

**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SPORTİF AMAÇLI GİYSİLERİN  
KONFOR ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SİNEM GÜNEŞOĞLU**

**DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA 2005**

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SPORTİF AMAÇLI GİYSİLERİN  
KONFOR ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

SİNEM GÜNEŞOĞLU

DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

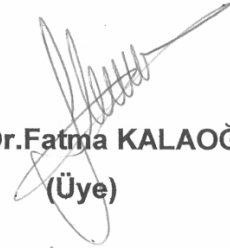
Bu tez 27/10/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç.Dr. Binnaz MERİÇ  
(Danışman)



Prof.Dr.H.Rifat ALPAY  
(Üye)



Prof.Dr.Fatma KALAOĞLU  
(Üye)



Prof.Dr.Recep EREN  
(Üye)



Prof.Dr.Muhsin KILIÇ  
(Üye)

## ÖZET

Bu çalışmada, spor amaçlı kullanılan örme kumaştan üretilen giysilerin konfor özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, giyim konforu araştırmalarında en büyük paya sahip olan, kumaşlardaki ısı ve kütle transferi incelenmiştir.

Birinci bölümde çalışmanın amacı, ikinci bölümde bu konuyla ilgili teorik ve deneysel çalışmalar anlatılmıştır. Üçüncü bölümde deneysel çalışmada kullanılan materyaller, yöntemler ve ölçme düzenekleri verilmiştir. Dördüncü bölümde yapılan deneysel çalışmanın ölçüm sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

Beşinci bölümde deneysel çalışmalar dört grupta incelenerek değerlendirilmiştir. Birinci grupta şu anda tekstil piyasasında çalışılan kumaş tiplerinden geniş bir ürün yelpazesi oluşturularak, konfor parametreleri arasındaki ilişkiler ve eğilimler araştırılmıştır. İkinci grupta kontrollü olarak pamuk ve polyester iplikten üretilen eşofmanlık olarak kullanılan 2-iplik astar örgülü kumaşların ölçümleri istatistiki analize dayandırılarak yorumlanmıştır. Üçüncü grupta lif ve kumaş özelliklerindeki farkın etkisini gözlemlemek amacıyla kontrollü üretilen kumaşların ölçüm sonuçları istatistiki analiz yapılarak incelenmiştir. Son grupta ise kumaşların ve liflerin kolaylıkla ölçülebilen parametrelerini girdi olarak kullanarak, kumaşların termal absorbtivite ve termal iletkenlik değerlerini veren bir program yapay sinir ağı yöntemi kullanarak oluşturulmuştur. Tüm bu yapılan çalışmalar değerlendirilerek sonuçlandırılmış ve öneriler sunulmuştur.

Çalışma sonuçları, termofizyolojik konfor algısını belirleyen ısı ve kütle transferi özellikleri üzerinde lif tipi ve kumaş yapısının ayırt edici etkide olduğunu; genel olarak RL örgülü doğal liflerden üretilen kumaşların daha yüksek ısı ve kütle transferi yeteneğine sahip olduğunu ve astar örgülü kumaşlarda ise şardonlama işleminin ısı transferi özelliğini belirleyen temel etken olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Giyim konforu, termofizyolojik konfor, psikolojik konfor, fiziksel konfor, ısı ve kütle transferi, kumaşlarda sıcak-soğuk hissi, su buharı geçirgenliği , hava geçirgenliği, kılcallık.

## ABSTRACT

In this study, comfort properties of knitted sportswear clothings have been investigated. For this purpose, heat and mass transfer properties of the fabrics have been examined, since it is the main part of clothing comfort researches.

In the first chapter, aim of the study; in the second chapter, theoretical and empirical researches have been explained. In the third chapter, materials, methods and measuring devices that were used at the study have been submitted. In the fourth chapter, measurement results of the experimental study have been presented.

Experimental studies have been evaluated within four groups in the fifth chapter. In the first group, a wide product range from the fabric types, which are used in textile industry at present, have been composed; relations and tendencies between their comfort parameters have been investigated. In the second group, measurement results of 2- yarn fleece knitted sportswear fabrics, which were manufactured by cotton and polyester yarns in controlled conditions, have been evaluated according to statistical analysis. In the third group, statistical analysis of measurements results of fabrics, which were manufactured in controlled conditions to observe the extent effect of change at fibre and fabric properties, have been investigated. In the last group, a program to predict thermal absorbtivity and thermal conductivity, from easily measured parameters of fabrics and yarns by using artificial neural network has been composed. All the results have been evaluated and some advice has been propounded.

The results showed that fibre type and fabric construction have significant effect on heat and mass transfer properties, in general RL fabrics from natural fibres have higher heat and mass transfer ability and raising is the primer factor on heat transfer property of fleece fabrics.

**Key Words:** Clothing comfort, thermophysiological comfort, psychological comfort, physical comfort, heat and mass transfer, warm-cool feeling, water vapour permeability, air permeability, wicking

## İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖZET  | 3               |
| ABSTRACT  | 4               |
| İÇİNDEKİLER   | 5               |
| SİMGELER DİZİNİ   | 8               |
| ŞEKİLLER DİZİNİ   | 10              |
| ÇİZELGELER DİZİNİ                                       | 13              |
| <br>  |                 |
| <b>1.GİRİŞ</b>  | <b>19</b>       |
| <br>  |                 |
| <b>2.KAYNAK ARAŞTIRMASI</b>                             | <b>22</b>       |
| 2.1.Konfor Kavramı                                      | 22              |
| 2.2.Konfor ve Giysi                                     | 24              |
| 2.3.Konforun Sınıflandırılması                          | 26              |
| 2.3.1.Psikolojik Konfor                                 | 26              |
| 2.3.2.Fiziksel Konfor                                   | 30              |
| 2.3.3.Fizyolojik / Termofizyolojik / Termal Konfor      | 34              |
| 2.4.Termal Konforla İlgili Giysi ve Kumaş Özellikleri   | 40              |
| 2.4.1.Giysi ve Kumaşlardaki Isı Transferi Mekanizmaları | 40              |
| 2.4.1.1.İletimle Isı Transferi                          | 42              |
| 2.4.1.2.Taşınım ile Isı Transferi                       | 46              |
| 2.4.1.3.Işınım ile Isı Transferi                        | 48              |
| 2.4.2.Giysi ve Kumaşlardaki Termal Direnç               | 52              |
| 2.4.3.Giysi ve Kumaşlarda Termal Temas Hissi            | 58              |
| 2.4.4.Giysi ve Kumaşlarda Hava Geçirgenliği             | 63              |
| 2.4.5.Giysi ve Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği        | 66              |
| 2.4.6.Giysi ve Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)   | 54              |
| <br>  |                 |
| <b>3.MATERYAL VE YÖNTEM</b>                             | <b>85</b>       |
| 3.1.Materyal  | 85              |
| 3.1.1.Test Edilen Örme Kumaşlar ve Özellikleri          | 85              |

