapısında görülmüştür. En yüksek ikinci su buharı direnci yine pamuk polyester karışımı iplikten yapılan PPS kodlu kumaş numunesinde görülmüştür. Burada kumaş yoğunluğu azaldıkça su buharı direnç değerinin arttığını görmekteyiz. Bunun nedeni yoğunluk arttıkça lif boşlukları arasındaki durgun havanın yerini liflerin almasıdır. Bu daha önce yapılan çalışmaları da destekler niteliktedir. Taştan Özkan ve Meriç (2015), yaptığı çalışmada kumaş yoğunluğu ve su buharı direnci arasında negatif yönlü kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür. En düşük su buharı direnci değeri ise POS1 kodlu iplik numarası ve kalınlığı da en düşük olan 100/108 Texture Polyester-% 91 + 20 D Elastan-% 9 içeren süprem kumaş yapısında görülmüştür. Bir başka deyişle bu kumaşın su buharı geçirgenliği diğer kumaşlardan daha yüksektir. İkinci en düşük su buharı direnci (geçirgenliği fazla) değeri ise PM kodlu 220/360 D Texture Polyester-% 98 + 20 D Parlak Polyester-% 2 iplikten yapılan meş örgü yapısına sahip kumaşta görülmüştür. Bu kumaş yapısının kalınlığının yüksek olmasına rağmen su buharı direnç değerinin düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni örgü yapısından kaynaklanan gözenekli yapının, süprem örgü yapısına göre su buharını daha kolay iletebilmesidir.



Şekil 5.28. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direnci özellikleri

Çizelge 5.16’ da giyim denemesinde kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direncine ait varyans analizi sonuçları verilmiştir. Burada farklı kumaş tiplerinin su buharı direncine etkisi incelendiğinden tek faktörlü varyans analizi yapılmıştır. Su buharı direncine ait varyans analizi değerlendirildiğinde; kumaş farklılığının direnç değerlerinde anlamlı farklar ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.16. Çalışmada kullanılan 2. Grup kumaşların su buharı direnci varyans analizi

	Kareler toplamı	df	MS	F	Sig
Kumaş Tipi	6,086	6	1,014	158,021	,000
Hata	,090	14	,006		
Toplam	6,176	20			

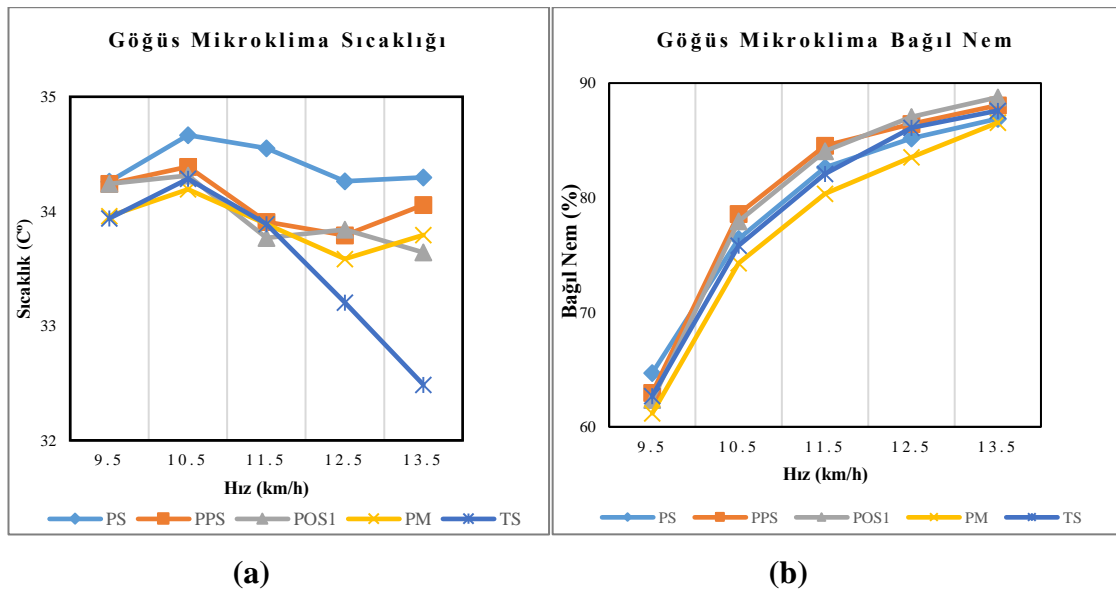
5.4. Subjektif Giyim Denemeleri Ölçüm Sonuçları

Tez çalışması için üretilen 2. Grup kumaş yapıları içerinden seçilen 5 farklı kumaş yapısı daha önce belirlenen model ve ölçülerde diktirilmiştir. Uludağ Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinden seçilen 10 profesyonel sporcu giyim

denemelerinde yer almak üzere seçilmiştir. Giyim denemeleri Uludağ Üniversitesi Spor Hekimliği Laboratuvarlarında kontrollü çevre şartlarında (27 °C, %45 bağıl nem) 80 dk'lık bir test protokolü uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Aktivite öncesi (10 dk) , aktivite sırası (50 dk) ve sonrasındaki dinlenme periyodunda (20 dk) vücut üzerine yerleştirilen ısı ve nem sensörleri yardımıyla belirli vücut bölümlerinin (göğüs, karın, sırt ve bel) mikroklima sıcaklık ve mikroklima bağıl nem değerleri 1 dakikalık aralıklarla sürekli olarak kayıt altına alınmıştır. Ayrıca termal kamera yardımıyla egzersizin başında ve sonunda çekilen fotoğrafların analiz edilmesi sonucu üst beden üzerindeki en sıcak nokta ve en soğuk nokta verileri alınmıştır. Egzersiz öncesi, 50 dk'lık egzersiz süresince 10 dk'da bir ve egzersiz sonunda, daha önce belirlenen subjektif algı skalası uygulanmıştır. Bunlara ek olarak Kardiyo Solunum Yolları test sistemi sayesinde maksimum oksijen tüketimi ve nabız ölçer polar saat yardımıyla denegın aktivite süresince kalp ritmindeki değişiklik sürekli olarak kayıt altına alınmıştır.

5.4.1. Aktivite Sırası Mikroklima Sıcaklık ve Nem Verilerinin Karşılaştırılması

Giyim denemeleri sırasında farklı aktivite hızları için deneklerin datalogger cihazı kullanılarak 4 farklı noktadan mikroklima sıcaklık ve bağıl nem verileri alınmıştır (göğüs, karın, sırt ve bel). Aktivite süresince sensörler yardımıyla ölçülen göğüs mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin 10 denek ortalaması Şekil 5.29 'da verilmiştir.

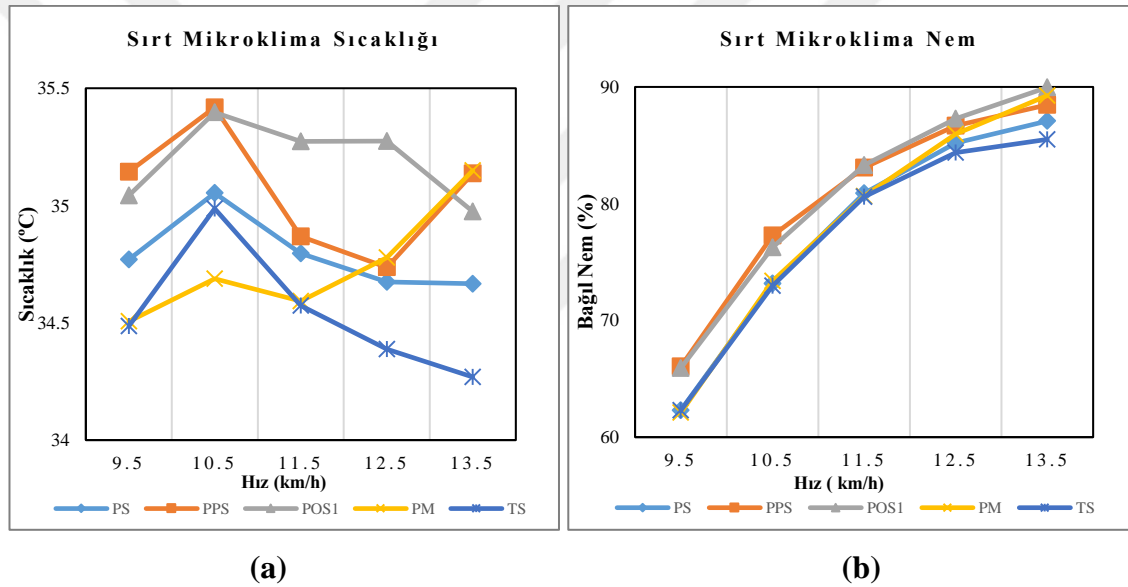


Şekil 5.29. Aktivite hızına bağıl olarak göğüs bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem değişimi (b)

Şekil 5.29(a)' da görüleceği gibi aktivite boyunca göğüs mikroklima sıcaklığı en fazla ölçülen giysi PS kodlu pamuk süprem kumaş yapısıdır. PPS kodlu pamuk polyester süprem kumaş yapısının ise PS yapılı kumaştan sonra göğüs mikroklima sıcaklığı en yüksek olarak ölçülen ikinci kumaş yapısı olduğu görülmüştür. Burada dikkat çeken nokta bu iki kumaş yapısının da Terleyen Sıcak Plaka ve Alambeta ısı direnç ölçümlerinin diğer kumaşlardan daha yüksek olduğudur. Aktivitenin geneli boyunca ve aktivitenin sonunda göğüs mikroklima sıcaklığının en düşük olduğu giysi TS kodlu tencel süprem kumaş yapısıdır. Yapılan konfor testleri sonucunda da bu kumaş yapısı en iyi hava geçirgenliği ve genel nem yönetimi değerleri göstermiştir. Bu kumaşın giysi formunda Termal Manken ölçümlerine bakıldığında ise su buharı direnci en düşük ikinci giysi olduğu görülmüştür. Hava geçirgenliği ve nem yönetimi özellikleri yüksek su buharı direnci düşük olduğundan, bu kumaş yapısının göğüs mikroklima sıcaklığını diğer giysilerden daha düşük tuttuğu söylenebilir. En yüksek sıcaklık değerlerine hızın 10,5 km/h olduğu zaman diliminde ulaşıldığı ve sıcaklık değerlerinin 34-35 °C civarında olduğu görülmüştür. TS kodlu kumaş hariç diğer kumaş yapılarının en düşük sıcaklık değerine hızın 12,5 km/h olduğu zaman diliminde ulaşıldığı görülmüştür. Bu zaman diliminde terlemenin artarak vücut sıcaklığının düştüğünü ve göğüs mikroklima sıcaklığının aktivite boyunca 32-35 °C arasında değiştiğini söyleyebiliriz. PM kodlu en yüksek ikinci hava geçirgenliği ve genel nem yönetimi özelliğine sahip polyester meş kumaş yapısının aktivitenin 11,5 hızına kadar tencel'e benzer eğilim gösterdiği bu dakikadan itibaren ise sıcaklığının çok fazla düşmeyip 33,5-34 °C civarında yer aldığı görülmüştür.

Şekil 5.29 (b)' de bütün giysi yapılarında hız arttıkça bağıl nem değerinin de arttığı ve benzer eğilim gösterdiği görülmüştür. Aktivitenin başında bağıl nem değerleri %60 civarındayken aktivite sonunda %90 civarına çıkmıştır. Bağıl nem değerindeki en büyük artış, aktivitenin başlangıcında 9,5-10,5 km/h hız aralığında gerçekleşmiştir. Bu aralıkta giysilerin mikroklima sıcaklık değerlerinin de en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Aktivitenin başında en yüksek bağıl nem değeri en yüksek sıcaklık değerine de sahip olan PS kodlu pamuk süprem giysi numunesinde görülmüştür. 10,5- 11,5 hız aralığında nem artış hızı azalmış ve sıcaklık değerleri bu aralıkta düşmüştür. Bunun nedeninin terlemenin başlaması olduğu düşünülmektedir. 12,5 km/h hız bölgesinde tekrar sıcaklığın arttığı, bu aralıkta bağıl nem artışının ise en yavaş olduğu görülmüştür. Aktivitenin sonunda ise

bütün kumaşlar yaklaşık %90 civarı bağıl nem değeri göstermiştir. Aktivite süresince bağıl nem değerinin daha düşük olduğu kumaş yapısı PM kodlu Termal Manken su buharı direç ölçüm sonucu en düşük olan gözenekli yapıya sahip meş kumaş yapısı olmuştur. Bu giysinin kumaş formunda terleyen sıcak plaka ölçüm sonucu da düşük ölçülmüştür. Burada giysinin su buharı direnci düşük yani su buharı geçirgenliği yüksek olduğundan mikroklimadaki bağıl nem değerlerinin diğerlerinden daha düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca bu giysinin göğüs mikroklima sıcaklık değerlerindeki tenselden sonra ikinci en düşük giysi yapısı olduğu görülmüştür. Bunun nedeni hava geçirgenliği ve gözenekliliği yüksek olan kumaş yapılarının vücutta oluşan fazla ısı ve nemi daha kolay uzaklaştırmasıdır.

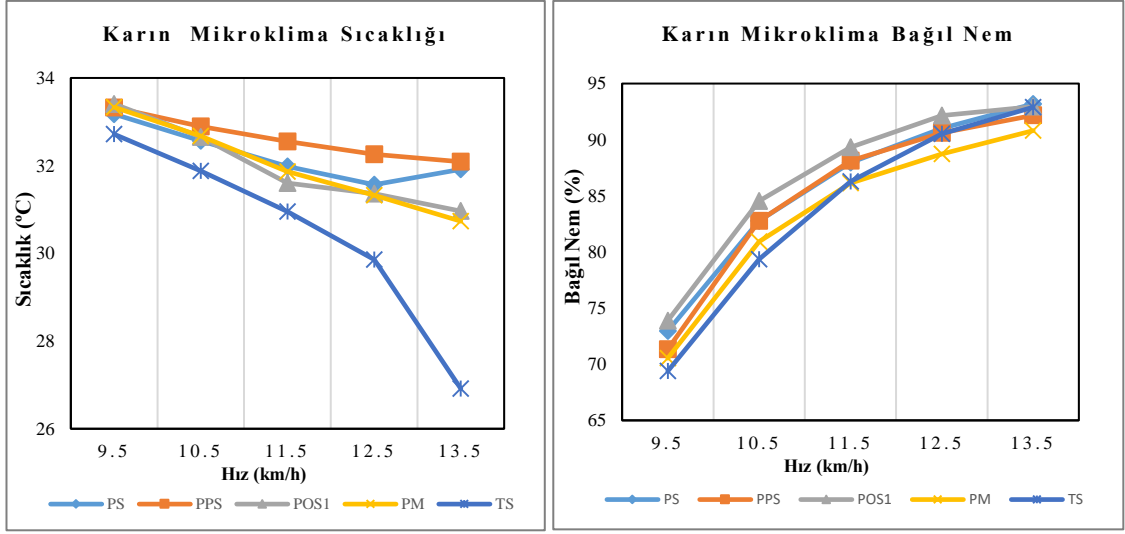


Şekil 5.30. Aktivite hızına bağlı olarak sırt bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem değişimi (b)

Şekil 5.30.(a)' da sırt mikroklima sıcaklığının farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Göğüs mikroklima sıcaklık değerinde olduğu gibi aktivitenin genelinde ve aktivitenin sonunda en düşük sıcaklıkta ölçülen giysi, en yüksek hava geçirgenliğine ve nem yönetimi özelliğine sahip TS kodlu tencel süprem kumaş yapısıdır. Bu kumaşın ısı direnci sonuçları da terleyen sıcak plaka cihazı ölçümlerinde diğerlerinden daha düşük olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değerleri ise göğüs mikroklima sıcaklığından farklı olarak en düşük hava geçirgenliği değeri gösteren POS1 kodlu polyester süprem kumaşta görülmüştür. Bu durum kumaşın hava geçirgenliği özelliğinin düşük olmasıyla

fazla ısıyı dış ortama vermemesi ve buna bağlı olarak mikroklima sıcaklık değerinin yükselmesiyle açıklanabilir. PS kodlu pamuk süprem kumaşın ise sıcaklık değerlerinin aktivite boyunca 34,5-35 °C civarında değiştiği, aktivite sonunda ise TS kodlu süprem kumaş yapısından sonra en düşük ölçülen ikinci kumaş yapısı olduğu görülmüştür. Aktivitenin en yüksek sıcaklık değerlerine hızın 10,5 km/h olduğu ilk 20 dakika içerisinde ulaşılmıştır. Göğüs mikroklima sıcaklık değerinden farklı olarak en düşük sıcaklık değerlerine aktivitenin 11,5 km/h hız aralığında ulaşıldığı bunun sonucunda da sırt bölgesindeki terlemenin göğüs bölgesinden daha önce gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca sırt mikroklima sıcaklık değerlerinin aktivitenin genelinde 34,5 -35,5 °C aralığında seyrederek göğüs mikroklima sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu daha önce yapılan çalışmaları da desteklemektedir. Öner (2015), tarafından yapılan çalışmada farklı giysilerin giyim denemelerinde her bir aktivite seviyesi için genel olarak deneklerin sırt sıcaklık değerlerinin göğüs sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.30.(b)' de sırt mikroklima bağıl nem değerlerinin farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Göğüs mikroklima bağıl nem değerlerinde olduğu gibi sırt mikroklima bağıl nem değerlerinin de %60 -%90 aralığında yer aldığı ve hız artışıyla birlikte arttığı görülmektedir. Göğüs mikroklima bağıl nem değerinde olduğu gibi sırt bağıl nem grafiğinde en fazla artış, hızın 9,5-10,5 km/h olduğu aralıklarda gerçekleşmiştir. Göğüs mikroklima sıcaklığında olduğu gibi sırt mikroklima sıcaklığındaki düşüşün hızın 11,5 km/h hız olduğu aktivitenin ilk 30 dakikasında gerçekleştiği görülmüştür. Buradaki sıcaklık düşüşünün terlemenin başlamasıyla gerçekleştiği söylenebilir. Bağıl nem değeri en yüksek ölçülen giysi yapıları PPS kodlu en yüksek su buharı direnç değerlerinden birine sahip olan pamuk polyester süprem ve en düşük hava geçirgenliği değerine sahip olan POS1 kodlu polyester iplikten yapılan süprem kumaş yapılarıdır. Bu giysilerin sırt mikroklima sıcaklık değerlerinin de diğerlerinden daha yüksek olduğu Şekil 5.30.(a)'daki grafikte verilmiştir. Burada dikkat çeken nokta PPS kodlu kumaşın giysi formu Termal Manken ısı direnç ölçüm sonuçlarının en yüksek olmasıdır.