|   |            |
|---|------------|
| 3.1.1.1.Birinci Grup Kumaş Numuneleri   | 85         |
| 3.1.1.2.İkinci Grup Kumaş Numuneleri  | 86         |
| 3.1.2.Deneysel Çalışmada Kullanılan Test Cihazları ve Düzenekleri               | 88         |
| 3.1.2.1.ALAMBETA (İnsan derisini simule eden termal karakteristik ölçüm cihazı) | 88         |
| 3.1.2.2.PERMETEST Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Cihazı                           | 88         |
| 3.1.2.3.WIRA Hava Geçirgenlik Ölçüm Cihazı                                      | 90         |
| 3.1.2.4.Kılcallık Ölçüm Düzeneği  | 90         |
| 3.2.Yöntem  | 91         |
| 3.2.1.Alambeta Cihazı ile Yapılan Ölçümler                                      | 91         |
| 3.2.1.1.Kuru ölçüm  | 93         |
| 3.2.1.2.Yaş ölçüm   | 93         |
| 3.2.2.Permetest Cihazı ile Yapılan Ölçümler                                     | 93         |
| 3.2.3.Hava Geçirgenliği Ölçümü  | 94         |
| 3.2.4.Kılcallık Ölçümü  | 94         |
| 3.2.5.Kumaş Kalınlığının Ölçümü   | 95         |
| 3.2.6.Kumaş Gramajının Ölçümü   | 95         |
| 3.2.7.Yapay Sinir Ağı Yöntemi (Artificial Neural Networks)                      | 95         |
| 3.2.7.1.Sinirsel Ağların Eğitilmesi   | 97         |
| 3.2.7.2.Yapay Sinir Ağının Kurulması  | 98         |
| 3.2.7.3.Yapay Sinir Ağı Yönteminin Deneysel Çalışmaya Uygulanması               | 98         |
| 3.2.8.Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi                        | 99         |
| <b>4.BULGULAR</b>   | <b>101</b> |
| 4.1.Birinci Grup Kumaş Numunelerinin Deney Sonuçları                            | 101        |
| 4.2.İkinci Grup Kumaş Numunelerinin Deney Sonuçları                             | 111        |
| 4.3.Yapay Sinir Ağı Yönteminin Uygulama Sonuçları                               | 114        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>5.SONUÇ VE TARTIŞMA</b>  | <b>115</b> |
| 5.1.Birinci Grup Kumaşların Değerlendirilmesi                               | 115        |
| 5.1.1.Termal İletkenlik ve Termal Direnç                                    | 115        |
| 5.1.2.Termal Absorbtivite   | 120        |
| 5.1.3.Termal Difüzyon   | 127        |
| 5.1.4.Nem Absorbtivitesi  | 131        |
| 5.1.5.Su Buharı Geçirgenliği ve Hava Geçirgenliği                           | 137        |
| 5.1.6.Yatay ve Dikey Kılcallık  | 140        |
| 5.1.1. 2 İplik Astar Örgülü Kumaşların Değerlendirilmesi                    | 145        |
| 5.1.1.1.Termal İletkenlik ve Termal Direnç                                  | 145        |
| 5.1.1.2.Termal Absorbtivite   | 148        |
| 5.1.1.3.Termal Difüzyon   | 149        |
| 5.1.1.4.Nem Absorbtivitesi  | 151        |
| 5.1.1.5.Su Buharı Geçirgenliği ve Hava Geçirgenliği                         | 152        |
| 5.1.1.6. Yatay ve Dikey Kılcallık   | 155        |
| 5.2. II.Grup Kumaşların Değerlendirilmesi                                   | 157        |
| 5.2.1.Termal İletkenlik ve Termal Direnç                                    | 157        |
| 5.2.2.Termal Absorbtivite   | 160        |
| 5.2.3.Termal Difüzyon   | 162        |
| 5.2.4.Nem Absorbtivitesi  | 163        |
| 5.2.5.Su Buharı Geçirgenliği ve Hava Geçirgenliği                           | 165        |
| 5.2.6.Yatay ve Dikey Kılcallık  | 167        |
| 5.3.Yapay Sinir Ağı Yöntemi ile Kumaş Termal<br>Özelliklerinin Tahminlemesi | 170        |
| 5.4.Sonuç   | 175        |
| <b>KAYNAKLAR</b>  | <b>188</b> |
| <b>EKLER</b>  | <b>195</b> |
| <b>TEŞEKKÜR</b>   |            |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>   |            |

## SİMGELER DİZİNİ

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| $\lambda$                | Termal (ısı) iletkenlik                                      | (W/mK)   |
| $r$                      | Termal (ısı) direnç  | (m <sup>2</sup> K/W)                                     |
| $h$                      | Kumaş kalınlığı  | (mm)   |
| $w$                      | Kumaş gramajı  | (g/m <sup>2</sup> )                                      |
| $b$                      | Termal absorbtivite (ısı soğurganlık)                        | (Ws <sup>1/2</sup> / m <sup>2</sup> K)                   |
| $q_{max}$                | Maksimum ısı akış yoğunluğu (ısı akısı)                      | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $a$                      | Termal difüzyon (ısı yayılım)                                | (m <sup>2</sup> /s)                                      |
| $b_{nem}$                | Nem absorbtivitesi   | (Ws <sup>1/2</sup> / m <sup>2</sup> K)                   |
| $\rho$                   | Yoğunluk   | (kg/m <sup>3</sup> )                                     |
| $T$                      | Sıcaklık   | (K=°C+273)   |
| $D$                      | Difüzyon katsayısı   | (m <sup>2</sup> /s)                                      |
| $\tau$                   | Temas süresi   | (s)  |
| $Q$                      | Birim zamanda ısı transferi miktarı                          | (W veya kcal/h)  |
| $A$                      | Kesit alan   | (m <sup>2</sup> )  |
| $c$                      | Özgül ısı kapasitesi   | (J/kgK)  |
| $\sigma$                 | Stefan-Boltzman sabiti                                       | (5,67x10 <sup>-8</sup> W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) |
| $I_m$                    | Nem geçirgenlik indeksi                                      | (boyutsuz)   |
| $L$                      | Termal yük   | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $H$                      | Metabolik ısı  | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $E_d$                    | Deri yüzeyinden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı kaybı | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $E_{sw}$                 | Terleme ile meydana gelen ısı kaybı                          | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $E_{re}$                 | Solunum esnasında meydana gelen ısı kaybı                    | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $R+C$                    | Deri yüzeyinde kaybedilen hissedilir ısı kaybı               | (W/m <sup>2</sup> )                                      |
| $\theta$                 | Denge halindeki temas açısı                                  | (°)  |
| $\gamma_{KB}$            | Katı-Buhar ara yüzey gerilimi                                | (dyn/cm)   |
| $\gamma_{KS}$            | Katı-Sıvı ara yüzey gerilimi                                 | (dyn/cm)   |
| $\gamma_{SB}$            | Sıvı-Buhar ara yüzey gerilimi                                | (dyn/cm)   |
| $\gamma_{SB} \cos\theta$ | Islanabilirlik indeksi                                       |  |
| $\mu, \eta$              | sıvı viskozitesi   | (g/cm s)   |



|                |                    |                            |
|----------------|--------------------|----------------------------|
| V              | sıvı akış hızı     | (cm/s)                     |
| P              | Kapilar basınç     | (g/cm s <sup>2</sup> )     |
| r <sub>c</sub> | Kapilar çapı       | (cm)                       |
| g              | Yerçekimi ivmesi   | (980,7 cm/s <sup>2</sup> ) |
| F <sub>w</sub> | Islanma kuvveti    | (N)                        |
| F <sub>g</sub> | Yer çekimi kuvveti | (N)                        |

### KISALTMALAR

|            |                                    |                          |
|------------|------------------------------------|--------------------------|
| Imd        | $\lambda$ (Termal iletkenlik)      | (W/mK)                   |
| sbg        | Su buharı geçirgenliği             | (%)                      |
| hg         | Hava geçirgenliği                  | (litre/m <sup>2</sup> s) |
| RL         | Süprem örgülü kumaş                |                          |
| RR         | Ribana örgülü kumaş                |                          |
| AS (Astar) | 2-iplik astar örgülü kumaş         |                          |
| Ş          | Şardonlama                         |                          |
| MRT        | Ortalama ışınım (radyan) sıcaklığı |                          |
| PMV        | Tahminlenen ortalama his           |                          |
| MET        | Metabolik aktivite oranı           |                          |

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

|  | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|--|------------------------|
| <b>Şekil 2.1.</b> Konfor değerlendirme şeması  | 23                     |
| <b>Şekil 2.2.</b> Giysi ve deri arasındaki mikroklimayı etkileyen faktörler  | 25                     |
| <b>Şekil 2.3.</b> a)Konfor b)Termal his c)Nem hissi için hazırlanan<br>sübjektif değerlendirme skalaları                                     | 30                     |
| <b>Şekil 2.4.</b> Fiziksel olarak konforlu olmama  | 31                     |
| <b>Şekil 2.5.</b> Fizyolojik konfor diyagramı  | 36                     |
| <b>Şekil 2.6.</b> Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı   | 41                     |
| <b>Şekil 2.7.</b> Kumaş / insan vücudu arasındaki ısı akış eğrisi  | 46                     |
| <b>Şekil 2.8.</b> Giysi sisteminde radyasyon enerjisinin dağılımı  | 52                     |
| <b>Şekil 2.9.</b> Klasik giysi tiplerinin termal direnç değerleri  | 55                     |
| <b>Şekil 2.10.</b> Ara yüzey gerilimleri ve temas açısı  | 73                     |
| <b>Şekil 2.11.</b> Temas açıları   | 74                     |
| <b>Şekil 2.12.</b> Wilhelmy tekniği ve ıslanma kuvveti   | 76                     |
| <b>Şekil 2.13.</b> Farklı kapilar genişliklerde sıvı ilerleyişi ve tutulan<br>sıvı miktarı   | 78                     |
| <b>Şekil 2.14.</b> Sıvı su transfer modelleri  | 81                     |
| <b>Şekil 2.15.</b> Kılcallık modelleri   | 82                     |
| <b>Şekil 3.1.</b> C3, CP3, P3, PP3 kodlu kumaş numunelerinin iğne<br>diyagramı   | 87                     |
| <b>Şekil 3.2.</b> ALAMBETA cihazı  | 88                     |
| <b>Şekil 3.3.</b> PERMETEST su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı  | 89                     |
| <b>Şekil 3.4.</b> WIRA Hava Geçirgenlik Ölçüm Cihazı   | 90                     |
| <b>Şekil 3.5.a.</b> Kılcallık ölçüm düzeneği –yatay yönde  | 91                     |
| <b>Şekil 3.5.b.</b> Kılcallık ölçüm düzeneği –dikey yönde  | 91                     |
| <b>Şekil 3.6.</b> ALAMBETA cihazının basitleştirilmiş şeması   | 92                     |
| <b>Şekil 3.7.</b> <b>A:</b> Kumaş plaka üzerinde olmadığı durumda<br><b>B:</b> Kumaş plaka üzerindeyken PERMETEST cihazından alınan<br>ölçüm | 94                     |
| <b>Şekil 3.8.</b> Biyolojik Nöron Yapısı   | 95                     |
| <b>Şekil 3.9.</b> Temel Yapay Sinir  | 96                     |

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| <b>Şekil 3.10.</b> | Transfer Fonksiyonları  | 97  |
| <b>Şekil 3.11.</b> | Yapay Sinir ağı   | 97  |
| <b>Şekil 5.1.</b>  | I.grup kumaşların r ve h ilişkisi                             | 115 |
| <b>Şekil 5.2.</b>  | I.grup kumaşların r ve $\lambda$ ilişkisi                     | 117 |
| <b>Şekil 5.3.</b>  | I.grup kumaşların r ve kumaş gramajı ilişkisi                 | 118 |
| <b>Şekil 5.4.</b>  | I.grup kumaşların r ve kumaş yoğunluğu ilişkisi               | 118 |
| <b>Şekil 5.5.</b>  | I.grup kumaşların $\lambda$ ve kumaş yoğunluğu ilişkisi       | 119 |
| <b>Şekil 5.6.</b>  | I.grup kumaşların $\lambda$ ve kumaş gramajı ilişkisi         | 120 |
| <b>Şekil 5.7.</b>  | I.grup kumaşların b ve r ilişkisi                             | 121 |
| <b>Şekil 5.8.</b>  | I.grup kumaşların b ve (r/h) ilişkisi                         | 122 |
| <b>Şekil 5.9.</b>  | I.grup kumaşların b ve h ilişkisi                             | 123 |
| <b>Şekil 5.10.</b> | I.grup kumaşların b ve kumaş yoğunluğu ilişkisi               | 124 |
| <b>Şekil 5.11.</b> | I.grup kumaşların b ve W ilişkisi                             | 125 |
| <b>Şekil 5.12.</b> | I.grup kumaşların b ve $\lambda$ ilişkisi                     | 126 |
| <b>Şekil 5.13.</b> | I.grup kumaşların b ve $q_{maks}$ ilişkisi                    | 127 |
| <b>Şekil 5.14.</b> | I.grup kumaşların a ve kumaş yoğunluğu ilişkisi               | 128 |
| <b>Şekil 5.15.</b> | I.grup kumaşların a ve b ilişkisi                             | 129 |
| <b>Şekil 5.16.</b> | I.grup kumaşların a ve $\lambda$ ilişkisi.                    | 130 |
| <b>Şekil 5.17.</b> | I.grup kumaşların a ve h ilişkisi                             | 130 |
| <b>Şekil 5.18.</b> | I.grup kumaşların a ve r ilişkisi                             | 130 |
| <b>Şekil 5.19.</b> | I.grup kumaşların b ve $b_{nem}$ ilişkisi                     | 132 |
| <b>Şekil 5.20.</b> | I.grup kumaşların h ve $b_{nem}$ ilişkisi                     | 133 |
| <b>Şekil 5.21.</b> | I.grup kumaşların $b_{nem}$ ve kumaş yoğunluğu ilişkisi       | 134 |
| <b>Şekil 5.22.</b> | I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) ve kumaş yoğunluğu ilişkisi | 135 |
| <b>Şekil 5.23.</b> | I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) ve kumaş gramajı ilişkisi   | 136 |
| <b>Şekil 5.24.</b> | I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) ve (r/h) ilişkisi           | 136 |
| <b>Şekil 5.25.</b> | I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) ve $\lambda$                | 137 |
| <b>Şekil 5.26.</b> | I.grup kumaşların sbg ve W ilişkisi                           | 138 |
| <b>Şekil 5.27.</b> | I.grup kumaşların sbg ve $b_{nem}$ ilişkisi                   | 138 |
| <b>Şekil 5.28.</b> | I.grup kumaşların sbg ve hg ilişkisi                          | 139 |
| <b>Şekil 5.29.</b> | I.grup kumaşların hg ve h ilişkisi                            | 139 |
| <b>Şekil 5.30.</b> | I.grup kumaşların sbg ve h ilişkisi.                          | 140 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Şekil 5.31.</b> | I.grup kumaşların yatay kılcallık ve dikey kılcallık ilişkisi                | 141 |
| <b>Şekil 5.32.</b> | I grup kumaşların 10 dakika sonunda kılcallık değerleri                      | 142 |
| <b>Şekil 5.33.</b> | I grup kumaşların 20 dakika sonunda kılcallık değerleri                      | 143 |
| <b>Şekil 5.34.</b> | I grup kumaşların 30 dakika sonunda kılcallık değerleri                      | 144 |
| <b>Şekil 5.35.</b> | Astar örgülü kumaşların termal iletkenlikleri                                | 145 |
| <b>Şekil 5.36.</b> | Astar örgülü kumaşların termal dirençleri                                    | 147 |
| <b>Şekil 5.37.</b> | Astar örgülü kumaşların termal absorbtiviteyi                                | 148 |
| <b>Şekil 5.38.</b> | Astar örgülü kumaşların termal difüzyonları                                  | 150 |
| <b>Şekil 5.39.</b> | Astar örgülü kumaşların nem absorbtiviteyi                                   | 151 |
| <b>Şekil 5.40.</b> | Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenlikleri                            | 152 |
| <b>Şekil 5.41.</b> | Astar örgülü kumaşların hava geçirgenlikleri                                 | 153 |
| <b>Şekil 5.42.</b> | Astar örgülü kumaşların a) Yatay kılcallık<br>b) Dikey kılcallık değerleri   | 155 |
| <b>Şekil 5.43.</b> | Cortex programının termal iletkenlik tahminlemesine<br>Ait ekran görüntüsü   | 171 |
| <b>Şekil 5.44.</b> | Cortex programının termal absorbtivite tahminlemesine<br>Ait ekran görüntüsü | 172 |
| <b>Şekil 5.45.</b> | Ölçülen ve tahminlenen termal iletkenlik değerleri<br>arasındaki ilişki      | 173 |
| <b>Şekil 5.46.</b> | Ölçülen ve tahminlenen termal absorbtivite değerleri<br>arasındaki ilişki    | 174 |