(a)

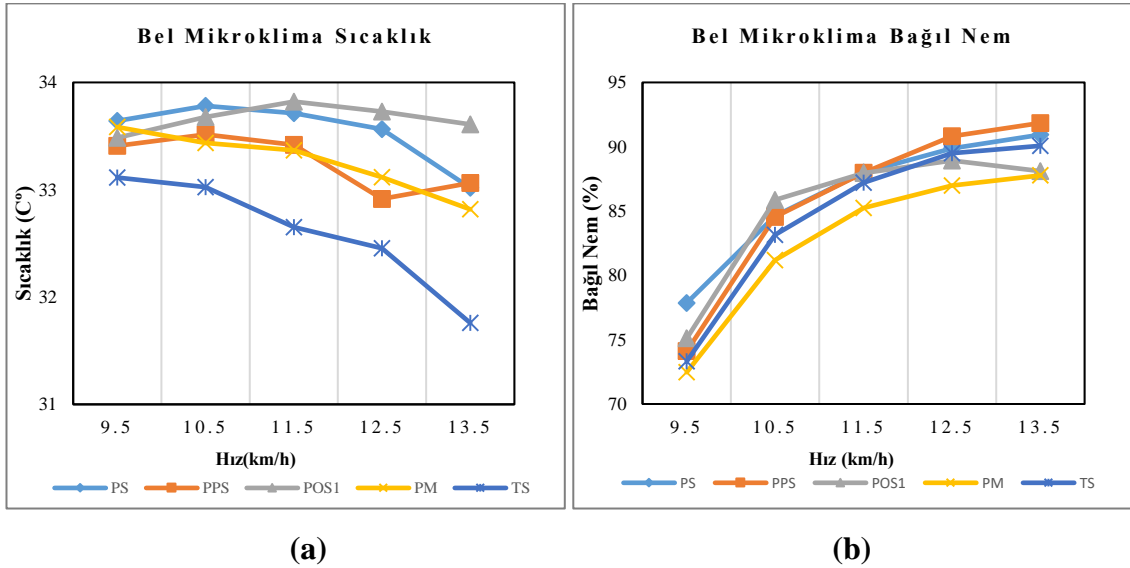
(b)

Şekil 5.31. Aktivite hızına bağlı olarak karın bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Şekil 5.31 (a) 'da karın mikroklima sıcaklığının farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Göğüs ve sırt mikroklima sıcaklıklarında olduğu gibi hava geçirgenliği ve nem yönetimi özelliği en yüksek olan TS kodlu tencel iplikten yapılan süprem kumaş yapısının aktivite süresince ve aktivitenin sonunda en düşük mikroklima sıcaklık değerleri göstererek kullanıcıyı daha konforlu hissettirdiğini söyleyebiliriz. Ayrıca bu üç vücut bölümü içinde (göğüs, sırt ve karın) karın bölgesinde 11,5 km/h hızdan sonra sıcaklık düşüşünün daha dikkat çeker şekilde gerçekleştiği terlemenin bu giysi tipi için bu aralıkta başladığı söylenebilir. Aktivite boyunca diğer dört giysinin birbirine yakın sıcaklık aralıklarında seyrettiği (32-34 °C) fakat aktivitenin genelinde en sıcak ölçülen giysinin PPS kodlu pamuk polyester iplikten yapılan süprem kumaş yapısı olduğu görülmüştür. Ayrıca karın mikroklima sıcaklığının göğüs ve sırttan farklı olarak aktivitenin başında (9,5 km/h hız) en yüksek değeri verdiği aktivite süresince bu değerin düştüğü görülmüştür. Bunun sebebi giysinin klasik kesim olmasından dolayı karın ve bel bölgelerinde vücuda yapışmaması dolayısıyla hava sirkülasyonuna izin vermesidir. Ayrıca karın mikroklima sıcaklıklarının göğüs ve sırt mikroklima sıcaklıklarından daha düşük olduğu görülmüştür.

Şekil 5.31(b) 'de karın mikroklima bağıl nem değerlerinin farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Karın mikroklima bağıl nem değerlerinin egzersizin başında %70-

%75 civarında olduğu ve göğüs ile sırt bölgelerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Aktivite sonunda ise bu değer yine diğer iki vücut bölümünden daha yüksek olduğu ve %95 civarına çıktığı görülmektedir. Aktivitenin ilk iki bölümündeki (9,5-10,5 km/h hız) bağıl nem artışının diğer bölümlerden daha fazla olduğu da dikkat çekmektedir. Aktivitenin ilk 30 dakikası içerisinde karın mikroklima sıcaklıklarının da en düşük olduğu tencel iplikten yapılan giysi numunesinin bağıl nem değerinin diğerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni bu kumaş yapısının hava geçirgenliği özelliğinin yüksek olmasının yanında, su buharı direnci değerinin düşük olmasıdır. Tencel kumaş yapısının 11,5-12,5 km/h hız bölgelerinde sıcaklık düşüşünün keskin bir şekilde gerçekleştiği bu bölümlerde bu giysinin bağıl nem değerinin ise diğer bölümlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Aktivitenin sonunda bağıl nem değerinin en düşük olduğu kumaş yapısı; en düşük su buharı direncine sahip meş örgü yapısında PM kodlu kumaşın olduğu görülmüştür. Terleme sırasında giysinin su buharı transfer oranı düşükse mikroklimadaki bağıl nem miktarı artacağından terin dış ortama atılması güçleşir (Zhang ve ark. 2001) Aktivite boyunca bağıl nem değerinin en yüksek olduğu kumaş yapıları sırasıyla POS1, PS ve PPS kodlu kumaş yapılarıdır. Bu açıdan bakıldığında incelenen tişörtler arasında kullanıcıların karın bölgelerini en ıslak tutanlar bu tişörtlerdir.



Şekil 5.32. Aktivite hızına bağlı olarak bel bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Şekil 5.32(a)' da bel mikroklima sıcaklığının farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Aktivitenin genelinde ve sonunda diğer üç vücut bölümünde olduğu gibi TS kodlu tencel iplikten yapılan süprem kumaş yapısında daha düşük sıcaklık değerleri görülmüştür. Burada dikkat çeken nokta karın mikroklima sıcaklık değerinin TS kodlu kumaşta 32,5-27,5 aralığında seyrederken, aynı giysinin bel mikroklima sıcaklık değerinin 33-31,5 aralığında seyretmesidir. Tencel kumaş yapısı dışındaki kumaş yapılarında da bu durum aynıdır. Bunun anlamı aynı giysiler için bel mikroklima sıcaklık değerinin karın mikroklima sıcaklık değerinden daha yüksek olduğudur. Burada PS kodlu pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaş yapısı aktivitenin başında en sıcak ölçülen giysi iken aktivitenin sonunda en sıcak ölçülen giysi POS1 kodlu polyester iplikten yapılan süprem kumaş yapısı olarak bulunmuştur. PM kodlu polyester iplikten yapılan meş kumaş yapısının aktivite başındaki sıcaklık değeri yüksekken aktivite sonunda tencel kumaş yapısından sonra en serin hissettiren ikinci giysi olduğu görülmüştür. Bu kumaş yapısının kalınlığının fazla olmasına rağmen gözenekli yapısı sayesinde hava geçirgenliğinin yüksek olması sıcaklık değerinin daha düşük olmasına neden olmaktadır.

Şekil 5.32(b) 'de bel mikroklima bağıl nem değerlerinin farklı aktivite hızlarına göre değişimi verilmiştir. Aktivitenin başında en yüksek bağıl nem değeri PS kodlu pamuk süprem giysi numunesinde görülürken aktivitenin sonunda bağıl nem değerinin en yüksek olduğu giysi numuneleri PPS ve PS kodlu kumaşlar olarak bulunmuştur. Bu kumaş yapılarının ısı direnç ve su buharı direnci özelliklerinin yüksek olması nedeniyle bağıl nem değerlerinin daha yüksek olarak bulunduğu söylenebilir. Daha önce ifade edildiği gibi bel mikroklima sıcaklık değerleri karın mikroklima sıcaklık değerlerinden fazla iken, mikroklima bağıl nem değerleri ise bunun tam tersidir. Yani karın mikroklima bağıl nem değerleri bel mikroklima bağıl nem değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni karındaki yağ yüzdesinin belden daha fazla olmasından dolayı terleme miktarının daha fazla olması olarak açıklanabilir. Aktivite boyunca bağıl nem değerinin en düşük ölçüldüğü kumaş yapısı hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği fazla olan PM kodlu kumaştır. Bunun sonucunda kumaş gözenekliliğinin fazla su buharının dış ortama atılmasını sağlayarak kişiyi daha konforlu hissettirdiği söylenebilir.

Birçok araştırmacı tekstil yüzeyinden dış ortama transfer edilen su buharı miktarının mikroklima ve dış çevre arasındaki su buharı basınç farklılığına bağlı olduğunu

belirtmiştir. Giysideki sıcaklık ve nem farkına bağlı olarak su buharı ya giysiyi terk etmekte ya da giysi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Eğer buharlaşan ter vücudun oluşturduğu terden düşük ise nem vücudun iç tabakasında birikir ve kullanıcıyı konforsuz hissettirir. Bu açıdan sensör verileri incelendiğinde PM kodlu ve TS kodlu kumaş yapılarından üretilen giysi numunelerinin hemen hemen bütün vücut bölgelerinde mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin diğer kumaş yapılarından daha düşük olması nedeniyle fazla ısı ve su buharını diğer kumaşlardan daha kolay dışarı atarak kişiyi konforlu hissettirdiği söylenebilir.

Sensör verilerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 5.17 ve 5.18’ de verilmiştir. Aktivite süreci sensör verilerinin SPSS 23.0 paket programı kullanılarak analiz edilen İki Faktörlü (kumaş tipi * bölge etkisi) Anova Post-Hoc test sonuçları çizelgede verilmiştir. Ayrıca kumaş tipleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için Bonferoni testi uygulanmıştır. Burada ($p < 0,05$) anlamlılık seviyesine göre POS1 kodlu polyester süprem kumaş ile PM polyester meş ve TS tencel süprem kumaşlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.17. İki faktörlü Anova Test sonuçları

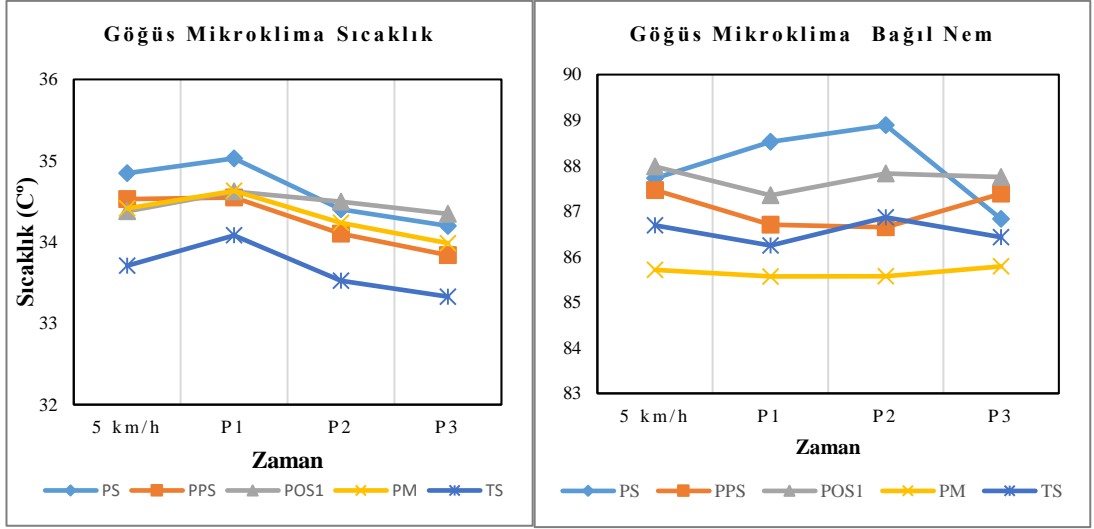
Kaynak	Kareler Toplamı	df	MS	F	Sig.
Kumaş Tipi	779,960	4	194,990	3,773	,005
Etki	927736,593	1	927736,593	17953,197	,000
Kumaş Tipi * Etki	405,029	4	101,257	1,959	,098
Hata	84282,390	1631	51,675		
Toplam	6441956,242	1641			
Düzeltilmiş Toplam	1017597,823	1640			

Çizelge 5.18. Kumaşlara uygulanan Bonferroni testi sonuçları

(I) Kumaş	(J) Kumaş	Ortalama Fark (I-J)	Std. Sapma	Sig.	95% Anlamlılık Seviyesi	
					Alt Sınır	Üst Sınır
PS	PPS	-,2090	,54341	1,000	-1,7365	1,3184
	POS1	-,5610	,57008	1,000	-2,1634	1,0414
	PM	1,2568	,54621	,215	-,2785	2,7921
	TS	1,2086	,55991	,310	-,3653	2,7824
PPS	PS	,2090	,54341	1,000	-1,3184	1,7365
	POS1	-,3520	,57156	1,000	-1,9585	1,2546
	PM	1,4658	,54775	,075	-,0738	3,0055
	TS	1,4176	,56141	,117	-,1605	2,9956
POS1	PS	,5610	,57008	1,000	-1,0414	2,1634
	PPS	,3520	,57156	1,000	-1,2546	1,9585
	PM	1,8178*	,57422	,016	,2037	3,4319
	TS	1,7696*	,58727	,026	,1188	3,4203
PM	PS	-1,2568	,54621	,215	-2,7921	,2785
	PPS	-1,4658	,54775	,075	-3,0055	,0738
	POS1	-1,8178*	,57422	,016	-3,4319	-,2037
	TS	-,0482	,56412	1,000	-1,6339	1,5374
TS	PS	-1,2086	,55991	,310	-2,7824	,3653
	PPS	-1,4176	,56141	,117	-2,9956	,1605
	POS1	-1,7696*	,58727	,026	-3,4203	-,1188
	PM	,0482	,56412	1,000	-1,5374	1,6339

5.4.2. Aktivite Sonrası Mikroklima Sıcaklık ve Bağıl Nem Verilerinin Karşılaştırılması

Terli deri ve giysi arasındaki mikroklima bölgesinde nemin oluşması özellikle terlemeye neden olan spor aktivitelerini izleyen dinlenme periyodu sırasında kişiyi rahatsız edecek şekilde nemlilik ve yapışkanlık hissi vermektedir. Giyim denemeleri protokolü 50 dakikalık bir antreman programından sonra 5km/h hızla 5 dk yavaş bir yürüyüş ve 15 dakika oturarak dinlenmeyi kapsamaktadır. Dinlenme periyodunun aşamaları 5 km/h, oturarak dinlenme bölümü 15 dakikalık zaman dilimi üç dinlenme periyoduna ayrılarak P1, P2 ve P3 olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.33' te aktivite sonrası dinlenme periyodunda göğüs mikroklima sıcaklığının değişimi verilmiştir.

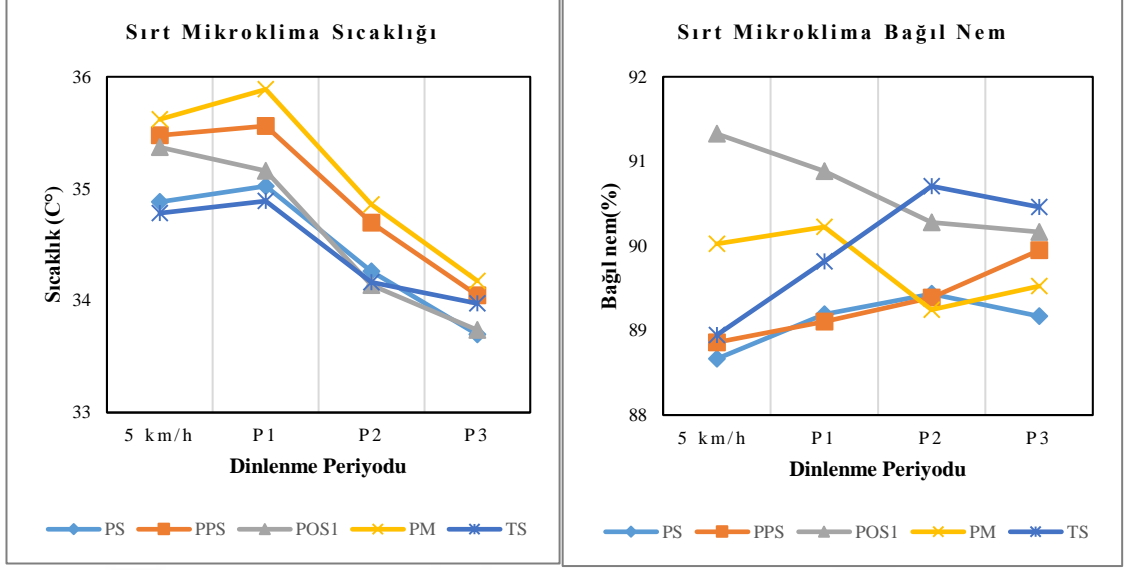


(a)

(b)

Şekil 5.33. Aktivite sonrası göğüs bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Aktivite sonrası göğüs mikroklima sıcaklıkları karşılaştırıldığında, aktivite sırasında en düşük ölçülen TS kodlu tencel kumaş numunesinin, dinlenme periyodunda da diğer giysilerden daha düşük sıcaklıkta olduğu görülmüştür. Aktivite süresince 34-35 °C civarında ölçülen göğüs mikroklima sıcaklığının tencel dışındaki diğer dört giyside aktivite sonrası 5km/h hız ve P1 bölümünde aynı sıcaklık aralığında ölçüldüğü, P2 ve P3 periyodunda ise sıcaklıkların çok az bir düşüş yaşadığı görülmüştür. Burada dikkat çeken nokta P1 dinlenme periyodunda sıcaklıklar yükselirken aynı aralıkta bağıl nem değerinin düşüş göstermesidir. Sullivan ve Mecjavik (1992), kumaşta biriken nemin buharlaşmadan önce giysinin sıcaklığını arttırdığını belirtmişlerdir. Sıcaklıkların düştüğü P2 zaman aralığında ise bağıl nem değerlerinde hafif bir artış olmuştur. P3 zaman aralığında ise sıcaklıklar düşmeye devam ederken bağıl nem sabit kalmıştır. Aktivite sonunda göğüs mikroklima bağıl nem değeri en düşük ölçülen giysi aktivite sırasında da en düşük ölçülen PM kodlu giysidir.

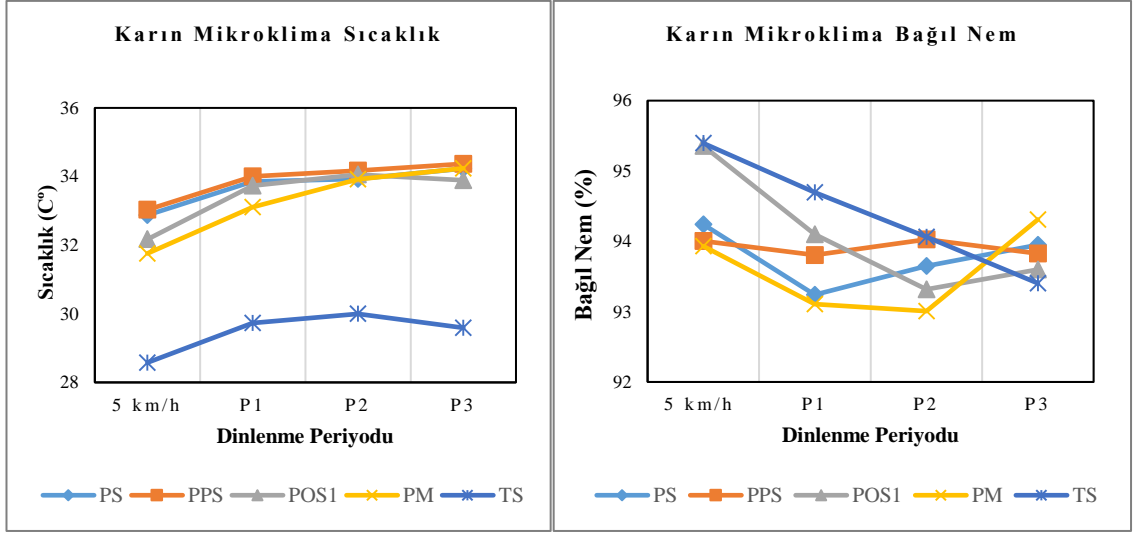


(a)

(b)

Şekil 5.34. Aktivite sonrası sırt bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Şekil 5.34' te aktivite sonrasında dinlenme periyodunda sırt bölgesindeki sıcaklık ve bağıl nem değişimi verilmiştir. Aktivitenin sonunda olduğu gibi 5 km/h hızlı yavaş yürüyüş periyodunda da en düşük sıcaklıklar PS pamuk süprem ve TS kumaşlarda ölçülmüştür. Dinlenme periyodunun sonunda (P3) ise en düşük sıcaklıklar PS ve POS1 kodlu kumaşlarda görülmüştür. Dinlenme periyodu boyunca diğer giysilerden daha yüksek ölçülen giysiler aktivitenin sonunda da en sıcak ölçülen PM ve PPS kodlu kumaşlardan yapılanlardır. Sırt mikroklima bağıl nem değerlerinin ise çok dar bir aralıkta değiştiği görülmüştür (%89 - % 91). Ayrıca dinlenme periyodunda sırt mikroklima sıcaklık değerlerinin 5 km/h hız bölgesinden sonra düşüş gösterdiği görülmüştür.

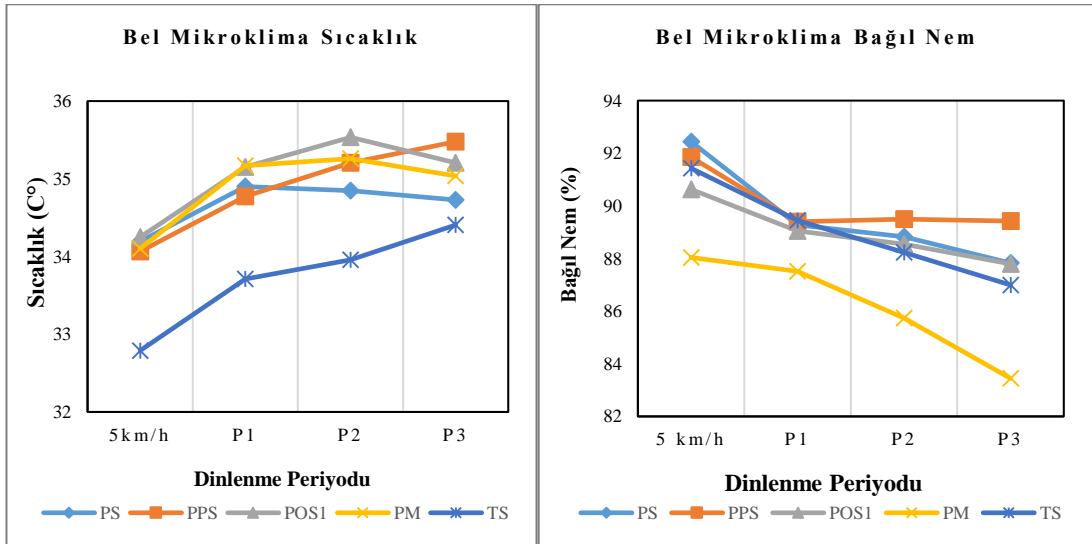


(a)

(b)

Şekil 5.35. Aktivite sonrası karın bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Şekil 5.35’ te egzersiz sonundaki dinlenme periyodunda karın bölgesinin sıcaklık ve bağıl nem değişimi verilmiştir. Aktivite sırasında olduğu gibi aktivite sonrasında da TS kodlu tencel iplikten yapılan giysi numunesinin daha düşük sıcaklıklar gösterdiği görülmüştür. Ayrıca dinlenme periyodunda mikroklima sıcaklık değerlerinin arttığı görülmüştür. Bağıl nem değerlerinin ise tencel dışındaki kumaş yapılarında % 93-%94 civarında sabit bir değer gösterdiği, tencelin ise bağıl nem değerinin zamanla düştüğü görülmüştür.



(a)

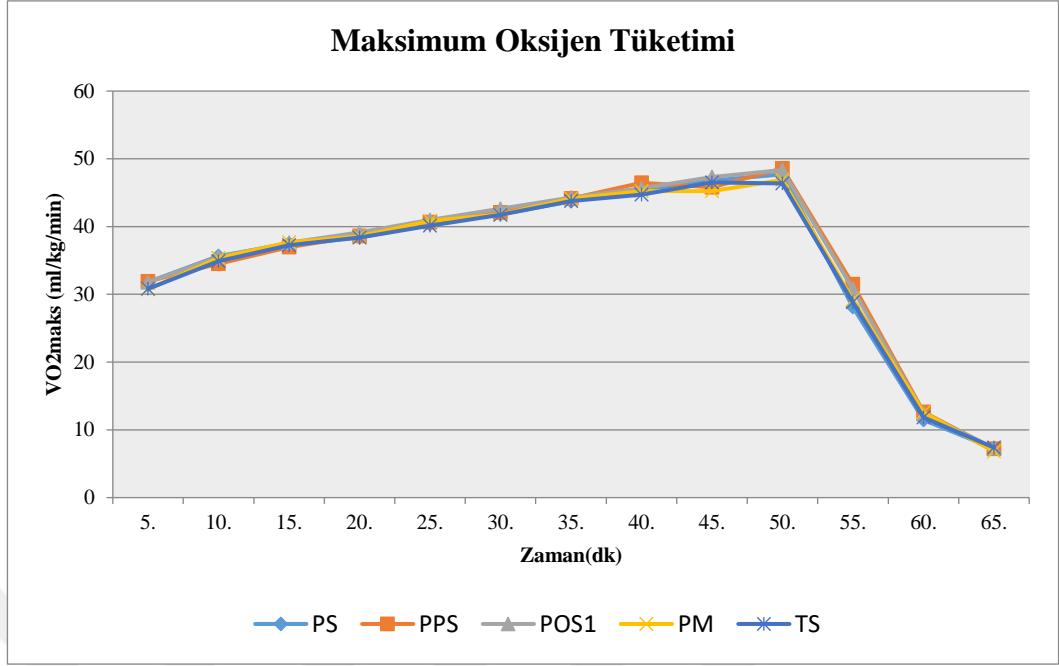
(b)

Şekil 5.36. Aktivite sonrası bel bölgesinde sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değişimi

Şekil 5.36’ da aktivite sonrası dinlenme periyodunda bel mikroklima bölgesindeki sıcaklık ve bağıl nem değişimi verilmiştir. Aktivite sonrasındaki dinlenme periyodunda bel mikroklima sıcaklıklarının bütün giysilerde aktivite sonundaki değerlere göre arttığı görülmektedir. Bel mikroklima bağıl nem değerlerinin ise dinlenme periyodu boyunca düştüğü görülmektedir. Aktivite sonrası bel mikroklima bölgesindeki terleme nedeniyle kumaşta biriken nemin buharlaşmadan önce giysinin sıcaklığını arttırdığını söyleyebiliriz. Bel mikroklima sıcaklık bölgesinde en düşük sıcaklıkta ölçülen giysi aktivite sırasında olduğu gibi TS tencel iplikten yapılan giysi numunesi olmuştur. En düşük bağıl nem değeri ise yine aktivite sırasında olduğu gibi PM kodlu polyester meş örme yapılı tişört numunesinde ölçülmüştür.

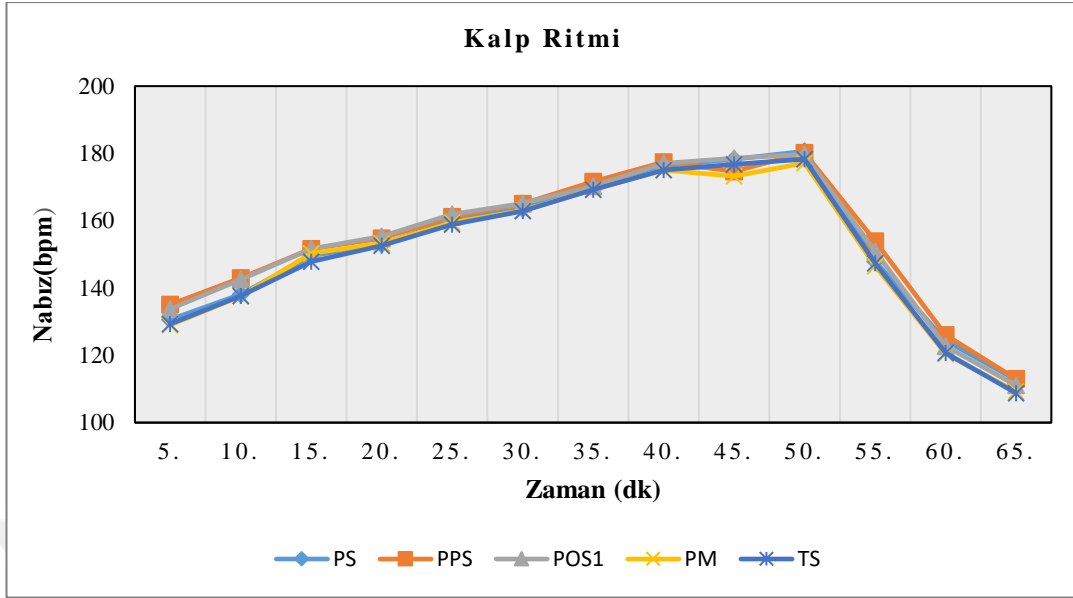
5.4.3. Giyim Denemesi Protokolü Boyunca Ölçülen VO₂maks ve Nabız Değerleri

Maksimum oksijen tüketimi (VO₂max) kişinin birim zamanda kullanabildiği oksijen miktarı olarak tanımlanır ve bu değer ne kadar fazla ise kişinin aerobik kapasitesi de o oranda yüksek demektir. Şekil 5.37 ‘de giyim denemesine katılan 10 deneğin aktivite sırası ve sonrasındaki her 5 dk’ da bir alınan VO₂maks sonuçların ortalaması verilmiştir. Genel olarak bütün giysilerin VO₂maks değerlerinin birbirine yakın olduğu görülür. VO₂maks değerlerinin aktivitenin başlangıcında 30 (ml/kg) olduğu, aktivitenin sonunda bu değer 50 (ml/kg) değerine ulaştığı, dinlenme periyodunun sonunda ise bu değer 10 (ml/kg) değerinin altına düştüğü görülmüştür. Bunun yanında aktivite sürecinde, aktivitenin sonunda ve dinlenme periyodunun sonunda (65. dk) VO₂maks değeri en düşük olan yani sporcuyu daha az zorlayan giysi TS kodlu tencel iplikten yapılan giysi numunesi olmuştur. Bu giysinin sensör verileri dikkate alınarak, hava geçirgenliği değerinin daha yüksek ve su buharı geçirgenliği değerinin diğerlerinden daha düşük olması nedeniyle, ısıyı ve nemi daha kolay dış ortama attığı söylenebilir. Bunun sonucu olarak da bu giysi giyildiği durumda sporcunun aktiviteyi diğerlerinden daha uzun sürede devam ettirebileceği söylenebilir.



Şekil 5.37. Deneklerin aktivite boyunca maksimum oksijen tüketimi değerleri

Şekil 5.38' de giyim denemesine katılan 10 deneğin farklı kumaş yapılarına göre farklı aktivite hızlarında nabız değerlerinin ortalaması verilmiştir. Egzersizin başlangıcında nabız değerlerinin 130-140 bpm aralığında yer alırken aktivitenin sonunda bu değer 180 bpm civarına ulaştığı, hız artışıyla doğru orantılı olarak nabız değerinin de arttığı görülmektedir. Dinlenme periyodunun sonunda (65. dk) ise bu değer 120 bpm' nin altına düştüğü görülmektedir. Aktivite süresince PPS pamuk polyester süprem ve POS1 polyester süprem kumaşlardan yapılan giysiler giyildiği durumda deneklerin nabzının daha fazla yükseldiği görülmüştür. PM ve TS giysi giyildiği durumda ise nabız değerinin aktivitenin genelinde diğer giysilerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bu giysilerin sensör verilerinin (sıcaklık ve bağıl nem) diğerlerinden daha düşük olması nedeniyle giysiye bağlı mikroklima sıcaklık ve bağıl nem artışının aynı aktivite hızında nabzı arttırdığı söylenebilir. Ayrıca bu giysilerin aktivite sonunda ölçülen VO_2 maks değerlerinin de diğerlerinden daha düşük olması nedeniyle bu giysilerin giyildiği durumda sporcunun aktivite süresinin artacağı düşünülmektedir. Bu giysilerin su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve nem iletimi değerlerinin yüksek olması nedeniyle fazla ısı ve nemi dış ortama attığından sporcuyla aktivite süresince daha konforlu hissettirdiği söylenebilir.

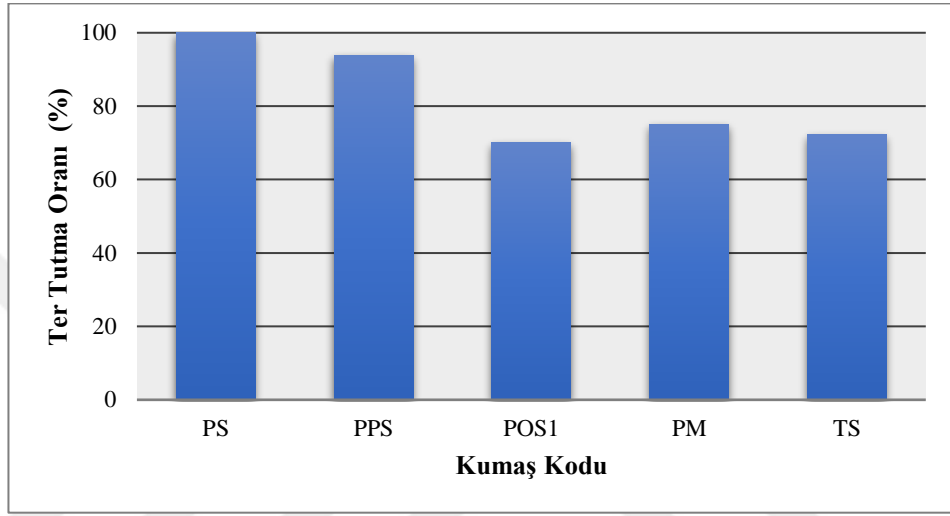


Şekil 5.38. Deneklerin nabız değerlerinin karşılaştırılması

5.4.4. Giysilerin Ter Tutma Oranı

Giyim denemesi protokolü uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra deneklerin giysili ve giysisiz olarak ağırlıkları ölçülmüş ve tişörtlerin bünyelerinde tuttıkları ter oranı ile vücuttan atılan toplam ter miktarları hesaplanmıştır. Şekil 5.39 'da bu oranlar yüzde olarak verilmiştir. En yüksek ter tutma oranı PS kodlu pamuk süprem kumaşa görülmüştür. Buda pamuğun nem emici özelliğinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. İkinci en yüksek ter tutma yüzdesi PPS kodlu pamuk polyester süprem kumaş yapısında görülmüştür. Buradan hareketle içerisinde pamuk bulunduran tişört numunelerinin daha fazla miktarda teri emdiği fakat aynı zamanda bu teri üzerinde tuttuğunu söyleyebiliriz. En düşük ter tutma yüzdesi ise POS1 kodlu polyester iplikten yapılan giysi numunesinde görülmüştür. Buda polyesterin teri emdiği ama üzerinde tutmadığı anlamına gelir. Atasğun ve ark. (2014) farklı lif tiplerinin tek başına ve Viloft lifleriyle karışımlarından elde edilmiş örme kumaşlardan üretilmiş kısa kollu tişörtler için yaptıkları giyim denemeleri çalışması sonucunda %20 ile %63 arasında ter oranları elde etmişlerdir. Kaplan ve Okur (2012) pamuk, poliester ve karışımlarından elde edilmiş farklı örgü tiplerine sahip örme kumaşlardan yaptıkları giyim denemeleri çalışmasında jakarlı örgüye sahip poliester tişörtlerin çift yüzlü poliester ve pamuk tişörtlere göre daha düşük ter

oranlarına sahip olduğunu belirlemiştir. Öner (2015), yaptığı çalışmada giyim denemelerinde kullanılan tişört numunelerinin %6,75 ile %12,27 arasında ter oranı değerlerine sahip olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmada ter oranı yüzdelерinin fazla olmasının nedeni çalışmada kullanılan tişört numunelerinin atletler için özel olarak belirlenmiş olması nedeniyle aktivite süresi, hızı ve ortam sıcaklığının daha fazla olmasındandır.