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

|                       |   | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|-----------------------|---|------------------------|
| <b>Çizelge 1.1.</b>   | Spor giysilerde aranan fonksiyonlar   | 20                     |
| <b>Çizelge 2.1.</b>   | Fritz'in yedi dereceli skalası  | 28                     |
| <b>Çizelge 2.2.</b>   | Metabolik aktivite oranları   | 39                     |
| <b>Çizelge 2.3.</b>   | Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri  | 44                     |
| <b>Çizelge 2.4.</b>   | Hava tabakasının termal direnç değerleri  | 56                     |
| <b>Çizelge 2.5.</b>   | Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termalabsorbtiviteye etkisi  | 63                     |
| <b>Çizelge 2.6.</b>   | Çeşitli liflerin temas açıları  | 75                     |
| <b>Çizelge 2.7.</b>   | Çeşitli liflerin su ile temasında ölçülen adhezyon işi değerleri  | 75                     |
| <b>Çizelge 2.8.</b>   | Gözenekli yapıların gözenek boyutu dağılımının belirlenmesi   | 78                     |
| <b>Çizelge 3.1.</b>   | Çalışmada kullanılan I.grup örme kumaşlar ve özellikleri  | 85                     |
| <b>Çizelge 3.2.</b>   | Çalışmada kullanılan II.grup örme kumaşlar ve özellikleri   | 87                     |
| <b>Çizelge 4.1.</b>   | Kuru halde 200 Pa ,24 °C, %56 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları  | 101                    |
| <b>Çizelge 4.2.</b>   | Kuru halde 400 Pa ,24 °C, %58 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları  | 103                    |
| <b>Çizelge 4.3.</b>   | % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbanslık (Alambeta), Hava Geçirgenliği(Wira) Ölçüm Sonuçları                | 105                    |
| <b>Çizelge 4.4.a)</b> | 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 2, 5, 10, 15 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm su sütunu) | 107                    |
| <b>Çizelge 4.4.b)</b> | 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 20, 25, 30 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm su sütunu)   | 109                    |

|                       |   |     |
|-----------------------|---|-----|
| <b>Çizelge 4.5.</b>   | Kuru halde 200 Pa ,24 °C, %50 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları  | 111 |
| <b>Çizelge 4.6.</b>   | % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbanslık (Alambeta), Hava Geçirgenliği (Wira) Ölçüm Sonuçları                                       | 111 |
| <b>Çizelge 4.7.a)</b> | 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 2, 5, 10, 15 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları  | 112 |
| <b>Çizelge 4.7.b)</b> | 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 20, 25, 30 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları  | 113 |
| <b>Çizelge 4.8.</b>   | Alambeta Cihazından alınan termal iletkenlik ( $\lambda$ ) ve termal absorbanslık (b) sonuçları ile yapay sinir ağı kullanılarak bulunan sonuçlar | 114 |
| <b>Çizelge 5.1.</b>   | Örgü tiplerine göre r ve h arasındaki sayısal veriler   | 116 |
| <b>Çizelge 5.2.</b>   | Örgü tiplerine göre r ve $\lambda$ arasındaki sayısal veriler   | 117 |
| <b>Çizelge 5.3.</b>   | Örgü tiplerine göre r ve yoğunluk arasındaki sayısal veriler  | 119 |
| <b>Çizelge 5.4.</b>   | Örgü tiplerine göre $\lambda$ ve yoğunluk arasındaki sayısal veriler  | 119 |
| <b>Çizelge 5.5.</b>   | Örgü tiplerine göre $\lambda$ ve W arasındaki sayısal veriler   | 120 |
| <b>Çizelge 5.6.</b>   | Örgü tiplerine göre b ve r arasındaki sayısal veriler   | 121 |
| <b>Çizelge 5.7.</b>   | Örgü tiplerine göre b ve (r/h) arasındaki sayısal veriler   | 122 |
| <b>Çizelge 5.8.</b>   | Örgü tiplerine göre b ve h arasındaki sayısal veriler   | 123 |
| <b>Çizelge 5.9.</b>   | Örgü tiplerine göre b ve kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler   | 124 |
| <b>Çizelge 5.10.</b>  | Örgü tiplerine göre b ve W arasındaki sayısal veriler   | 125 |
| <b>Çizelge 5.11.</b>  | Örgü tiplerine göre b ve $\lambda$ arasındaki sayısal veriler   | 126 |
| <b>Çizelge 5.12.</b>  | Örgü tiplerine göre a ve kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler   | 128 |
| <b>Çizelge 5.13.</b>  | Örgü tiplerine göre b ve $b_{nem}$ arasındaki sayısal veriler   | 132 |
| <b>Çizelge 5.14.</b>  | Örgü tiplerine göre h ve $b_{nem}$ arasındaki sayısal veriler   | 133 |

|                      |   |     |
|----------------------|---|-----|
| <b>Çizelge 5.15.</b> | Örgü tiplerine göre $b_{nem}$ ve kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler         | 134 |
| <b>Çizelge 5.16.</b> | Örgü tiplerine göre ( $b_{nem} / b$ ) ve kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler | 135 |
| <b>Çizelge 5.17.</b> | Astar örgülü kumaşların termal iletkenliğine ait varyans analizi                    | 145 |
| <b>Çizelge 5.18.</b> | Astar örgülü kumaşların termal iletkenliğine ait SNK analizi                        | 145 |
| <b>Çizelge 5.19.</b> | Astar örgülü kumaşların termal direncine ait varyans analizi                        | 147 |
| <b>Çizelge 5.20.</b> | Astar örgülü kumaşların termal direncine ait SNK analizi                            | 148 |
| <b>Çizelge 5.21.</b> | Astar örgülü kumaşların termal absorbtivitesine ait varyans analizi                 | 149 |
| <b>Çizelge 5.22.</b> | Astar örgülü kumaşların termal absorbtivitesine ait SNK analizi                     | 149 |
| <b>Çizelge 5.23.</b> | Astar örgülü kumaşların termal difüzyonlarına ait varyans analizi t                 | 150 |
| <b>Çizelge 5.24.</b> | Astar örgülü kumaşların termal difüzyonlarına ait SNK analizi                       | 150 |
| <b>Çizelge 5.25.</b> | Astar örgülü kumaşların nem absorbtivitelerine ait varyans analizi                  | 151 |
| <b>Çizelge 5.26.</b> | Astar örgülü kumaşların nem absorbtivitelerine ait SNK analizi                      | 152 |
| <b>Çizelge 5.27.</b> | Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliklerine ait varyans analizi             | 153 |
| <b>Çizelge 5.28.</b> | Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliklerine ait SNK analizi                 | 153 |
| <b>Çizelge 5.29.</b> | Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi                  | 154 |
| <b>Çizelge 5.30.</b> | Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliklerine ait SNK analizi                      | 154 |