Şekil 5.39. Giyim denemesi sonucunda giysilerin ter tutma oranı

5.4.5. Subjektif Değerlendirme Ölçüm Sonuçları

Giyim denemesi öncesi, aktivite sırasında ve aktivite sonrasında deneklerin subjektif olarak sıcaklık, ıslaklık ve konfor değerleri uygulanan bir anket formuyla ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri için 7 noktalı skala, ıslaklık ve konfor ölçümleri için 5 noktalı skala kullanılmıştır. Deneklerin sorulara verdikleri cevapların ortalamaları alınıp buna göre değerlendirme yapılmıştır. Giyim denemelerinde kullanılan subjektif değerlendirme formu Ek-3' te verilmiştir. Çizelge 5.19' da giyim denemelerinde kullanılan ölçekler verilmiştir. Çizelge 5.20' de ise subjektif değerlendirme sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.19. Giyim denemelerinde kullanılan ölçekler

Sıcaklık		Islaklık		Genel Konfor	
1	Soğuk	1	Kuru	1	Konforlu
2	Serin	2	Hafif Islak	2	Az Konforlu
3	Nötr	3	Islak	3	Konforsuz
4	İlik	4	Çok Islak	4	Çok Konforsuz
5	Sıcak	5	Aşırı Derecede Islak	5	Aşırı Derecede Konforsuz
6	Çok Sıcak				
7	Aşırı Sıcak				

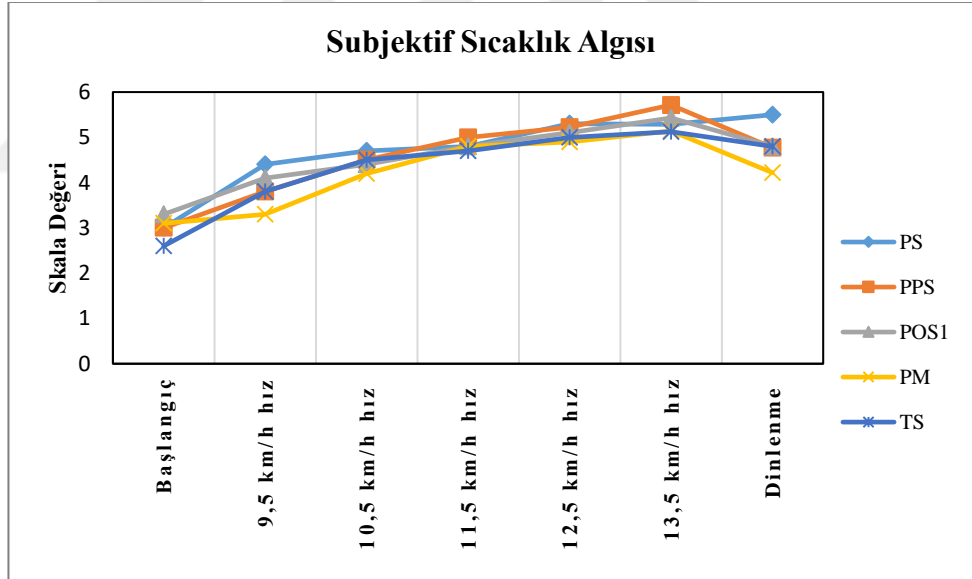
Çizelge 5.20. Farklı aktivite hızlarında subjektif değerlendirme sonuçları

	PS	PPS	POS1	PM	TS
Sıcaklık					
Aktivite Başı	3* (0,81)**	3 (0,81)	3,3 (0,82)	3,1 (0,73)	2,6 (0,69)
9,5km/h hız	4,4 (0,84)	3,8 (0,78)	4,1 (0,73)	3,3 (1,15)	3,8 (0,63)
10,5 km/h hız	4,7 (0,67)	4,5 (0,52)	4,4 (0,84)	4,2 (0,63)	4,5 (0,70)
11,5 km/h hız	4,8 (0,63)	5 (0,81)	4,8 (0,91)	4,8 (0,63)	4,7 (0,67)
12,5 km/h hız	5,3 (0,82)	5,2 (0,83)	5,1 (0,87)	4,9 (0,56)	5 (1,05)
13,5 km/h hız	5,28 (0,48)	5,71 (0,48)	5,42 (0,97)	5,14 (0,69)	5,12 (0,64)
Aktivite Sonu	5,5 (1,43)	4,77 (1,39)	4,8 (1,22)	4,22 (1,39)	4,8 (1,45)
Islaklık					
Aktivite Başı	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)
9,5km/h hız	1,3 (0,48)	1,3 (0,67)	1,3 (0,48)	1,3 (0,48)	1 (0,31)
10,5 km/h hız	2 (0,47)	1,9 (0,56)	2 (0,81)	1,8 (0,63)	1,7 (0,67)
11,5 km/h hız	2,6 (0,51)	2,7 (0,67)	2,5 (0,70)	2,2 (0,63)	2,4 (0,84)
12,5 km/h hız	3,1 (0,56)	3,3 (0,70)	2,9 (0,87)	2,8 (0,63)	2,8 (0,63)
13,5 km/h hız	3,71 (0,48)	3,42 (0,53)	3,14 (0,69)	3,14 (0,69)	3,25 (0,70)
Aktivite Sonu	4,1 (0,56)	4 (0,5)	3,7 (0,94)	3,44 (0,72)	3,8 (0,63)
Genel Konfor					
Aktivite Başı	1,3 (0,48)	1,2 (0,63)	1 (0)	1,2 (0,42)	1 (0)
9,5km/h hız	1,5 (0,52)	1,5 (0,70)	1,1 (0,31)	1 (0)	1,1 (0,31)
10,5 km/h hız	1,5 (0,52)	1,4 (0,51)	1,2 (0,42)	1,1 (0,31)	1,4 (0,51)
11,5 km/h hız	1,6 (0,69)	1,5 (0,70)	1,2 (0,42)	1,3 (0,67)	1,4 (0,51)
12,5 km/h hız	1,9 (0,99)	1,66 (0,70)	1,4 (0,69)	1,5 (0,84)	1,6 (0,69)
13,5 km/h hız	2 (0,81)	1,71 (0,75)	1,57 (1,13)	1,14 (0,37)	1,62 (0,51)
Aktivite Sonu	2,2 (0,78)	2,11 (0,60)	1,9 (0,87)	1,66 (1,11)	1,8 (0,63)

*Ortalama Değer

** Standart Sapma Değeri

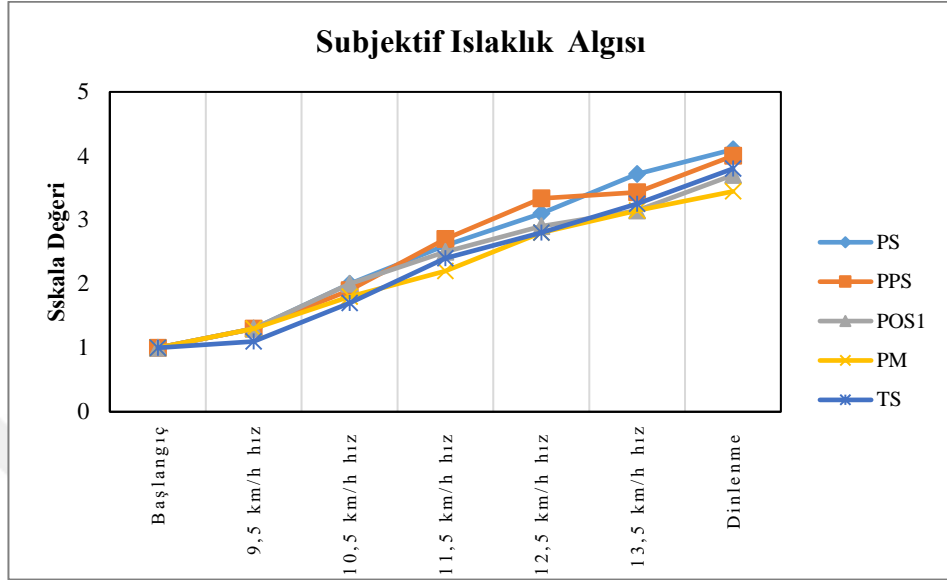
Şekil 3.40 'da giyim denemelerine katılan deneklerin farklı aktivite hızlarında subjektif sıcaklık değerlendirmeleriyle ilgili sonuçlar verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere aktivite başında TS kodlu kumaşlar dışında bütün kumaşlar nötr olarak değerlendirilmiştir. TS kodlu kumaş ise kullanılan skalaya göre serin olarak değerlendirilmiştir. Aktivitenin ilk bölümünde (9,5 km/h hız) sıcaklık denekler tarafından nötr-ılık arasında değerlendirilirken, aktivitenin son bölümünde bu değer (13,5 km/h hız) çok sıcak- aşırı sıcak aralığında değerlendirilmiştir. Aktivite sonundaki dinlenme periyodunda PS kodlu pamuk süprem kumaşın sıcak-çok sıcak arasında bir değer gösterdiği ve diğer giysilerden daha sıcak algılandığı görülmüştür. PM kodlu polyester meş örgü yapısına sahip giysinin ortalama değerinin ılık-sıcak arasında yer aldığı diğer giysilerden daha düşük hissettirdiği görülmüştür. Aktivitenin son bölümünde (13,5 km/h hız) en sıcak hissettiren giysi ise PPS kodlu pamuk polyester iplikten yapılan giysi numunesi olmuştur. Bu giysi sıcak-çok sıcak aralığında değerlendirilmiştir.



Şekil 5.40. Deneklerin subjektif sıcaklık algı sonuçları

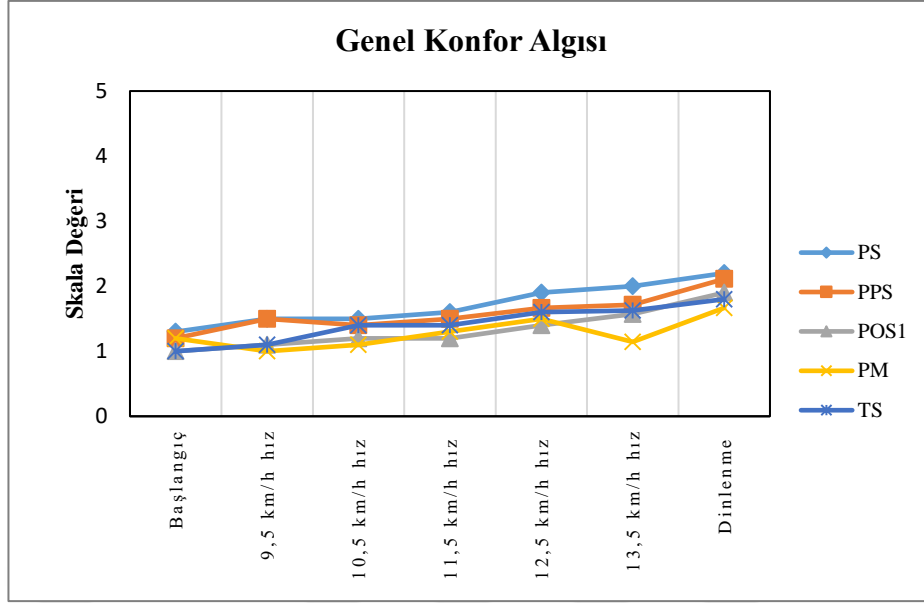
Deneklerin aktivitenin başlangıcından dinlenme periyoduna kadar farklı aktivite seviyelerini değerlendirdikleri subjektif ıslaklık algısı sonuçları Şekil 5.41' de verilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre aktivitenin başında bütün giysiler kuru olarak değerlendirilirken aktivitenin sonunda bu değer ıslak- çok ıslak değer aralığında hissettirdiği görülmüştür. Aktivite hız artışına paralel olarak ıslaklık değerlendirme

sonuçlarının da arttığı görülmüştür. Aktvitenin genelinde PM ve TS kodlu kumaş yapılarının sübjektif ıslaklık değerlendirme sonuçlarının diğer giysi yapılarından daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 5.41. Deneklerin sübjektif ıslaklık algı sonuçları

Subjektif giyim denemeleri deneklerin genel konfor algısı değerlendirme sonuçları Şekil 3.42' de verilmiştir. Giyim denemelerinin başlangıcında genel olarak bütün giysilerin konforlu olarak değerlendirildiği giyim denemelerinin sonunda ise pamuk ve pamuk polyester dışındaki bütün giysilerinin konforlu-az konforlu aralığında değerlendirildiği görülmüştür. PS ve PPS kodlu kumaş yapılarının ise dinlenme periyodunda konforsuz hissettirdiği görülmüştür. Burada dikkat çeken nokta bu giysilerin dinlenme periyodundaki ıslaklık değerlerinin de diğer giysilerden daha fazla olduğudur. PM kodlu polyester meş kumaş yapısından yapılan giysinin ise egzersizin genelinde denekler tarafından daha konforlu olarak değerlendirildiği görülmüştür.

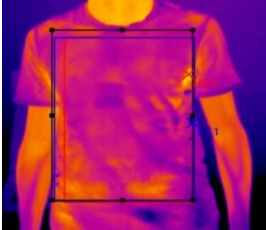
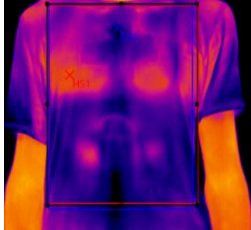
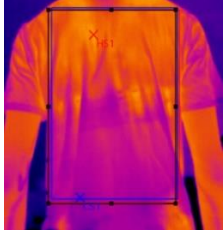
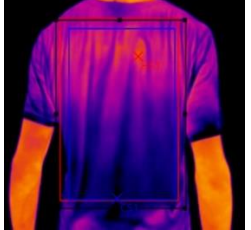
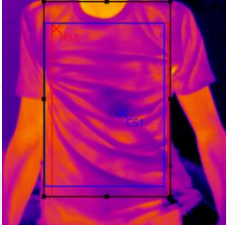
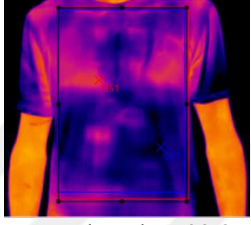
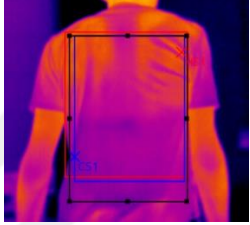
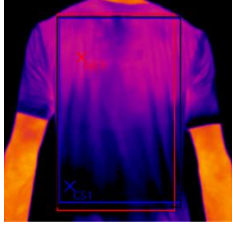
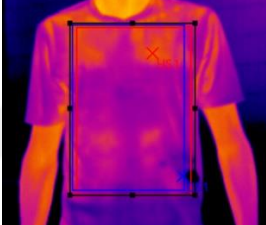
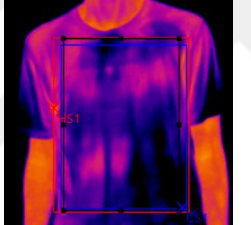
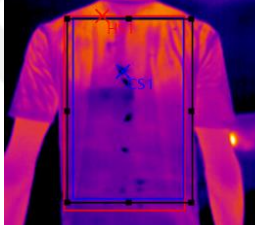
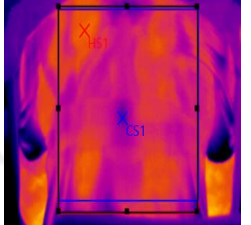
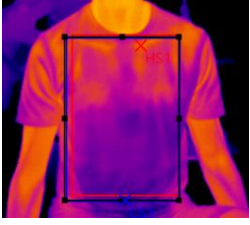
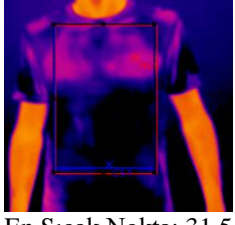
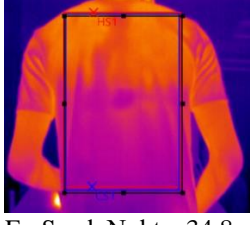
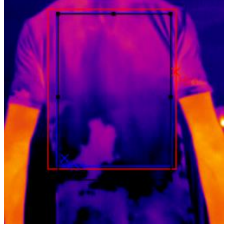
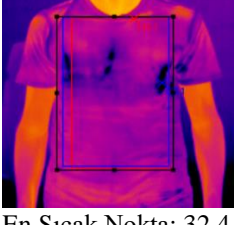
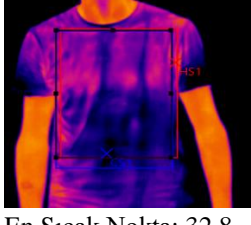
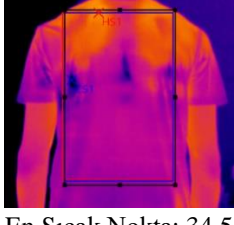
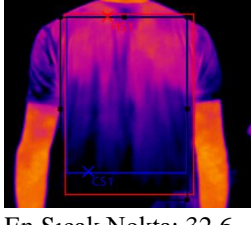


Şekil 5.42. Deneklerin genel konfor algı sonuçları

5.5. Termal Kamera Görüntü Analizleri

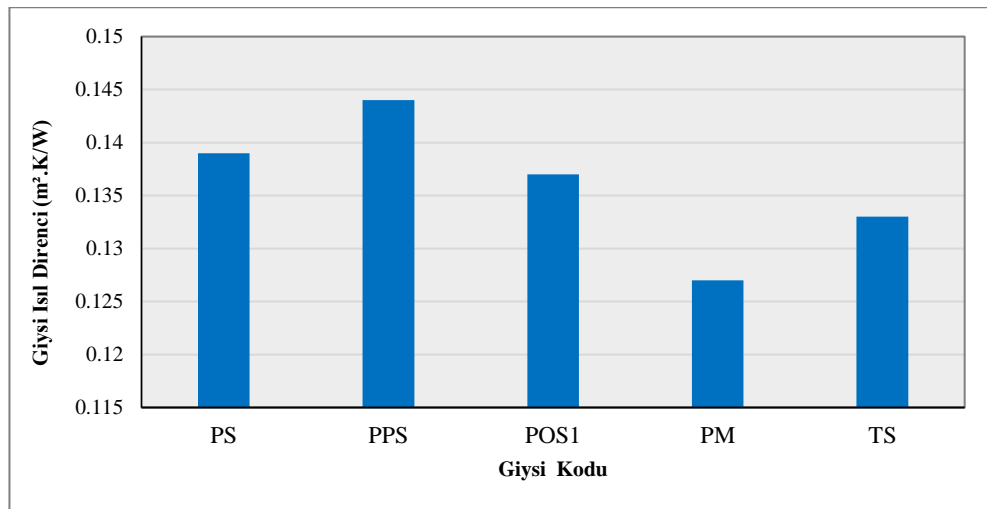
Termal kamera yardımıyla egzersizin başlangıcında ve egzersiz sonunda giyim denemesi protokolünde kullanılan giysilerin ön ve arka görüntüleri çekilmiştir. Bu bölümde bir deneğin egzersiz öncesi ve sonrası, ön ve arka termal kamera görüntüleri örnek olarak verilmiştir. Şekil 5.43’ te, Denek 1 ‘in termal kamera yöntemiyle ölçülen egzersiz öncesi ve sonrası görüntüleri verilmiştir. Test öncesi ön görüntüler karşılaştırıldığında yüzey sıcaklığı en sıcak ölçülen giysinin PS kodlu pamuk ipliğinden yapılan numune olduğu görülmektedir. Bu sensör verilerini de doğrular niteliktedir. Aktivite boyunca göğüs mikroklima bölgesinde en yüksek ölçülen giysi PS kodlu polyester giysi olarak bulunmuştur. Test öncesi arka görüntüler karşılaştırıldığında ise yine en yüksek yüzey sıcaklığının PS kodlu giysi giyildiği durumda olduğu görülmektedir. Egzersiz sonrası görüntüler karşılaştırıldığında ise en sıcak ön yüzey görüntüsünün 33,9 değeriyle POS1 kodlu polyester süprem kumaştan yapılan tişört numunesi giyildiği durumda gerçekleştiği görülür. Arka yüzey görüntüleri karşılaştırıldığında ise yine en yüksek değer POS1 kodlu en düşük hava geçirgenliğine sahip giysi giyildiği durumda gerçekleştiği görülür.

Şekil 5.43. Giysilerin egzersiz öncesi ve sonrası termal kamera görüntüleri

Giyisi Tipi	Egzersiz Öncesi Ön Görüntü (°C)	Egzersiz Sonrası Ön Görüntü (°C)	Egzersiz Öncesi Arka Görüntü (°C)	Egzersiz Sonrası Arka Görüntü (°C)
PS	 En Sıcak Nokta: 36,9 En Soğuk Nokta: 26,9	 En Sıcak Nokta: 33,3 En Soğuk Nokta: 26,6	 En Sıcak Nokta: 35,3 En soğuk Nokta: 29,8	 En Sıcak Nokta: 33,3 En soğuk Nokta: 26,5
PPS	 En Sıcak Nokta: 33,6 En Soğuk Nokta: 28,7	 En Sıcak Nokta: 32,8 En Soğuk Nokta: 26,6	 En Sıcak Nokta: 33,8 En Soğuk Nokta: 29,6	 En Sıcak Nokta: 31,8 En Soğuk Nokta: 26,2
POSI	 En Sıcak Nokta: 33,5 En Soğuk Nokta: 28,7	 En Sıcak Nokta: 33,9 En Soğuk Nokta: 26,7	 En Sıcak Nokta: 34,3 En Soğuk Nokta: 25,3	 En Sıcak Nokta: 33,9 En Soğuk Nokta: 28,9
PM	 En Sıcak Nokta: 33,8 En Soğuk Nokta: 28,2	 En Sıcak Nokta: 31,5 En Soğuk Nokta: 25,4	 En Sıcak Nokta: 34,8 En Soğuk Nokta: 29,9	 En Sıcak Nokta: 32,5 En Soğuk Nokta: 26,1
TS	 En Sıcak Nokta: 32,4 En Soğuk Nokta: 25,5	 En Sıcak Nokta: 32,8 En Soğuk Nokta: 26,6	 En Sıcak Nokta: 34,5 En Soğuk Nokta: 29	 En Sıcak Nokta: 32,6 En Soğuk Nokta: 26,5

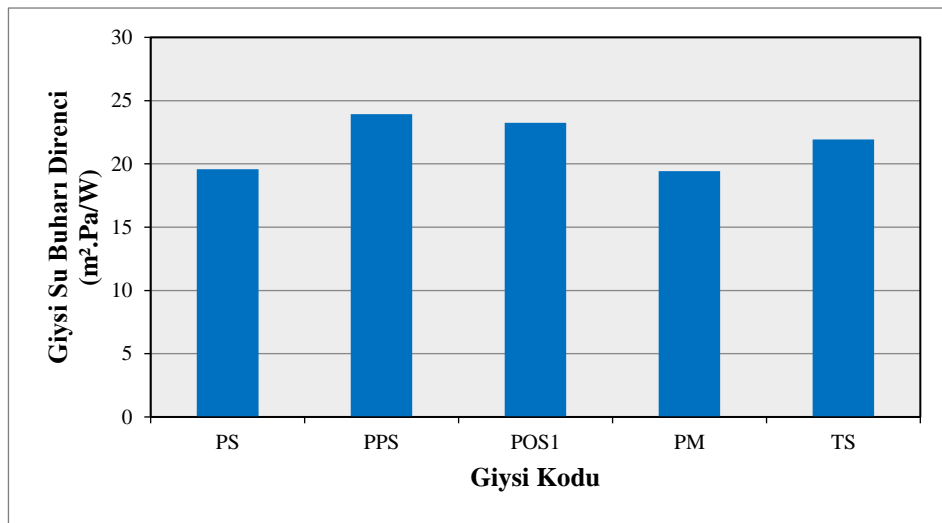
5.6. Termal Manken (Newton) Ölçüm Sonuçları

Termal manken cihazı (Newton) kullanılarak elde edilen giysi ısı direnç ve clo değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.44' te verilmiştir. Termal direnç değeri en yüksek giysi yapısı PPS kodlu pamuk/polyester kumaştan yapılan giysi numunesi olarak bulunmuştur. Bu sonuç kumaş formunda terleyen sıcak plaka cihazında ölçülen sonuçla da uyumludur. En düşük ısı direnç değeri ise PM kodlu polyester iplikten yapılan gözenekli örgü yapısına sahip kumaş numunesinde görülmüştür. Bunun nedeni gözenekli örgü yapısı ve yüksek hava geçirgenliğinin giysi formunda ısı direnç değerini etkilemesidir. İkinci en düşük ısı direnç değeri ise Terleyen Sıcak Plaka cihazı sonuçlarına göre en düşük değer gösteren TS kodlu tensel iplikten yapılan giysi yapısında görülmüştür. Burada ısı direnci etkileyen parametrenin lif yapısı ve hava geçirgenliği olduğunu söyleyebiliriz. Sensör verileri ile termal manken sonuçları karşılaştırıldığında, mikroklima sıcaklık değerleri genel olarak daha düşük olan PM kodlu polyester meş ve TS kodlu tensel süprem kumaş yapılarının ısı direnç özelliklerinin de daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca terleyen sıcak plaka cihazı ölçümleri ile termal manken ölçüm sonuçlarının birbirini doğruladığı görülmüştür. Giysi özelliklerine bağlı olarak aktivite sırasında oluşan fazla ısı ya mikroklimanın dışına atılarak mikroklima sıcaklığını düşürür veya mikroklima içerisinde kalarak mikroklimanın sıcaklığını artırır. Bunun sonucunda da termal direnci düşük giysilerin fazla ısının dış ortama atılmasına kolaylık sağlayarak kişiyi konforlu hissettirdiğini söyleyebiliriz.



Şekil 5.44. Termal manken ısı direnç ölçüm sonuçları

Giyim denemesinde kullanılan giysilerin Termal Manken Newton cihazında ölçülen su buharı direnci değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.45’ te verilmiştir. En düşük su buharı direnci PM kodlu gözenekli örgü yapısına sahip polyester iplikten yapılan giysi numunesinde görülmüştür. Bu giysi yapısının ısı direnci değeri de diğerlerine göre daha düşüktür. Terleyen sıcak plaka ölçümlerine göre de Tencel kumaş yapısının su buharı direnci ortada olarak bulunmuştur. Ayrıca sensör verileri dikkate alındığında TS koldu tencel süprem kumaş yapısının genel olarak mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerinin diğer giysilerden daha düşük olduğu görülmüştür. Tencel kumaştan yapılan süprem kumaş yapısının hava geçirgenliği yüksek su buharı direnci düşük olduğundan mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin hemen hemen bütün vücut bölgelerinde daha düşük olduğu söylenebilir. Bu, daha önce yapılan çalışmaları da destekler niteliktedir. Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2010), rejenere selüloz liflerinin ısı konforu etkisini araştırdıkları çalışmada en yüksek bağıl su buharı geçirgenliğini Tencel ipliklerinin sağlandığı tespit edilmiştir. Burada dikkat çeken nokta kumaş formunda Terleyen Sıcak Plaka cihazında en yüksek su buharı direnci değeri gösteren PS koldu pamuklu numunenin, termal manken test sonuçlarına göre ikinci en düşük su buharı direnci gösteren giysi yapısı olarak bulunmasıdır. En yüksek su buharı direnci yani geçirgenliği en düşük kumaş yapısı PPS kodlu pamuk polyester iplikten yapılan giysi olmuştur. Bu kumaşın Terleyen Sıcak Plaka cihazı ölçüm sonucunda da su buharı direnci yüksektir.



Şekil 5.45. Termal manken su buharı direnci ölçüm sonuçları

5.7. Sonuç

Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından büyük ölçekli proje olarak desteklenen bu tez çalışmasında dinamik koşullar altında tekstil yüzeylerinin termofizyolojik konfor özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle öncelikle iki farklı kumaş grubunda toplam 18 adet kumaş numunesi ürettirilmiş ve bu kumaşlara objektif konfor değerlendirme testleri uygulanmıştır. Objektif ölçüm sonuçları doğrultusunda 1. Grup kumaşlardan elde edilen veriler doğrultusunda farklı lif tiplerinin sübjektif giyim denemeleri ölçüm sonuçlarına etkisi araştırılmak istendiğinden garamaj değerleri birbirine yakın 2. Grup kumaş yapıları ürettirilmiştir. Bu gruba birinci gruptan farklı olarak Terleyen Sıcak Plaka test cihazında ısıl direnç ve su buharı direnci testleri uygulanmıştır. Test sonuçları doğrultusunda modal iplikten yapılan kumaş, su buharı direnci değerinin yüksek, hava geçirgenliği değerinin çok iyi olmaması nedeniyle giyim denemesinde yer almamıştır. Ayrıca aynı iplik özelliklerine sahip POS1 ve POS2 kodlu kumaşlardan, POS2 kodlu kumaşın su buharı direnci değeri daha yüksek olduğundan giyim denemesi testlerinde kullanılmamıştır. PS kodlu pamuk süprem kumaş kontrol numunesi olarak seçilmiştir. PPS kodlu pamuk polyester kumaş ise piyasada çok kullanıldığı için giyim denemesi içerisinde yer almıştır.

Giyim denemeleri Uludağ Üniversitesi Spor Hekimliği A.B.D. laboratuvarlarında 27 °C sıcaklık ve %45 bağıl nem’ de gerçekleştirilmiştir. Giyim denemesi protokolü egzersiz öncesi laboratuvar koşullarında 10 dakika dinlenme, hızın 10 dakikada bir arttığı 50 dk’lık bir antreman programı ve ilk 5 dakikasını 5km/h hızla yürüyüşün oluşturduğu 20 dakikalık bir dinlenme periyodundan oluşmaktadır. Giyim denemelerinde özellikle atletlerin performansını etkileyen giysilerin neler olduğunun belirlenmesi amaçladığından antreman programı yüksek hızda ve uzun bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca giyim denemelerinde yazlık tişörtlerin etkisi araştırıldığından ortam koşulları kişiyi ilk anda ılık hissettirecek şekilde ayarlanmıştır (27 °C). VO₂maks testi 20 ‘den fazla denek üzerinde gerçekleştirilmiş fakat VO₂maks değeri düşük ve testi tamamlayacağı düşünülmeyen adaylar çalışma dışı bırakılmıştır. Giyim denemelerinde VO₂ maks değeri 59-64 aralığında olan ve aktivite programını bitirebilecek 10 denek yer almıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında 11 adet kumaş yapısı ürettirilmiş ve bu kumaşların hava geçirgenliği, ısıl özellikler (Alambeta) ve nem yönetimi (MMT) özellikleri test edilmiştir. Testler sonucunda en düşük hava geçirgenliği değeri en yüksek gramaj değerine sahip Tip 3 kodlu Pamuk/Pes karışımı süprem kumaşta görülmüştür. En yüksek ısıl iletkenlik değeri Tip 1 kodlu 30/1 Pamuk ipliğinden yapılmış süprem kumaşta görülmüştür. Bu kumaşın ısıl soğurganlık değeri de yüksektir. Bu kumaş aynı iplik numarasına sahip tekstüre polyester ve pamuk polyesterden yapılan Tip 2 ve Tip 3 kodlu kumaşlarla karşılaştırıldığında, tekstüre poliester içeren kumaşın (Tip 2) ısıl soğurganlık özelliğinin bu grup içerisinde en düşük olduğu görülür. Aynı iplik numaralı Tip 4 tekstüre polyester ve Tip 5 nem yönetimi özellikli polyester karşılaştırıldığında elastan yüzdesi fazla olanın ısıl iletkenlik değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. En düşük ısıl direnç değeri en düşük kalınlık değerlerinden birine sahip olan 150/288 tekstüre poliester iplikten yapılan Tip 10 kodlu kumaşta görülmüştür. Birinci grup kumaşların nem yönetimi özellikleri incelendiğinde ise en yüksek alt ve üst ıslanma zamanı kalın iplik numarasına ve en fazla filament sayısına sahip Tip 10 kodlu 150/288 Tekstüre Polyester süprem kumaş yapısı olarak bulunmuştur. En düşük üst ıslanma zamanı Tip1 kodlu 30/1 pamuk ipliğinden yapılan süprem kumaş yapısında görülmüştür. Kumaşların üst emilim oranları karşılaştırıldığında en yüksek üst emilim oranı Tip 11 kodlu nem yönetimi özellikli polyester süprem kumaş olarak bulunmuştur. En yüksek üst ve alt yayılma hızı 30/1 iplikten yapılan pamuklu kumaşta görülmüştür (Tip 1). Buradan pamuğun hidrofilik karakterde olması nedeniyle üzerine damlatılan ter çözeltisini hızlı bir şekilde emdiği söylenebilir. Tip 4 ve Tip 5 kodlu elastanlı kumaşlar karşılaştırıldığında, elastan yüzdesi fazla olan Tip 5 kodlu nem yönetimi özellikli polyester kumaşın alt yayılma hızı daha düşük değer göstermiştir. Bu elastan ipliğinin nem emici özelliğinin olmaması nedeniyledir. En yüksek kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri Tip 2 kodlu kesik elyaf polyester ve Tip 11 kodlu nem yönetimi özellikli polyester kumaşta görülmüştür. Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri çok kötü olarak bulunan Tip 6, Tip 7 ve Tip 8 kodlu yağmur desen örgü yapıdaki kumaşlar dışındaki bütün kumaşların genel nem yönetim değeri 0,6-0,8 değer aralığında yer aldığından bu kumaşların genel nem yönetimi özelliği MMT değerlendirme skalasına göre çok iyi olarak bulunmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde birinci kumaş numunelerinden elde edilen bilgiler dikkate alınarak 7 farklı kumaş yapısı ürettirilmiştir. Bu kumaşlara hava geçirgenliği, ısı iletkenlik özellikler (Alambeta), nem yönetimi (MMT) testlerine ek olarak Terleyen Sıcak Plaka test cihazında ısı direnci ve su buharı direnci testleri yapılmıştır. En yüksek hava geçirgenliği değeri en yüksek OMMC (genel nem yönetimi) değerine de sahip olan TS kodlu tencel iplikten yapılan süprem kumaş numunesinde görülmüştür. Yani bu kumaş yapısı ter çözeltilisini daha fazla emer ve hızlı bir şekilde kumaşın diğer yüzüne transfer ederek kullanıcıyı daha konforlu hissettirir. İkinci en yüksek hava geçirgenliği değeri en yüksek kalınlık değerine sahip PM kodlu polyester iplikten yapılan gözenekli örgü yapısında (meş) görülmüştür. Bu kumaş Alambeta test cihazı sonuçlarına göre ısı iletkenliği ve soğurganlığı en düşük, ısı direnci en yüksek kumaş yapısı olarak bulunmuştur. Bu kumaşın gözenekli örgü yapısı, tekstüre polyester iplikten yapılmış olması ve kalınlığının daha yüksek olması nedeniyle ısı direnci özelliğinin yüksek olarak bulunduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan bu kumaşın Terleyen Sıcak Plaka ve Termal Manken su buharı direnci ve ısı direnci sonuçları düşük olarak bulunmuştur. Bunun nedeni cihazların ölçüm prensiplerinin farklı olmasının yanında kumaş yapısının gözenekliliğinin fazla olmasından dolayı ısı ve su buharının geçişine olanak sağlamasındandır. En yüksek ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerine sahip olan, genel nem yönetimi değeri MMT değerlendirme skalasına göre çok iyi olan MS kodlu modal süprem kumaşın su buharı direnci yüksek olarak bulunmuştur. Kontrol numunesi olarak giyim denemelerinde yer alan PM kodlu pamuk süprem kumaşın ise hava geçirgenliği düşük, ısı iletkenliği, ısı direnci ve su buharı direnci yüksek olarak bulunmuştur. Ayrıca bu kumaşın OMMC (genel nem yönetimi) değeri de diğer kumaşlardan daha düşük olarak bulunmuştur. PPS kodlu pamuk polyester süprem kumaştan yapılan numunenin ısı direnci ve su buharı direnci her iki ölçüm cihazında da yüksek olarak bulunmuştur. Bu kumaştan yapılan giysinin Termal manken ısı direnci ve su buharı direnci değerleride diğerlerinden daha yüksektir. En yüksek yoğunluk değerine sahip olan POS1 kodlu tekstüre polyester iplikten yapılan kumaş numunesinin en düşük hava geçirgenliği değeri gösterdiği görülmüştür.