|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
| <b>Çizelge 5.31.</b> | Astar örgülü kumaşların yatay kılcallık özelliğine ait varyans analizi   | 156 |
| <b>Çizelge 5.32.</b> | Astar örgülü kumaşların yatay kılcallık özelliğine ait SNK analizi   | 156 |
| <b>Çizelge 5.33.</b> | Astar örgülü kumaşların dikey kılcallık özelliğine ait varyans analizi   | 157 |
| <b>Çizelge 5.34.</b> | Astar örgülü kumaşların dikey kılcallık özelliğine ait SNK analizi   | 157 |
| <b>Çizelge 5.35.</b> | Termal iletkenliğe ait varyans analizi   | 157 |
| <b>Çizelge 5.36.</b> | Lif tipinin termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi  | 158 |
| <b>Çizelge 5.37.</b> | a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi<br>b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi       | 158 |
| <b>Çizelge 5.38.</b> | Termal dirence ait varyans analizi   | 159 |
| <b>Çizelge 5.39.</b> | Lif tipinin termal dirence etkisine ait SNK analizi  | 159 |
| <b>Çizelge 5.40.</b> | a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal dirence etkisine ait SNK analizi<br>b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal dirence etkisine ait SNK analizi               | 159 |
| <b>Çizelge 5.41.</b> | Termal absorbtiviteye ait varyans analizi  | 160 |
| <b>Çizelge 5.42.</b> | Lif tipinin termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi   | 160 |
| <b>Çizelge 5.43.</b> | a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi<br>b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi | 161 |
| <b>Çizelge 5.44.</b> | Termal difüzyona ait varyans analizi   | 162 |
| <b>Çizelge 5.45.</b> | Lif tipinin termal difüzyona etkisine ait SNK analizi  | 163 |
| <b>Çizelge 5.46.</b> | a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş  | 163 |



|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
|                      | yapısının termal difüzyona etkisine ait SNK analizi  |     |
|                      | b)Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal difüzyona etkisine ait SNK analizi   |     |
| <b>Çizelge 5.47.</b> | Nem absorbtivitesine ait varyans analizi   | 164 |
| <b>Çizelge 5.48.</b> | Lif tipinin nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi  | 164 |
| <b>Çizelge 5.49.</b> | a)Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi<br>b)Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi | 164 |
| <b>Çizelge 5.50.</b> | Su buharı geçirgenliğine ait varyans analizi   | 165 |
| <b>Çizelge 5.51.</b> | Lif tipinin su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi  | 165 |
| <b>Çizelge 5.52.</b> | a)Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi<br>b)Polyester ve Coolplus kumaşları için su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi         | 166 |
| <b>Çizelge 5.53.</b> | Hava geçirgenliğine ait varyans analizi  | 166 |
| <b>Çizelge 5.54.</b> | Lif tipinin hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi   | 167 |
| <b>Çizelge 5.55.</b> | a)Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi<br>b)Polyester ve Coolplus kumaşları için hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi                   | 167 |
| <b>Çizelge 5.56.</b> | Yatay kılcallığa ait varyans analizi   | 168 |
| <b>Çizelge 5.57.</b> | Lif tipinin yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi  | 168 |
| <b>Çizelge 5.58.</b> | a)Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi<br>b)Polyester ve Coolplus kumaşları için yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi                         | 168 |
| <b>Çizelge 5.59.</b> | Dikey kılcallığa ait varyans analizi   | 169 |
| <b>Çizelge 5.60.</b> | Lif tipinin dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi  | 169 |

|                      |   |     |
|----------------------|---|-----|
| <b>Çizelge 5.61.</b> | a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi | 169 |
|                      | b) Polyester ve Coolplus kumaşları için dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi                 |     |

## 1. GİRİŞ

Günümüzde spor ve rahat giyime olan eğilim artmaktadır. Kullanıcılar, kendilerini rahat hissettikleri, kullanım ve bakımı kolay olan giysileri tercih etmek istemektedir. Bununla birlikte modanın büyük etkisi göz ardı edilemez; çünkü bazen rahat hissedilmeyen giysiler de moda olduğu için tercih edilmektedir. Değişen beklenti profili, tekstil ve lif piyasasında büyük rekabetle beraber yeni, cazip, beklentileri karşılayacak ürünlere yönelik araştırmaları hızlandırmıştır. Konfor, bu araştırma alanlarından birisidir.

Bir kumaşın, giysi olabilmesi için giysi fonksiyonları ve insan duyuları açısından gerekli konfora sahip olması gerekir. Giysi açısından konfor, giydiğimiz giysiden psikolojik ve fizyolojik olarak etkilenmemek, içinde kendimizi rahat hissetmektir. Psikolojik olarak insan, deri sıcaklığı 33°C ile 35°C arasında olduğu, deri üzerinde terin birikmediği, vücutlarına fazla yük binmediği durumda kendisini konforlu ve rahat hisseder; giysilerin de bu şartları sağlaması beklenir. Vücut (deri) üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buharlaşma ısı kaybı ise konforsuzluk hissi verir.

Kullanıcıların konfor algısında göz önüne alınan önemli bir husus, vücut hareketi ile birlikte giysilerle sürekli dinamik etkileşim içinde olduğudur. Bununla beraber deri sıcaklığı, terleme oranı ve deri yüzeyindeki nem değeri gibi fizyolojik parametreler de giyim esnasında değişmekte; bu etkiler, mekanik ve termal uyarılara yol açmaktadır. Bu uyarılar, kullanıcının konfor algısını belirlemektedir. Dolayısıyla konfor, insan ve çevre arasında fiziksel, psikolojik ve fizyolojik birçok faktörün etkili olduğu karmaşık bir yapı haline gelmektedir.

Son yıllarda dünyada en iyi satış potansiyelini günlük ve spor giyimin oluşturması, üreticiler ve araştırmacılar için bu alanın önemini artırmıştır. Spor giysiler; günlük giyim, profesyonel sporcu giysileri, hobi ve sağlık amaçlı yapılan spor giysiler olarak üç gruba ayrılabilir. Her grubun giysilerden beklentileri farklı olacaktır. Ancak hepsi için önemli olan giysi parametreleri mevcuttur:

1. Rüzgar, su ve hava şartlarına karşı koruma
2. Soğuktan korunma (yalıtım)

3. Giysi sisteminin tüm katlarından vücut buharının geçmesi (buhar geçirgenliği)
4. Giysinin spor için gerekli hareket serbestliğini sağlaması (esneklik) (Rupp 1998).

Çizelge 1.1'de spor giysilerde aranan fonksiyonlar ayrıntılı olarak verilmektedir. Burada belirtilen fonksiyonlar, günlük ve spor giyim fizyolojisi ve etkileşim mekanizması (insan vücudu-giysi-çevre) alakalı olup, tümü giyim konforunun araştırma konusudur.