Çalışmanın üçüncü bölümünde kumaş verilerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda ikinci grup kumaş yapıları içerisinde seçilen 5 kumaş yapısı (PS, PPS, POS1, PM ve TS)

daha önce belirlenen model ve ölçülerde diktirilmiştir. Giyim denemeleri 27 °C sıcaklık ve %45 bağıl nemde gerçekleştirilmiştir. Giyim denemeleri sırasında dört farklı vücut bölgesinin (göğüs, karın, sırt ve bel) mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerleri 50 dakikalık antrenman programı süresince ve 20 dakikalık dinlenme periyodunda ölçülmüştür. Sonuç olarak ısı iletkenlik, hava geçirgenliği özellikleri düşük ısı direnç ve su buharı direnci özellikleri yüksek olan PS kodlu pamuk süprem ve PPS kodlu pamuk polyester süprem kumaşların aktivite sırasında hemen hemen bütün vücut bölümlerinde en yüksek mikroklima sıcaklık ve mikroklima bağıl nem değeri gösterdikleri bulunmuştur. En yüksek hava geçirgenliği ve nem yönetimi özelliği gösteren TS kodlu tencel süprem kumaştan yapılan giysi numunesinin ölçülen dört vücut bölgesi için de mikroklima sıcaklık ve bağıl nem verilerinin diğer giysi tiplerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Terleyen Sıcak Plaka test sonuçlarına göre su buharı direnci en düşük ikinci yapıya sahip, Termal Manken test sonuçlarına göre ise en düşük su buharı direncine sahip olan PM kodlu polyester meş örgü yapılı kumaşın ise ölçülen dört vücut bölgesi içinde mikroklima bağıl nem değerleri diğer giysilerden daha düşük olarak bulunmuştur. Bunun nedeni gözenekli yapının su buharı geçişine kolaylık sağlaması sonucu mikroklima bağıl nem değerlerinin düşmesidir. Göğüs mikroklima bölgesinde bütün giysi yapılarında hız arttıkça bağıl nem değerinin de arttığı ve benzer grafik gösterdiği görülmüştür. Bağıl nem değerindeki en büyük artış aktivitenin başlangıcında 9,5-10,5 km/h hız aralığında gerçekleşmiştir. Bu aralıkta giysilerin sıcaklık değerlerinin de en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bu aralıkta sıcaklık artışıyla birlikte bağıl nem artışının da gerçekleştiği görülmüştür. Sırt mikroklima bölgesinde, göğüs mikroklima sıcaklık değerinden farklı olarak en düşük sıcaklık değerlerine aktivitenin 11,5 km/h hız aralığında ulaşıldığı bunun sonucunda sırt bölgesindeki terlemenin göğüs bölgesinden daha önce gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca sırt mikroklima sıcaklık değerlerinin aktivitenin genelinde 34,5 -35,5 °C aralığında seyrederek göğüs mikroklima sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Göğüs mikroklima bağıl nem değerlerinde olduğu gibi sırt mikroklima bağıl nem değerlerinin de %60 -%90 aralığında yer aldığı ve hız artışıyla birlikte arttığı görülmüştür. Göğüs mikroklima sıcaklığında olduğu gibi sırt mikroklima sıcaklığındaki düşüşün hızın 11,5 km/h hız olduğu aktivitenin ilk 30 dakikasında gerçekleştiği görülür. Buradaki sıcaklık düşüşünün terlemenin başlamasıyla gerçekleştiği söylenebilir. Karın mikroklima sıcaklığının göğüs ve sırttan farklı olarak aktivitenin başında (9,5 km/h hız)

en yüksek değeri verdiği aktivite süresince bu değerin düştüğü görölmüştür. Bunun sebebi giysinin klasik kesim olmasından dolayı karın ve bel bölgelerinde vücuda yapışmamasından dolayı hava sirkülasyonuna izin vermesidir. Ayrıca karın mikroklima sıcaklıklarının göğüs ve sırt mikroklima sıcaklıklarından daha düşük olduğu görölmüştür. Karın mikroklima bağıl nem değerlerinin egzersizin başında %70- %75 civarında olduğu ve göğüs ile sırt bölgelerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aktivitenin ilk iki bölümündeki (9,5-10,5 km/h hız) bağıl nem artışının diğer bölümlerden daha fazla olduğu da dikkat çekmektedir. Aynı giysiler için bel mikroklima sıcaklık değeri karın mikroklima sıcaklık değerinden daha yüksek olarak bulunmuştur. Daha önce anlatıldığı gibi bel mikroklima sıcaklık değerleri karın mikroklima sıcaklık değerlerinden fazla iken, mikroklima bağıl nem değerleri ise bunun tam tersidir. Bunun nedeni karındaki yağ yüzdesinin belden daha fazla olmasından dolayı terleme miktarının daha fazla olması olarak açıklanabilir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde giyim denemesinde kullanılan giysi yapılarına Termal Manken Newton cihazı kullanılarak su buharı direnci ve ısı direnç testleri yapılmıştır. Burada da deney ortamının sıcaklığı giyim denemelerinde olduğu gibi 27 °C ve %45 bağıl nem olarak ayarlanmıştır. Termal manken sonuçlarına göre ısı direnç ve su buharı direnci değeri en yüksek olan giysiler terleyen sıcak plaka ölçümlerine göre de yüksek olan PPS kodlu pamuk/polyester ve PS kodlu pamuk süprem giysi yapıları olarak bulunmuştur. Bu giysilerin mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin de genel olarak diğerlerinden daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Termal manken sonuçlarına göre en düşük ısı direnç ve su buharı direnci gösteren PM kodlu kodlu giysi yapısının Alambeta test cihazı ısı direnç sonucunun en yüksek olduğu görölmüştür. Bu kumaşın terleyen sıcak plaka ölçümlerinde ise ısı direnç orta değerlerde su buharı direnci de termal manken test sonuçlarına benzer şekilde en düşük ikinci kumaş yapısı olarak bulunmuştur. Bunun nedeni Alambeta ve Sweating Hot Plate cihazlarının ölçüm prensibinin farklı olmasının yanında, örgü yapısının gözenekli olması ve giysi durumunda gözenek yapısının ısı direnç değerini etkilemesi olduğu söylenebilir. Giyim denemesi sırasında en düşük mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değeri gösteren TS kodlu tencel iplikten yapılan giysi numunesinin termal manken ısı direnç değerinin terleyen sıcak plakada olduğu gibi

ikinci en düşük yapı olduğu görülmüştür. Burada ısı direnci etkileyen parametrenin lif yapısı olduğunu söyleyebiliriz.

Sübjektif test sonuçları ise TS ve PM kodlu kumaşlardan üretilen giysilerin aktivitenin genelinde daha serin hissettirdiği, aktivitenin sonunda ise PM kodlu polyester meş örgü yapısına sahip giysinin ortalama değerinin ılık-sıcak arasında yer aldığı diğer giysilerden daha düşük hissettirdiği görülmüştür. Aktivitenin son bölümünde en sıcak hissettiren giysi ise PPS kodlu pamuk polyester iplikten yapılan giysi numunesi olmuştur. Aktivitenin genelinde PM ve TS kodlu kumaş yapılarının sübjektif ıslaklık değerlendirme sonuçlarının diğer giysi yapılarından daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca PM kodlu polyester meş kumaş yapısından yapılan giysinin ise egzersizin genelinde denekler tarafından daha konforlu olarak değerlendirildiği görülmüştür.

Sonuç olarak objektif ölçüm sonuçlarına göre hava geçirgenliği ve nem yönetimi yüksek, su buharı direnci düşük kumaş yapılarının giyim denemesi sırasında mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Isıl direnç ve su buharı direnci yüksek kumaş yapılarının ise mikroklima sıcaklık ve bağıl nem değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca ölçülen dört vücut bölgesinde en yüksek mikroklima sıcaklığının sırt bölgesinde görüldüğü bunu göğüs bölgesinin takip ettiğini, en düşük mikroklima sıcaklık değerinin ise karın bölgesinde görüldüğü söylenebilir. En yüksek bağıl nem değerleri ise karın bölgesinde ölçülmüştür. Sübjektif ölçüm sonuçlarına göre ise mikroklima bağıl nem ve sıcaklık değeri daha düşük ölçülen giysiler denekler tarafından daha düşük sıcaklıkta ve konforlu olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak objektif test sonuçları ile sübjektif değerlendirme sonuçları birbirini desteklemiştir. Bunun yanında özellikle yazlık giysilerde ısı direnci düşük su buharı geçirgenliği yüksek giysi yapıları tercih edildiğinden, giyim denemesi sonuçları da göz önüne alınarak TS ve PM kodlu kumaşlardan yapılan giysilerin atletlerin performansını olumlu yönde etkileyeceği söylenebilir. Ayrıca bu giysilerin VO₂maks değerleri ve nabız değerlerinin de diğerlerinden daha düşük olması nedeniyle antrenman sırasında sporcuları daha az zorladığı ve bu giysilerin giyildiği durumda aktivitenin diğerlerinden daha fazla sürdürülebileceği söylenebilir. Ayrıca bu çalışmanın bir sonraki safhasında bu iki kumaş yapısının kombinasyonundan oluşan bir giysinin tasarlanması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adolph, E.F. 1949.** Physiology of heat regulation and the science of clothing. WB Saunders Co., Philadelphia, USA, 457 pp.
- Aksoy, A., Kaplan S. 2011.** Tekstil materyallerinde sıvı transfer mekanizmaları ve ölçüm yöntemleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2): 51-67.
- Arabuli, S., Vlasenko,V., Havelka A., Kus Z. 2010.** Analysis of modern methods for measuring vapor permeability properties of textiles. 7th International Conference, 6-8 September 2010, Liberec, Czech Republic.
- Ashrae. 1989.** Handbook Fundamentals, American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, Atlanta.
- Ashrae. 1992.** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ASHRAE Standard 55-1992). Atlanta, GA: Ashrae.
- Atasagun, H.G., Öner , E., Okur, A., Beden, A.R. 2014.** A comprehensive study on the general performance properties of Viloft-blended knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 106(5): 523-535.
- Baczek, M.B., Hes, L. 2013.** Effective water vapour permeability of wet wool fabric and blended fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 21(1): 67-71.
- Ayres, B., White, J., Hedger, W., Scurr, J. 2013.** Female upper body and breast skin temperature and thermal comfort following exercise, *Ergonomics*, 56(7): 1194-1202.
- Banerjee, D., Chattopadhyay, S.K., Suneet, T. 2013.** İnfrared thermography in material research, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 38: 427-437.
- Bayraktar, B., Kurtoğlu, M. 2009.** Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim*, 22 (1): 16-24.
- Benloufa, S., Fayala, F., Cheikhrouhou, M., Nasrallah, B. 2007.** Porosity determination of jersey structure. SDL Atlas Product Name SDL Atlas MMT 290 IM. *Autex Res Journal*, 7(1): 63-69.
- Berglund, L.G., Gonzalez, R.R. 1977.** Evaporation of sweat from sedentary man in humid environments. *J Appl Physiol*, 42: 767-772.
- Bornais, P. 1997.** Analysis and characteristic of comfort in clothing. *Canadian Textile Journal*, 114(4): 12-14.
- Bozdoğan, S., Işıktaş, H., Oğlakçioğlu, N., Marmaralı, A. 2007.** Jakarlı örme yapıların ısı konfor özellikleri. *Tekstil ve Mühendis*, 65: 18-23.
- Brazaitis, M., Kamandulis, S., Skurvydas, A., Daniusevičiūtė, L. 2010.** The effect of two kinds of T-shirts on physiological and psychological thermal responses during exercise and recovery. *Applied Ergonomics*, 42(1): 46-51.
- Bringard, A., Perrey, S., Belluye, N. 2006.** Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise – positive effects of wearing compression tight. *International Journal of Sports Medicine*, 27: 373-378.
- Brooks, G.A., Fahey, T.D. 1984.** Exercise physiology: human bioenergetics and its applications. JohnWiley& Sons, New York, USA, 750 pp.
- Brotherhood, J. R. 2008.** Heat stress and strain in exercise and sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11: 6-19.
- Brzeziński, S., Malinowska, G., Nowak, T. 2005.** High-tech sports clothing with a high comfort of use made from multi-layer composite materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 13(4): 90-92.

- Butera, F.M. 1988.** Principles of thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2: 39-66.
- Celcar, D., Meinander, H., Gersak, J. 2008.** Heat and moisture transmission properties of clothing systems evaluated by using a sweating thermal manikin under different environmental conditions. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20 (4): 240- 252.
- Celcar, D. 2013.** Influence of phase-change materials on thermo-physiological comfort in warm environment. *Journal of Textiles*, 1-9.
- Chen, Y.S., Fan, J., Zhang, W. 2003.** Clothing Thermal Insulation During Sweating. *Textile Research Journal*, 73(2): 152-157.
- Chen YS., Fan, J., Qian, X. 2004.** Effect of Garment Fit on Thermal Insulation and Evaporative Resistance. *Textile Research Journal*, 74(8): 742-748.
- Chudecka, M., Lubkowska, A. 2012.** The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature, *Human Movement*, 13(1): 33-39.
- Cimilli, S., Nergiz, B.U., Candan, C., Özdemir, M. 2010.** A comparative study of some comfort related properties of socks of different fiber types. *Textile Research Journal*, 80 (10): 948-957.
- Congalton, D. 1999.** Heat and moisture transport through textiles and clothing ensembles utilizing the hohenstein skin model, *J. Coat. Fabric*, 28: 183-196.
- Çil, M.G., Nergiz, U.B, Candan, C. 2009.** An experimental study of some comfort-related properties of cotton acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79(10): 917-923.
- Das, B., Das, A., Kothari, V.K., Fanguiero, R., Araújo, M. 2007.** Moisture Transmission Through Textiles , Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*, 7(2): 194-216.
- Das, B., Das, A., Kothari, V.K., Fanguiero, R, Araujo, M. 2009.** Moisture flow through blended fabrics - effect of hydrophilicity. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(4): 20-28.
- Das, A., Alagirusamy, R. 2010.** Science in clothing comfort. The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited, New Delhi, India, 173 pp.
- Das, S., Kothari, V.K. 2012.** Moisture vapour transmission behaviour of cotton fabrics. *Indian Journal of Fabric and Textile Research*, 37: 151-156.
- Das, A., Alagirusamy, R. , Kumar, P. 2011.** Study of heat transfer through multilayer clothing assemblies: A theoretical prediction. *AUTEX Research Journal*, 11(2): 54-60.
- Demir, M. 2008.** Atletizm, Koşular, Atlama, Atmalar (4. Baskı). Nobel Yayın, Ankara.
- Demiröz Gün, A., Bodur, A. 2014.** Kumaşların su buharı geçirgenliği. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(3): 20-34.
- Demiryürek, O., Uysaltürk, D., 2013.** Thermal comfort properties of viloft/cotton and viloft/polyester blended knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 83 (16): 1740-1753.
- Devecioğlu, S., Altıngül O. 2011.** Spor teknolojilerinde inovasyon. 6 th. International Advanced Technologies Symposium, 16-18 May 2011, Elazığ, Türkiye.
- Dias, T., Delkumburewatte, G.B. 2007.** The influence of moisture content on the thermal conductivity of a knitted structure. *Measurement Science and Technology*, 18: 1304-1314.
- Dias, T., Delkumburewatte, G.B. 2008.** Changing porosity of knitted structures by changing tightness. *Fibers and Polymers*, 9(1): 76-79.

- Dolhan, P.A. 1987.** A comparison of apparatus used to measure water vapour resistance. *Journal of Industrial Textiles*, 17(2): 96-109.
- Domina, T., Kinnicut, P., Macgilivrey, M. 2011.** Thermal pattern variations analyzed using 2D/3D mapping techniques among females, *Journal of Textile and Apparel, Technology and management*, 7(1): 1-15.
- Emek, A. 2004.** Teknik tekstiller dünya pazarı, Türkiye'nin üretim ve ihrac imkanları. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracat Geliştirme Etüd Merkezi, Ankara.
- Eryürük, S.H. 2004.** Polar kumaşların konfor özelliklerinin incelenmesi. *Örme İhtisas*, 7: 38- 42.
- Fan, J., Chen, Y. 2002.** Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapor resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin, *J. Meas. Sci. Technol.*, 13(7): 1115–1123.
- Fan, J. , Tsang, H.W.K. 2008.** Effect of clothing thermal properties on the thermal comfort sensation during active sports, *Textile Research Journal*, 78(2) :111-118.
- Fanger, P.O. 1985.** Thermal environment-human requirements. Sulzer Technical Review, 67: 3–6.
- Fanger, P.O. 1986.** Thermal environment- human requirements, *The Environmentalist*, 6 (4): 275-278.
- Farnworth, B. 1983.** Mechanism of heat flow through clothing insulation. *Textile Research Journal*, 53(12): 717-725.
- Fernandes, A.A., Santos Amorim, P.R., Brito, C.S, Moura, A.G., Moreira,D.G., Costa, Sillero-Quintana, C.M.A, Marins, J.C.B., Nunes, L.A.O., Andrade Filho, A.C.C., Rebelatto, J.R., Salvini, T.F. 2014.** Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiological Measurement*, 36: 189-203.
- Ferreira, J.J.A., Mendonca, L.C.S, Nunes L.A.O., Filho, A.C.C., Rebelatto, J.R. 2008.** Exercise associated thermographic changes in young and elderly subjects, *Annals of Biomedical Engineering*, 36(8): 1420-1427.
- Gavin, T., Babington, P., Harms, C., Ardelt, M., Tanner, D., Stager, J., 2001.** Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 33(12): 2124-2130.
- Gavin, T.P. 2003.** Clothing and Thermoregulation During Exercise, *Sports Medicine*, 33 (13): 941-947.
- 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.
- Givoni, B, Belding, H.S. 1962.** The cooling efficiency of sweat evaporation: Biometeorology, Ed: Givoni, B., Belding, H.S. , New York, USA, pp: 304-314.
- Goldman, R.F. 1999.** Extrapolating ASHRAE's Comfort Model, *HVAC&R Research*, 5(3): 189-194.
- Goldman, R.F. 2005.** The four 'Fs' of clothing comfort. *Elsevier Ergonomics Book Series*, 3: 315-319.
- Gorjanc, D.S., Dimitrovski, K., Bizjak, M. 2012.** Thermal and water vapor resistance of the elastic and conventional cotton fabrics, *Textile Research Journal*, 82(14): 1498-1506.
- Güneşoğlu, S. 2005.** Sportif amaçlı giysilerin konfor özelliklerinin araştırılması. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

- Ha, M., Tokura, H., Yanai, Y., Moriyama, T., Tsuchiya, N. 1999.** Combined effects of fabric air permeability and moisture absorption on clothing microclimate and subjective sensation during intermittent exercise at 27 degrees C. *Ergonomics*, 42(7): 964-979.
- Hatch, K.L. 1993.** Textile Science, MN: West educational publishing, Minneapolis.
- Havenith, G., Holmer, I., Hartog, E.A., Parsons, K. 1999.** Clothing evaporative heat resistance-proposal for improved representation in standards and models. *The Annals of Occupational Hygiene*, 43(5): 339-346.
- Havenith, G. 2002.** The Interaction between clothing insulation and thermoregulation. *Exogenous Dermatology*, 1(5): 221-230.
- 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, New Delhi.
- Hes, L. 2004.** Experimental study of heat and moisture transfer by free convection in garments. II. International İstanbul Textile Congress, 22-24 April 2004, İstanbul.
- Hes, L. 2008.** Non-destructive determination of comfort parameters during marketing of functional garments and clothing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 33: 239-245.
- Hes, L., Araujo, M. 2010.** Simulation of the effect of air gaps between the skin and a wet fabric on resulting cooling flow. *Textile Research Journal*, 80(14): 1488-1497.
- Ho, C., Fan, J. Newton, E., Au, R. 2008.** Effects of athletic T-shirt designs on thermal comfort. *Fibers and Polymers*, 9(4): 503-508.
- Ho, C., Fan, J. Newton, E., Au, R. 2011.** The effect of added fullness and ventilation holes in T-shirt design on thermal comfort. *Ergonomics*, 54(4) : 403-410.
- Ho, C., Fan, J. Newton, E., Au, R. 2015.** T-shirt with propping effect for natural ventilation : design development and evaluation of its functionality by thermal manikin in standing and walking motions. *Journal of textile science & engineering*, 5(5): 1-7.
- Hollies, N.R., Fourt, L. 1970.** Clothing Comfort and Function, Marcel Dekker Inc. New York, USA, 254 pp.
- Hollies, NRS, Custer, A.G., Morin, C.J., Howard, M.E. 1979.** A Human perception analysis approach to clothing comfort. *Textile Research Journal*, 49(10): 557-564.
- Hollies, NRS, Demartiono, R.M., Yoon, H. N. vd. 1984.** Improved comfort polyester. *Textile Research Journal*, 54(8): 447-458.
- Holmer, I. 1999.** Thermal manikin history and applications. *European Journal of Applied Physiology*, 92(6) : 614-618.
- Holmér, I. 2001.** Validation of manikin insulation values in wear trials. Proceedings of the 4IMM-4th International meeting on thermal manikin testing, 27-28 September EMPA, St. Gallen, Switzerland.
- Holmer, I. 2004.** Thermal manikin history and applications. *European Journal of Applied Physiology*, 92(6) : 614-618.
- Huang, J. 2006.** Thermal parameters for assessing thermal properties of clothing. *Journal of Thermal Biology*, 31: 461-466.
- Huang, J., Qian, X. 2008,** Comparison of test methods for measuring water vapor permeability of fabrics, *Textile Research Journal*, 78 (4): 342-352.

- Jeong, W.Y., An, S. K. 2001.** The transport properties of polymer membrane-fabric composites . *Journal of Materials Science*, 36: 4797 - 4803.
- Jhanji, Y., Gupta, D., Kothari, V.K. 2014.** Moisture management properties of plated knit structures with varying fiber types , *The Journal of The Textile Institute*, 106(6): 663-673.
- Jun, Y.İ. , Kang, Y.K., Park, C., Choi, C. 2002.** Evaluation of textile performance of soccer wear. *Textile Asia*, 33(5): 43-44.
- Hardy, J.D.1968.** Heat Transfer: Physiology of heat regulation and the science of clothing, Ed: Newburgh, L.H., London, pp. 78-108.
- Kamon, E., Avellini, B., Krawjewski, J. 1978.** Physiological and biophysical limits to work in the heat for clothed men and women. *J Appl Physiol*, 44: 918-925.
- Kanat, Z.E., Özdil, N. 2013.** Aktiviteye bağlı olarak giysilerde değişen nem miktarının ısı konforuna etkisi. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 17-20 Nisan, İzmir.
- Kaplan, S., Okur, A. 2005.** Kumaşların Geçirgenlik-İletkenlik Özelliklerinin Giysi Termal Konforu Üzerindeki Etkileri. *Tekstil Maraton*, 2: 56- 65.
- Kaplan, S., Okur, A. 2010.** A new dynamic sweating hotplate system for steady-state and dynamic thermal comfort measurements. *Measurement Science and Technology*, 21 (8) :1-8.
- Karaca, E., Özçelik ,F. 2007.** Influence of the cross-sectional shape on the structure and properties of poliester Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 103: 2615– 2621.
- Karagüzel, B. 2004.** Characterization and role of porosity in knitted fabrics, *MSc Thesis*, North Carolina State University Department of Textile Engineering, Chemistry and Science, Nort Carolina.
- Kawabata, S., Niwa, M. 1991.** Objective measurement of fabric mechanical property and quality: Its application to textile and clothing manufacturing .*International Journal of Clothing Science and Technology*, 3(1): 7-18.
- Kaynak, H.K. , Babaarslan, O. 2009.** Mikroliflerin tekstil endüstrisindeki yeri ve önemi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(3): 70-83.
- Kılınc, F. S. 2004.** A Study of nature of fabric comfort: Design-oriented fabric comfort Model. *Doktora Tezi*, Auburn University, Alabama.
- Kıssa, E. 1996.** Wetting and wicking. *Textile Research Journal*, 66(10): 660-668.
- Knight, B.A., Hersh, S.P., Brown, P. 1970.** Moisture characteristics of some knit fabrics made from blend yarns. *Textile Research Journal*, 40 (9): 843-851.
- Konopov, I., Oggiano, L., Chinga-Carrasco, G. , Troynikov, O., Sætran, L.Alam, F. 2010.** Aerodynamic and comfort characteristics of a double layer knitted fabric assembly for high speed winter sports. *Procedia Engineering*, 2(2): 2837-2843.
- Kothari, V. K. 2006.** Thermo-physiological comfort characteristics and blended yarn woven fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 31: 177-186.
- Kuntman, A. , Ersoy, A. 2008.** Polimerik yalıtkanlarda yüzey özelliklerinin temas açısı ile incelenmesi. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Kasım 2008, Bursa.
- Langenhove, L.V., Hertleer, C. 2004.** Smart Clothing: A new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16(1/2): 63-72.
- 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, 138 pp.

- Li, Y. 2005.** Perceptions of temperature, moisture and comfort in clothing during environmental transients, *Ergonomics*, 48(3): 234- 248.
- Li, Y., Zhu, Q. 2003.** Simultaneous heat and moisture transfer with moisture sorption, condensation and capillary liquid diffusion in porous textiles, *Textile Research Journal*, 73(6): 515-524.
- Li, Y., Dai, X.Q. 2006.** Biomechanical engineering of textile and clothing. The Textile Institute, Woodhead Publishing, Cambridge, England, 403 pp.
- Li, M., Li, D., Zhang, W., Tang, X. 2009.** Factor analysis on subjective attributes affecting knitted fabric's comfort sensation. First International Workshop on Database Technology and Applications, 25-26 April 2009, Wuhan, China.
- Liao, X. , Hu, J., Li, Y. , Li, Q. , Wu, X. 2011.** A review on fabric smoothness-roughness sensation studies . *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 4(2):105-114.
- Maejima, M. 1983.** Applying capillarity to estimation of space structure of fabrics. *Textile Research Journal*, 53(7): 427-434.
- Majumdar, A., Mukhopadhyay, S., Yadav, R. 2010.** Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres, *International Journal of Thermal Science*, 49: 2042-2048.
- Manshahja, M., Das, A. 2013.** Thermo-physiological comfort of compression athletic wear, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39: 139-146.
- Marmaralı, A., Dönmez Kretzschmar, S., Özdil, N., Gülsevin Oğlakcıoğlu, N. 2006.** Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 241-246.
- Marmaralı, A., Özdil, N. , Dönmez Kretzschmar, S. 2007.** Elastik iplikli düz örme kumaşların ısı konfor özellikleri. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 3: 178-182.
- Mathur, G.N., Raj, H., Kasturiya. N. 1997.** Protective clothing for extreme cold region. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 22: 292- 296.
- Matusiak, M., 2006.** Investigation of the thermal insulation properties of multilayer textiles , *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 14(5): 98-102.
- Matusiak, M. 2010.** Thermal comfort index as a method of assessing the thermal comfort of textile materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(79): 45-50.
- Mavruz, S., Oğulata, RT. 2009.** Pamuklu örme kumaşlarda hava geçirgenliğinin incelenmesi ve istatistiksel olarak tahminlenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1: 29-38.
- Merla, A., Mattei, P.A., Donato, L.D., Romani, G.L. 2010.** Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise, *Annals of Biomedical Engineering*, 38(1): 158-163.
- Mccullough, E. A., Kwon, M., Shim, H. 2003.** A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14: 1402–1408.
- McGregor, B.A., Doyle, E., Thompson, J., Naebe, M., Speijers, J., Tester, D. 2015.** Relationships between sleeve trial and wearer trial assessment of discomfort and objective measurements. *Textile Research Journal*, 85(3): 272-280.
- Mclaren, J., Helmer, R.J.N., Horne, S.L., Blanchonette, I. 2010.** Preliminary development of a wearable device for dynamic pressure measurement in garments. *Procedia Engineering*, 2: 3041-3046.
- Mehnert, P., Malchaire, J., Kampmann, B., Piette, A., Griefahn, B., Gebhardt. H. 2000.** Prediction of the average skin temperature in warm and hot environments. *European Journal of Applied Physiology*, 82: 52–60.

- Meinander, H. 1999.** Extraction of Data from Sweating Manikin Tests: Proceedings of the Third International Meeting on Thermal Manikin Testing at the National Institute for Walking Life, Sweden, pp. 95–99.
- Meinander, H. 2004.** Manikin measurements versus wear trials of cold protective clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 92(6): 619-621.
- Mijovic, B. , Skenderi, Z. , Salopek, I . 2009.** Comparison of subjective and objective measurement of sweat transfer rate. *Coll. Antropol.*, 33 (2): 509-514.
- Nahla A., Mohsen, H.A., Ghada, A.K., 2012,** Effect of number of fibres per yarn cross-section on moisture vapour transport in knitted garment. *Journal of American Science*, 8 (11): 370-378.
- Naylor, G., Stanton, J.H., Speijers, J. 2014.** Skin comfort of base layer wool garments. Part 2: Fiber diameter effects on fabric and garment Prickle. *Textile Research Journal*, 84(14):1506–1514.
- Oh, T.H., Lee, M.S., Kim, S.Y., Shim, H.J. 1998.** Studies on melt-smetalning process of hollow fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 68(8): 1209-1217.
- Oğlakçioğlu, N. , Marmaralı, A. 2007.** Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(5- 6): 94- 96.
- Oğlakçioğlu, N., Marmaralı A. 2013.** Rejenere selüloz liflerinin kompresyon çoraplarının ısı konfor özelliklerine etkisi, *Tekstil ve Mühendis*, 17(77): 6-12.
- Oğulata, R.T., Mavruz, S. 2010.** Investigation of porosity and air permeability values of plain knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(5): 71-75.
- Oliveira, AVM., Gaspar , AR. , Quintela, D.A. 2011.** Dynamic clothing insulation. Measurements with a thermal manikin operating under the thermal comfort regulation mode. *Applied Ergonomics*, 42(6): 890-899.
- Onofrei, E., Rocha, A.M., Catarino, A. 2011.** The influence of knitted fabrics' structure on the thermal and moisture management properties . *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(4):10-22.
- Önder, E., Sarier, N. 2003.** Tekstillerde dinamik ısı yönetimi olanakları. Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu IX., 30 Nisan-2 Mayıs 2003, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Bursa.
- Öner, E.** Çeşitli liflerden üretilen kumaşlardan yapılan spor giysilerinin termal konforunun değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Özçelik, G., Çay, A., Kırtay, E. 2007.** A study of the thermal properties of textured knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15: 55-60.
- Özgül, N. , Süpüren, G., Özçelik, G., Průchová J . 2009.** A study on the moisture transport properties of the cotton knitted fabrics in single jersey structure. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3: 218-223.
- Pac, M.J., Bueno, M.A., Renner, M. 2001.** Warm-cool feeling relative to tribological properties of fabrics. *Textile Research Journal*, 71: 806–812.
- Parsons, K. 2002.** Human Thermal Environment. CRC Press, 480 pp.
- Parsons, K. 2014.** Human Thermal Environment. CRC Press, 3.baskı, 585 pp.
- Pascoe, D.D., Bellingar, T.A., McCluskey, B.S. 1994.** Clothing and exercise. *Sport Medicine*, 18(2) : 94-108.
- Patnaik, A., Rengasamy, R., Kothari, V., Ghosh, A. 2006.** Wetting and wicking in fibrous materials. *Textile Progress*, 38(1):1-105.
- Petrulyte, S., Baltakyte, R. 2009.** Liquid sorption and transport in woven structures, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2 (73): 39-45.

- Pontrelli, G.J. 1977.** Partial Analysis of Comfort's Gestalt: Clothing Comfort, Ed: Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan, USA, pp: 71-80.
- Prahsarn, C., Barker , R. L., Gupta, B. S. 2005.** Moisture vapor transport behavior of polyester knit fabrics. *Textile Research Journal*, 75(4) : 346 -351.
- Purusthotaman, A. 2009.** New understandings on moisture vapor transport of fibrous assemblies. *Doktora Tezi*, Texas Tech Üniversitesi, Texas, US.
- Purane, S.V. , Panigrahi, N.R.2007.** Microfibers microfilaments and their applications. *Autex Research Journal*, 7(3): 148-158.
- Purvis, A., Tunstall, H. 2004.** Effects of sock type on foot skin temperature and thermal demand during exercise. *Ergonomics*, 47(15): 1657-1668.
- Reinertsen, R.E., Færevik, H., Holbø, K. Nesbakken R. 2008.** Optimizing the performance of phase-change materials in personal protective clothing systems, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 14(1): 43-53.
- Ruckman, J.E., Murray, R. 1999.** Engineering of clothing systems for improved thermophysiological comfort, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(1): 37-52.
- Ruckman, J.E. 2005.** The application of a layered system to the marketing of outdoor clothing, *Journal of Fashion Marketing and Management*, 9(1): 122-129.
- Saville, B.P. 1999.** Physical testing of textiles, The textile institute, Woodhead publishing, Cambridge, England, 336 pp.
- Shishoo, R . 2005.** Textiles in Sport, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Cambridge, England, 376 pp.
- Slater K. 1985,** Human Comfort, Thomas Springfield, USA.
- Slater, K. 1986.** The assessment of comfort. *Journal of Textile Institute*,77: 157-171.
- Song, G. 2011.** Improving Comfort in Clothing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 480 pp .
- Sousa, J.D., Cheatham, C., Wittbrodt, M. 2014.** The effects of a moisture-wicking fabric shirt on the physiological and perceptual responses during acute exercise in the heat. *Applied Ergonomics*, 45(6): 1447-1453.
- Stanton, J.H., Speijers, J., Naylor, G., Pieruzzini, S., Beilby, J., Barsden, E., Clarke,A. 2014.** Skin comfort of base layer knitted garments. Part 1: Description and evaluation of wearer test protocol. *Textile Research Journal*, 84(13): 1385-1399.
- Su, C., Fang, J., Chen, X., Wu, W. 2007.** Moisture absorption and release of profiled polyester and cotton composite knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 77(10): 764 - 769.
- Sullivan, P.J., Mekjavik, L.B. 1992.** Temperature and humidity within the clothing microenvironment. *Aviat Space Environ Med*, 63: 186-192.
- Tamura, T. 2006.** Development of a two layer movable sweating thermal manikin. *Industrial Health*, 44: 441-444.
- Tanner, J.C. 1979.** Breathability, Comfort and Gore-tex laminates. *J Coated Fabrics*, 8: 312-322.
- Taştan Özkan, E. Meriç, B. 2015.** Thermophysiological comfort properties of different knitted fabrics used in cycling clothes, *Textile Research Journal*, 85(1): 62-70.
- Threlkeld, J.L.1970.** Thermal environmental engineering, Prentice-Hall Inc., New York USA .
- Troynikov, O., Ashayeri, E., Burton, M., Subic, A., Alam, F., Marteau, S. 2010.** Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports . *Procedia Engineering*, 2: 2823–2829.