**Çizelge 1.1.** Spor giysilerde aranan fonksiyonlar

| Spor Giysi Türü   | Aranan Fonksiyonlar   |
|---|---|
| Tenis, voleybol, golf, futbol, atletizm şort ve eşofmanları, koşu giysisi               | Ter emme, çabuk kuruma, serin tutma, güneş ışığını yansıtma               |
| Kayak giysileri, rüzgarlıklar, yağmurluklar   | Buhar geçirgenliği, su iticilik   |
| Kayak giysileri, rüzgarlıklar, koşu giysisi   | Güneş ışığını emme, ısı tutma   |
| Yüzme ve paten giysisi, kayakla atlama,yamaç kayağı giysileri, bisiklet sporu giysileri | Hava ve su için düşük akışkan direnci                                     |
| Yüzücü mayoları, paten giysisi  | Esneyebilme, donukluk, şeffaf olmayan materyaller                         |
| Kayak giysileri, futbol formaları   | Yüksek mukavemet, sürtünme direnci, sürtünme ısısının eritmesine dirençli |

KAYNAK: Engineering Textiles Part 3, 1997.The Journal of The Textile Institute, (88):16, Yonenaga 2001.

Tekstil endüstrisinde aktif spor giyim sektörü global ölçekte büyümüştür. Bu sektördeki rekabetçi pazar üreticilerin, tüketicilerin estetik talepleri yanında konfor taleplerini de karşılama zorunluluğunu getirmektedir. Bu nedenle spor aktivitelerinde kullanılacak giysilerde konfor özelliklerinin araştırılması günümüzde büyük önem kazanmıştır. Bu araştırmalarda, kullanım esnasında çeşitli duyuların oluşturduğu hislerle ilgili kumaş özelliklerinin objektif olarak ölçülmesi, ölçüm metotları ve cihazlarının geliştirilmesi, standartların oluşturulması önemli bir bölümü kapsamaktadır (Li 2001).

Bu çalışmada, günlük ve spor giyimde yaygın olarak kullanılan örme kumaşlarda, kullanılan lif tipi ve kumaş konstrüksiyonunun fizyolojik konfor üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, hem kontrollü üretilen kumaşlardan hem de Türkiye spor giyim piyasasında yoğun olarak kullanılan kumaş tiplerinden hazırlanan kreasyondan, konfor araştırmalarına yönelik son yıllarda

geliştirilen cihaz ve standartlar vasıtasıyla ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları kumaş özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Spor giyim üretiminde kullanılacak lif tipi ve kumaş konstrüksiyonuna yönelik çeşitli tespitler ve önerilerde bulunulmuştur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Konfor Kavramı

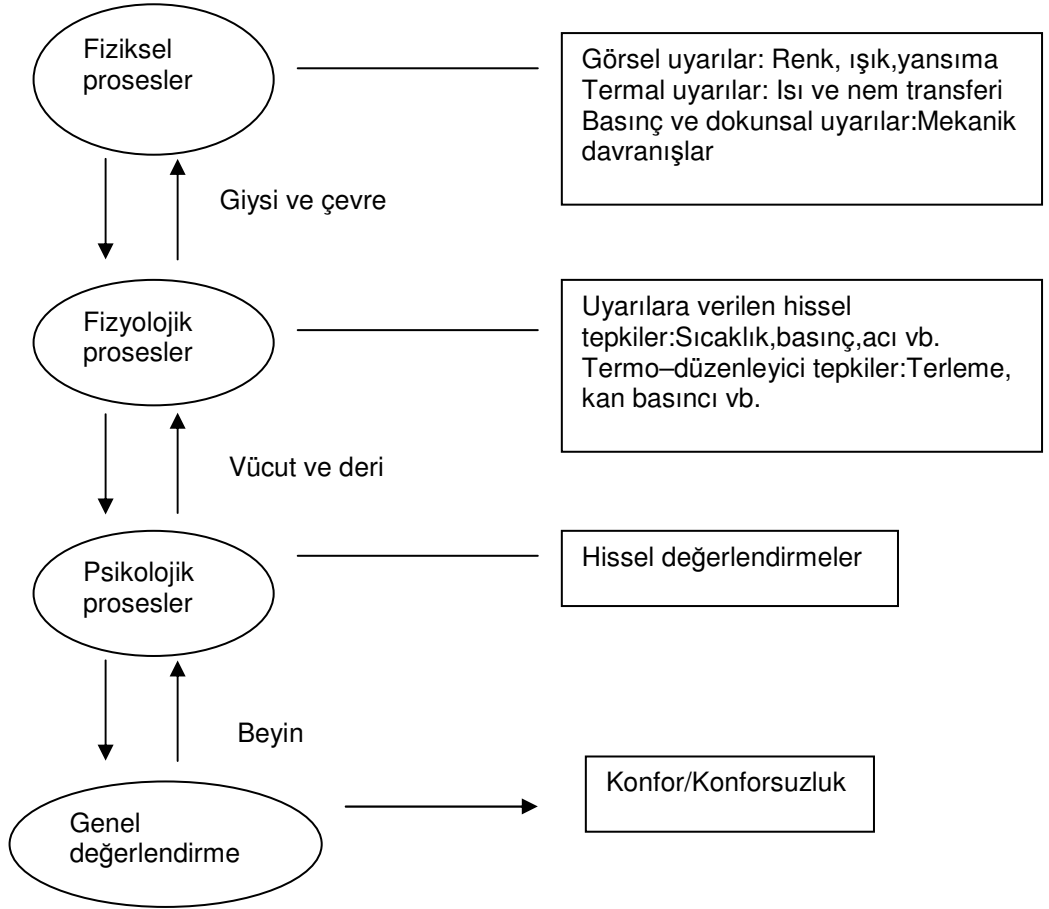
Günümüzde tüketicilerin giysilerden beklentileri yalnızca örtünmek ve korunmak değil, aynı zamanda iyi görünmek ve iyi hissetmek olmuştur. Giysilerin kullanıcıların kişilik, görünüş ve statüleriyle uyumlu olmaları arzu edilmekte; fiziksel, sosyal ve psikolojik beklentileri karşılaması istenmektedir. Tüketicilerin bu beklentileri konfor kavramını ortaya çıkarmış ve bunları karşılamaya yönelik çalışmalar konfor araştırmalarına yön vermiştir.

Bu araştırmaların çıkış noktası konforu tanımlamak ve tüketicilerin hangi hallerde kendilerini iyi hissettiklerini belirlemek olmuştur. Bu araştırmaların ilk örneklerinden olan DuBois'in 1939 ve Burton'nun 1946 yıllarındaki çalışmalarında kullanıcının kendisini iyi hissetme olgusunun, ürettiği metabolik enerji ile çevresine aktardığı enerji arasındaki dengeye bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu enerji dengesi, vücudun ısıtma veya soğutma yeteneğine bağlıdır ve giysiler bu yeteneğin sınırlarını belirlemektedir. Kennedy'nin 1956'da askeri giysilerle yaptığı çalışmada ise giysi, vücut fizyolojisi ve çevre şartları sürekli rahatlığın üç elemanı olarak verilmiştir (Hollies ve Fourt 1970).

Birçok araştırmacı konforu nötr bir his olarak tanımlar. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, ışık gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyine iletilmemiş olması gerekir. Giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak bu faktörlerden herhangi birine hissedilen rahatsızlık duygusu konforu ortadan kaldıracaktır (Kaplan ve Okur 2005). Konforsuzluk rahatsız olma, soğuk, sıcak, acı, batma, kaşınma, soğukluk hissi, ıslaklık ve giysi içinde aşırı terleme gibi bir kaç kelimeyle kolaylıkla ifade edilmektedir. Bu nedenle, konfor için çok kabul görmüş bir tanım "konforsuzluktan (rahatsızlıktan) ve acıdan bağımsız, doğal bir durum" şeklindedir (Li 2001).

Sarkar'a (1994) göre konfor sadece bireysel tanımlanabilen, sübjektif bir kavramdır. Ayrıca konfor durumuna fiziksel, fizyolojik ve psikolojik birçok faktörün tatminkar harmonisi ile ulaşılabilir, Li de (2001) konforu fiziksel, psikolojik, ve fizyolojik birçok faktörün etkili olduğu, bu sebeple tanımı zor,

karmaşık bir konu olarak tanımlamıştır. Bu faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil 2.1'de görülmektedir. Şemaya göre fiziksel faktörler duyu organlarına gerekli uyarıları sağlamaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle beyine gönderilmekte ayrıca terleme, nabız değişikliği gibi vücut tepkilerine yol açmaktadır. Beyin, aldığı sinyalleri çeşitli sübjektif algıları tanımlamak için kullanmakta ve eski tecrübeler ve psikolojik beklentilerle karşılaştırarak bir genel değerlendirme yapmaktadır.



**Şekil 2.1.** Konfor değerlendirme şeması ( The Science of Clothing Comfort, p. 5. Li, 2001)

Hollies ve Fourt'in (1970) incelemelerinde konfor, ısıl (termal) ve termal olmayan bileşenleri (yüzey karakteri, mekanik bitim işlemleri, dökümlülük, dikilebilirlik, elektrostatik özellikler vb.) içeren, kullanıcının durumu (çalışma durumu, çeşitli aktiviteler vb.) ve çevresel şartlara bağlı bir durum olarak görülmektedir. İnsan vücudunun belli giysi ve çevresel şartlara karşı verdiği

fizyolojik tepkiler konforun tanımlanması için kullanılabilir. Bu tanımlamanın yapılması için ortamın durgun hale ulaşması gerekir. Bu da termal direnç, giysinin nem direnci, ortamın klima şartları ve kullanıcının aktivite düzeyi gibi faktörlerin ölçülmesiyle hesaplanır.

Hes (2002), konforu kumaş ve giysilerin ısı / nem transfer özellikleri ile mekanik özelliklerinin kompleks etkisi olarak tanımlamıştır. Giysinin vücutla temasında oluşan kuvvet, giysinin deforme olabilme yeteneği, kumaşa dokunulduğunda algılanan rijitlik, sertlik, yumuşaklık gibi fiziksel özellikler konfor değerlendirmesi üzerine etkili olmaktadır (Hes ve ark. 2001).

Tüm bu tanımlamalarda bir kaç önemli kısım vardır. Bunlar;

- Konfor çeşitli duyuların oluşturduğu hislerle ilgilidir ve sübjektiftir.
- Konfor insan duyusunun görsel (estetik konfor ), termal (soğuk ve sıcak), acı (batma ve kaşıntı) ve dokunma (pürüzsüz, pürüzlü, yumuşak, sert) gibi çeşitli değerlendirmelerini içerir.
- Sübjektif hisler psikolojik işlemleri kapsar. Bununla kastedilen, kişinin istediği konfor şartlarını tanımlamak için mevcut durumu geçmiş tecrübelerine göre değerlendirmesidir.
- Vücut-giysi etkileşimleri (hem termal hem mekanik ) kullanıcının konfor durumunu tanımlamada önemli rol oynar.
- Dış çevre şartları (fiziksel, sosyal, kültürel) kullanıcının konfor durumu üzerinde çok etkilidir.

Bu tanımlamalara göre konfor algısı, giysiden ve dış çevre şartlarından gelen, sinirsel yollarla beyne gidip orada çözümlenen ve çok sayıda uyarıcıyı kapsayan komplike bir prosestir.

## 2.2. Konfor ve Giysi

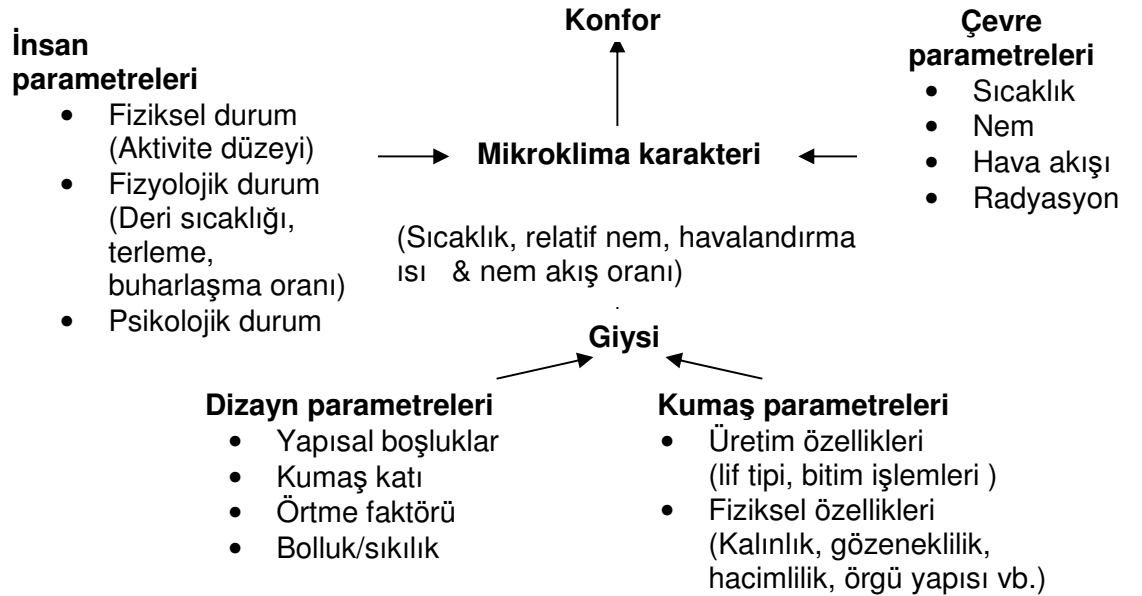
Giysiler, örtünme, süslenme, statü, korunma, ısı kaybıyla ilgili problemleri modifiye etme gibi çeşitli fonksiyonları yerine getirirken insan vücudu ve çevre arasındaki dengenin kurulmasında büyük rol oynar. Bir kumaşın giysi olabilmesi için, giysi fonksiyonları ve insan duyuları açısından



gerekli konfora sahip olması gerekir. Ancak bir giysinin temel fonksiyonu, kumaş katı veya katları vasıtasıyla kullanıcıyı rahatsız edici fiziksel çevre şartlarından korumaktır. Bu koruma, vücudun faaliyetlerini sürdürebilmesi için gerekli termal ortamın sağlanması ve vücudu çarpma, vurma sonucu yaralanmalar ile rüzgar, soğuk, sıcak, yağmur gibi iklimsel zorlamalara karşı koyma gibi fonksiyonların yerine getirilmesi demektir. Bu fonksiyonlar ayrıca kullanıcının konfor algılarının tanımlanmasında önemlidir.

Giysi açısından konfor, giydiğimiz giysiden psikolojik ve fizyolojik olarak etkilenmemek, içinde kendimizi rahat hissetmektir (Kalaoğlu 1995).

Örtünmüş bir vücut, deri üzerindeki ve giysinin altındaki mevcut klima şartlarını hisseder. Bir giysi giydiğimizde, vücudun ürettiği ısı ve nem çevreye verilmeden önce vücut ve kumaş katı arasındaki hava tabakasında bekleyerek vücut üzerindeki mikroklimanın karakterini ve bunun sonucunda konfor hislerini belirler. Mikroklimayı etkileyen faktörler Şekil 2.2'de görülmektedir ( Yoo ve ark. 2000).