- Troynikov, O., Wardiningsih, W., Koptug, A., Watson, C., Oggiano, L. 2013.** Influence of material properties and garment composition on pressure generated by sport compression garments. *Procedia Engineering*, 60: 157 – 162.
- TS 391 EN ISO 9237** Nisan 1999, Tekstil- Kumaşlarda Hava Geçirgenliği Tayini
- Turan, B., Okur, R. 2008.** Kumaşlarda hava geçirgenliği. *Tekstil ve Mühendis*, 72: 16-25.
- Tyagi, G.K., Goyal, A., Vineet Jain, V. 2004.** Fibre cross-section and comfort of polyester- viscose Fabrics. *Textile Asia*, 35-37.
- Uğur, Ş., Sivri, Ç. 2008.** Tekstil materyallerinde su buharı geçirgenliği ölçüm metotlarının karşılaştırılması. *Teknolojik Araştırmalar Dergisi*, 3: 13-20.
- Vigo, T. 1997.** Textile Processing and Properties: Preparation, Dying, Finishing and Performance. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands, 479 pp.
- Wang, F. 2008.** A comparative introduction on sweating thermal manikins Newton and Walter. 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, September 2008, University of Coimbra.
- Wang, F., Kuklane, K., Gao, C., Holmer, I. 2010.** Development and validity of a universal empirical equation to predict skin surface temperature on thermal manikins. *Journal of Thermal Biology*, 35: 197–203.
- Wardiningsih, W., Troynikov, O., Nawaz, N., Watson C. 2014.** Influence of wearing impact protective garment on thermophysiological comfort of the wearer. *Procedia Engineering*, 72:551 - 556.
- Wilbik-halgas, B., Danych, R., Wiecek, B., Kowalski, K. 2006.** Air and water vapor permeability in double-layered knitted fabrics with different raw materials. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14(3): 77- 80.
- Wong, A. S. W., Li, Y., Yeung, P. K. W., Lee ,P.W.H. 2003.** Neural network predictions of human psychological perceptions of clothing sensory comfort. *Textile Research Journal*, 73: 31-37.
- Wong, A.S.W., Li, Y. 2004.** Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear, *Journal of Thermal Biology*, 29: 791-796.
- Wong, A.S.W., Li, Y., Newton, E. 2007.** Mathematical simulation of human psychological perception of moisture sensation. *Computational Textile Studies in Computational Intelligence*, 55: 265-273.
- Wu, H.Y., Zhang, W.Y. Li, J. 2009.** Study on improving the thermal-wet comfort of clothing during exercise with an assembly of fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(75): 46-51.
- Xianghui, Z., Jun, L. 2010.** Effects of clothing ventilative designs on thermoregulatory responses during exercise. Biomedical Engineering and Computer Science (ICBECS), 23-25 April, Wuhan.
- Yıldız, S.A., Arzuman, P. 2009.** Sıcak ortamda egzersiz. *Klinik Gelişim Dergisi*, 22 (1): 10-15.
- Yuan, Y., Lee, T. 2013.** Contact angle and wetting properties: Surface science techniques, Ed: Bracco, G., Holst, B., Verlag, Berlin Heidelberg, 3-34.
- Yücesir, İ., Güner, R., Atasü, T. 2011.** Sporda ergojenik yardım ve ergojenik beslenme: Doping ve futbolda performans artırma yöntemleri, Editörler: Atasü, T., Yücesir, İ., Bayraktar, B., Ajansmat Matbaacılık, Ankara, s. 157-189.

Yoo, H. S., Hu, Y. S., Kim, E. A. 2000. Effects of heat and moisture transport in fabrics and garments determined with a vertical plate sweating skin model. *Textile Research Journal*, 70 (6):542-549.

Yoo, S. , Barker, R.L. 2005. Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics, *Textile Research Journal*, 75(7): 523-530.

Zhang, P., Gong, R.H., Yanai, Y., Tokura, H. 2001. Clothing air permeability and moisture regain on human thermal regulation during exercise. In.: 1th Autex World Textile Conference. Portugal. 216-226.



EKLER

- EK-1** Gönüllü Bilgilendirme Formu
- EK-2** Gönüllü BilgiFormu
- EK-3** Subjektif Konfor Değerlendirme Skalası
- EK-4** Örgü Diagramları
- EK-5** Kardiyö Solunum Fonksiyonları Cihazı Sonuç Ekranı



EK-1

Gönüllü Bilgilendirme Formu

Bu çalışmada bir kontrol giysisi ve 4 farklı test giysisi olmak üzere toplam 5 giysinin ısı ve nem konforu özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kontrollü koşullar altında koşu bandı kullanılarak aşağıda belirtilen antreman programı doğrultusunda giyim denemeleri yapılacaktır.

Subjektif giyim denemeleri için gerekli etik izin Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan alınmış ve ekte sunulmuştur. Giyim denemeleri Uludağ Üniversitesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı laboratuvarlarında gerçekleştirilecektir. Egzersiz aşamasına gelindiğinde test giysileri ile submaksimal egzersizlere başlamadan önceki 2.-5. günde deneklerin maksimal aerobik kapasitelerini belirlemek için maksimal dayanıklılık testi yapılacaktır. Denekler daha sonra test giysilerinden bir tanesini giyerek koşu bandında submaksimal bir egzersiz yapacaktır. Her denek 5 farklı test giysisi ve bir kontrol giysisi ile bu submaksimal egzersizi 4-7 gün ara ile toplamda 6 kez gerçekleştirecektir. Koşu bandında yapılacak olan submaksimal egzersiz testi 10 dakikada bir hızın arttığı toplamda 50 dakikadan oluşacaktır. Submaksimal egzersizden hemen önce, egzersiz sırasında her bir aşamanın ortasında (5., 15., 25., 35., 45. dakikada) ve egzersizden sonra ölçümler yapılacaktır.

Denemelere başlamadan önce yaklaşık yarım saat ortamda kalarak ortam şartlarına uyum sağlamanız, bu süre içerisinde de uygulanacak prosedürlerle ilgili bilgi almanız sağlanacaktır. Daha sonra sizden test giysilerinden birini giymeniz istenecektir. Bu durumda da testin yapılacağı ortamda 15 dakika dinlenme durumunda kalmanız ve sensörlerin giysilerin altına yerleştirilmesi sağlanacaktır. Denemeler sırasında fizyolojik ölçümler için 4'er adet ısı ve nem sensörleri su itici bir bant vasıtasıyla sabitlenecektir. Maksimum oksijen tüketiminizi ölçmek için yüzünüze bir maske takılacak, kardiyolojik solunum yolları test sistemi aparatları bağlanacaktır. Ayrıca hareketli halde nabız değerinizin ölçülebilmesi için polar saat kolunuza takılacak, nabız alıcı sensör ise göğsünüze bant şeklinde bağlanacaktır. Egzersiz öncesi, egzersiz sırası ve sonrasında subjektif konfor değerlendirmeleri yapılacaktır. Bu nedenle sıcaklık hissi için size tanımlanan 7 noktalı skala, ıslaklık ve genel nem konforu algısı 5 noktalı skala kullanılarak ölçülecektir.

Bu çalışma için günlük 50 TL ücret ile giyim denemesine katılacağınız gün sayısı çarpılarak ödeme yapılacaktır. Yaklaşık 6 ayı kapsayacak bu çalışma süresince size uygun olduğunu belirttiğiniz günlerde 4-7 gün ara ile yapılacaktır.

Terlemenin oluşması için yürüyüş bandında submaksimal 50 dakikalık bir egzersiz yaptırılacaktır. Bu egzersizler hem kontrol giysisi hem de diğer 5 farklı test giysisi ile gerçekleştirilecektir. Çalışmaya alınan her bir denek toplamda 6 kez bu egzersizi uygulayacaktır. Denemelere katılacağınız günden önceki gün alkol ve ilaç kullanmamanız gerekmektedir. Denemeye katılacağınız gün ve önceki gün beslenme programı tarafınıza verilecektir. Denemeden 2 saat öncesinde belirli bir miktarda suyu içmeniz gerekmektedir. Ayrıca deneme günü test sonuçlarını etkileyebileceğinden, herhangi bir kozmetik ürünü kullanmamanız gerekmektedir. Denemelerle ilgili herhangi bir sağlık riski bulunmamaktadır. Bu çalışmanın gönüllüye getirebileceği en büyük rahatsızlık, egzersiz sonrası yorgunluk olabilir. Bunun dışında bir zararı olmayacaktır. Bununla birlikte deneme programına başlamadan önce genel bir sağlık kontrolü yapılacaktır. Bu çalışma gönüllülük esasına dayandığından çalışmaya katılmama veya herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahiptir. Ayrıca sorumlu araştırmacı denemelerin yapılacağı ortama vaktinde gelmeme veya araştırma prosedürlerine uygun davranmama durumlarında sizi çalışma dışı bırakabilir.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler sadece bilimsel amaçlı kullanılacaktır.

EK -2

Gönüllü Bilgi Formu

Adı ve Soyadı :.....

Adres:.....
.....

Telefon:.....

Yaş :.....

Boy:.....

Kilo :.....

VO₂maks :

Giysi Bedeni :.....

Gönüllü Numarası :.....

Deneme için uygun olduğunuz gün :.....

Deneme için uygun olduğunuz saat:

EK -3

Subjektif Konfor Değerlendirme Skalası

Kumaş Tipi :	
Denek No:	

Deneyler Öncesi ve Sonrası Subjektif Konfor Algıları

❖ Deney öncesi giysilerin ilk giyildiği zamanda sıcaklık algısı						
<input type="checkbox"/> Soğuk	<input type="checkbox"/> Serin	<input type="checkbox"/> Nötr	<input type="checkbox"/> Ilık	<input type="checkbox"/> Sıcak	<input type="checkbox"/> Çok sıcak	<input type="checkbox"/> Aşırı sıcak
❖ Deney öncesi giysilerin ilk giyildiği zamanda ıslaklık algısı						
<input type="checkbox"/> Kuru	<input type="checkbox"/> Hafif ıslak	<input type="checkbox"/> Islak	<input type="checkbox"/> Çok Islak	<input type="checkbox"/> Aşırı derecede ıslak		
❖ Deney öncesi giysilerin ilk giyildiği zamanda genel konfor algısı						
<input type="checkbox"/> Konforlu	<input type="checkbox"/> Az konforlu	<input type="checkbox"/> Konforsuz	<input type="checkbox"/> Çok konforsuz	<input type="checkbox"/> Aşırı derecede konforsuz		
❖ Deney öncesi giysilerin ilk giyildiği zamanda dokunsal konfor algısı						
<input type="checkbox"/> Konforlu	<input type="checkbox"/> Az konforlu	<input type="checkbox"/> Konforsuz	<input type="checkbox"/> Çok konforsuz	<input type="checkbox"/> Aşırı derecede konforsuz		

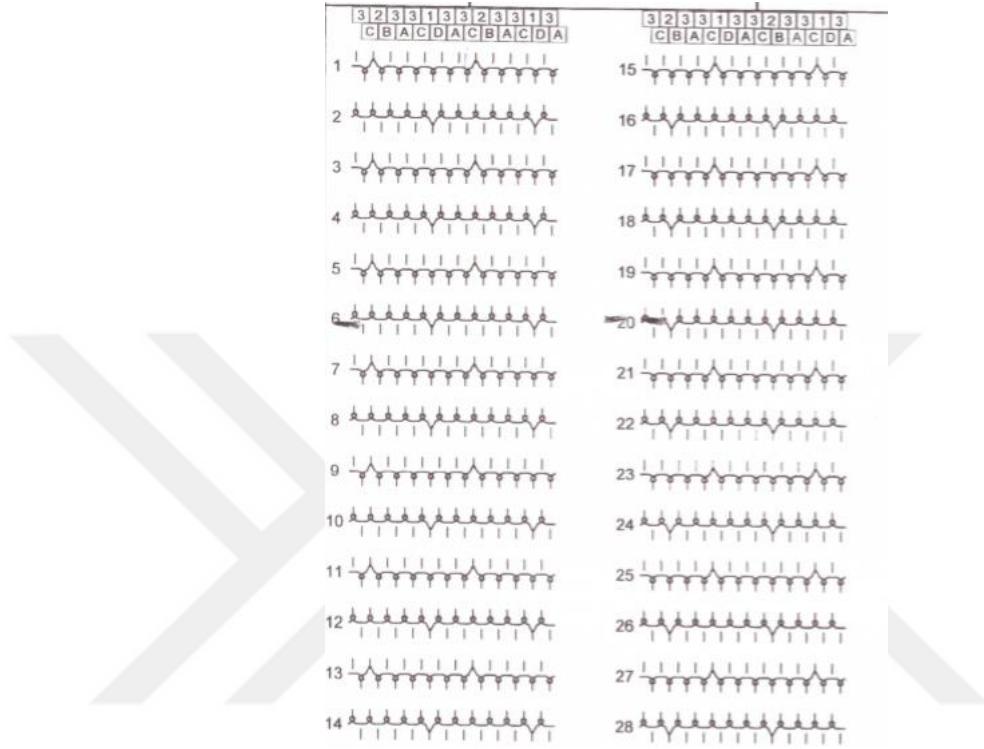
Deney Sırasındaki Subjektif Konfor Algıları

*1-10. dk arası *10-20. dk arası*20-30. dk arası *30-40. dk arası *40-50. dk arası						
❖ Sıcaklık algısı						
<input type="checkbox"/> Soğuk	<input type="checkbox"/> Serin	<input type="checkbox"/> Nötr	<input type="checkbox"/> Ilık	<input type="checkbox"/> Sıcak	<input type="checkbox"/> Çok sıcak	<input type="checkbox"/> Aşırı sıcak
❖ Islaklık algısı						
<input type="checkbox"/> Kuru	<input type="checkbox"/> Hafif ıslak	<input type="checkbox"/> Islak	<input type="checkbox"/> Çok Islak	<input type="checkbox"/> Aşırı derecede ıslak		
❖ Genel konfor algısı						
<input type="checkbox"/> Konforlu	<input type="checkbox"/> Az konforlu	<input type="checkbox"/> Konforsuz	<input type="checkbox"/> Çok konforsuz	<input type="checkbox"/> Aşırı derecede konforsuz		

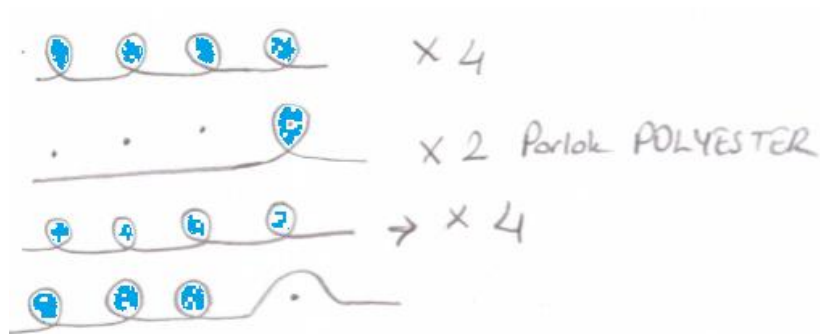
EK-4

Örgü Diagramları

❖ Yağmur desen örgü yapısı iğne diagramı



❖ Meş örgü yapısı



EK-5

Kardiyo Solunum Fonksiyonları Cihazı Sonuç Ekranı

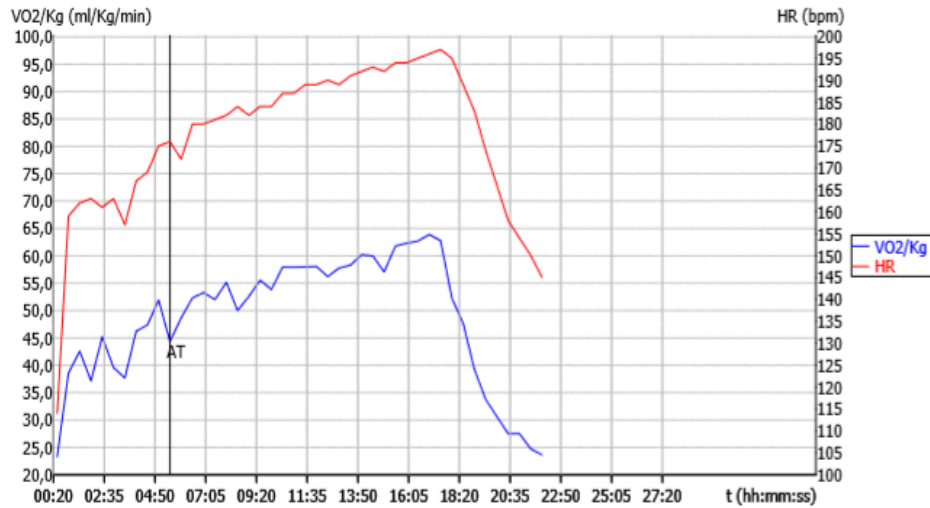
Last Name: M	Age: 20	Membership #: TEKSTIL
First Name: E	Height (cm): 170,00	Report Date: 13.03.2017
Gender: Male	Weight (Kg): 61,2	Test Conducted by:

Cardio-respiratory Fitness

Cardio-respiratory Fitness (ml/Kg/min)	63,9
Calculation method	Measured
Functional Capacity (METS)	18,3
Test type	Maximal
Ergometer type	Treadmill Not Interfaced
Exercise protocol	None

Cardio-respiratory Fitness (ml/Kg/min)

Rank: 100% Measured	
	63,9
Very Poor	Poor
< 37,1	37,1 - 41,0
Fair	Good
41,0 - 44,2	44,2 - 48,2
Excellent	Superior
48,2 - 54,0	> 54,0



Summary

t	VO2/Kg	VE	Rf	HR	VO2	EE	Speed	Grade
hh:mm:ss	ml/Kg/min	l/min	b/min	bpm	ml/min	Kcal/hour	kmh	%
Peak Values								
00:17:00	63,9	170,2	80	196	3911	1173	15,0	12,0
Anaerobic Threshold								
00:05:30	44,3	72,4	46	176	2712	814	13,5	3,0

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Esra Taştan Özkan
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya / 30. 10. 1981
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Malatya Atatürk Kız Lisesi
Lisans : Gaziantep Üniversitesi
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi
Doktora : Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/ Kurumlar ve Yıl :

2006-2007 Mert İplik ve Dokuma A.Ş.
2007-2009 Güntaş İplik ve Dokuma A.Ş.

İletişim (e-posta) : esratastan@uludag.edu.tr

Yayınları * :

Taştan Özkan, E. Meriç, B. 2015. Thermophysiological comfort properties of different knitted fabrics used in cycling clothes, *Textile Research Journal*, 85(1): 62-70.

Taştan Özkan, E. Meriç, B. 2015. Askeri giyimde kullanılan dokuma kumaşların nem iletimi özelliklerinin incelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 20(1): 51- 63.