**Şekil 2.2.** Giysi ve deri arasındaki mikroklimayı etkileyen faktörler (Yoo ve ark. 2000)

Giysi, insan vücudu ve çevre konfor kavramını oluşturan üç unsurdur. Giysiler, çevresel şartlarla (sıcaklık, rutubet, vb.) daha az ya da daha çok etkileşimde olacak ve bunun yanında talep edilen konforu sağlayacak biçimde seçilir ve kullanılır. Örneğin modaaya uygun ve estetik açıdan cazip giysiler, kullanıcının toplum içinde fark edilme güdüsünü tatmin edecek psikolojik rahatlamayı sağlar (Hollies ve Fourt 1970).

### 2.3. Konforun Sınıflandırılması

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır:

- Giysi içerisinde ısı ve nem iletimi gibi giysi ve çevre arasındaki fiziksel prosesler; giysi ve vücut arasındaki mekanik etkileşimler, giysinin ışığı absorblaması ve yansıtması gibi vücuda sinyaller sağlayan fiziksel prosesler.
- Vücuttaki termal denge, giysi ve çevreye olan dinamik etkileşimler ve termoregüler tepkiler gibi fizyolojik prosesler.
- Vücudun giysi ve çevresiyle etkileşimlerinden doğan sinyalleri ve bu sinyallerin cilt, göz ve diğer organlar tarafından alındığı mekanizmalar olan nörofizyolojik prosesler.
- Yukarıda bahsedilen sinyallerden dolayı beyinde meydana gelen hisler ve bu hislerin geçmiş tecrübe ve isteklere göre değerlendirilerek ortaya çıkan sübjektif kabuller olan psikolojik prosesler (Li 2001).

Bu dört proses, kullanıcının herhangi bir andaki konfor durumunu belirlemek üzere birbirleriyle dinamik etkileşimdedirler. Bu nedenle konfor, insan ve çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik, ve fiziksel uyumun bir sonucu ve psikolojik, fizyolojik, ve fiziksel konfor algısının toplamı olmaktadır.

### 2.3.1. Psikolojik Konfor

Konforda psikoloji kavramı, duyu organları ile alınan çevresel uyarıların geçmiş tecrübe ve beklentilerle karşılaştırılarak algıya dönüştürülmesi ve bunların sosyal hayat içerisinde çeşitli şekillerde ifade edilmesini kapsar. Bir başka ifadeyle, aklın dış uyarıcıların etkisi altındayken güvenli şekilde çalışma arayışıdır. Giysilerde psikolojik konfor, kullanıcının beklenti ve duygularının kumaş veya giysi tarafından ne kadar karşılandığının bir ifadesidir. Giysi, vücut ile temas ettiğinde neler hissettirir, neler çağırır, göze nasıl görünür sorularıyla ilgilenir. Moda, güzel görünüm (estetik, vücuda uyum, renk), temiz kalma, yıkama sonrası şekil muhafazası gibi giysi özelliklerinden etkilenir. Modaya uygun ve estetik açıdan cazip giysiler, kullanıcının toplum içinde fark edilme güdüsünü tatmin edecek psikolojik rahatlamayı sağlar. Kullanıcı, giydiği giysinin kendisi veya bulunduğu ortam için uygun olmadığını düşündüğünde ise psikolojik konforsuzluk hisseder. Günlük giysilerin alımında psikolojik konfor olgusu daha baskın olabilmektedir (Hollies ve Fourt 1970, Brody 1994, Tarafdar 1995, Gerald ve ark.2001, Grabowska 2001).

Psikolojik olarak insan, deri sıcaklığı 33 ile 35°C arasında olduğu ve deri üzerinde terin birikmediği durumda kendisini konforlu ve rahat hisseder (Yonenaga, 2001).

Psikolojik konforun değerlendirilmesinde kullanıcıların yorumları önemli yer tutar. Ancak bunların objektif yollarla ölçülmesi zordur. Aynı şartlar altında yapılan sübjektif ve objektif ölçümlerin karşılaştırılabilir, tartışılabilir olması ile değerlendirme yapmak mümkündür; bununla birlikte kullanıcıların sübjektif yorumlarının ölçülebileceği fiziksel cihazlar yoktur. Bu nedenle objektif değerlendirme yapmanın en yaygın tekniği, kullanıcılara basit değerlendirmelerinin sorulduğu ve yanıtların aktarıldığı psikolojik skala kullanılmasıdır. Bu yöntemde kullanıcılar, giysi hakkındaki fikirlerini skalayı oluşturan belirli terimlerle değerlendirir, değerlendirmelerinin sayısal karşılığı işaretlenir ve bu değerlendirmelerin kumaş özellikleriyle ne ölçüde ilişkili olduğu veya olmadığı incelenir (Tarafdar 1995, Li 2001).

Psikolojik konfor değerlendirilmesinde şu sıra izlenir:

- Ölçülecek özelliğin belirlenmesi
- Bu özelliği tanımlayan terimlerin çıkartılması
- Terimlerin şiddetini belirleyen skalanın oluşturulması

Fritz, 1992 yılındaki kumaş tutumunu incelediği çalışmasında, Çizelge 2.1'de gösterilen yedi dereceli skalayı kullanmıştır (Li 2001 )

- Verilerin alınması
- Skalaya göre yapılan değerlendirmeye aynı özelliğin objektif ölçümünün karşılaştırılması

**Çizelge 2.1.** Fritz'in yedi dereceli skalası

|               | Oldukça | Çok | Biraz | Hiçbiri | Biraz | Çok | Oldukça |              |
|---------------|---------|-----|-------|---------|-------|-----|---------|--------------|
| Yumuşak       | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Sert         |
| Pürüzsüz      | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Pürüzlü      |
| Serin         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Sıcak        |
| Hafif         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Ağır         |
| İnce          | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Kaba         |
| Gevrek        | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Gevşek       |
| Nemli         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Absorban     |
| Doğal         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Sentetik     |
| Sıkı          | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Hacimli      |
| Saran         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Örtücü       |
| Sıkışabilir   | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Yaylanabilir |
| Oyalı         | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Düz          |
| Dökümlü       | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Rijit        |
| Kaşıntıdırıcı | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | İpeksi       |
| Katı          | 3       | 2   | 1     | 0       | 1     | 2   | 3       | Yumuşak      |

KAYNAK : The Science of Clothing Comfort, p. 16, Li, 2001.

Giysilerin termal, nem, tutum ve estetik özellikleriyle ilgili psikolojik konfor ölçümleri yapılan bir çok çalışma mevcuttur. Hollies (1977), aşırı terleme anında ve terlemeye başladıktan sonra hissedilen üşüme esnasında algılanan konfor hissini ifade edilebildiği ortak terimleri ortaya koymuştur. Kawabata ve Niwa (1980), primer tutum ifadelerini tespit ederek kumaş tutumunun objektif ölçümü üzerine çalışmışlardır. David (1985), kışık erkek takım elbiselik kumaşların objektif ve sübjektif konfor değerlendirmesinde en iyi uyumu veren yedi adet terim çifti (*kaba-ince, sert-esnek, pürüzlü-düzgün, kaba-yumuşak, soğuk-sıcak, sert-yumuşak, hisşirtili-sessiz*) belirlemiştir. Li (1998), yazlık, kışık ve spor

giyime yönelik toplam 465 kumaşın konfor değerlendirmesini üç ayrı ülkede (İngiltere, Çin ve A.B.D.), yirmi altı terim kullanarak yaptırmıştır. Varyans analizi sonucunda, Çin ve İngiltere'deki kullanıcıların yazlık giysilik kumaşların konfor değerlendirmesinde anlamlı farklılıklar ortaya çıkarken, kışlık ve spor giysilere yönelik değerlendirmeleri arasında fark görülmemiştir (Li 2001).

Bakkevig ve Nielsen'in (1995), aktivite düzeyinin ter birikimi ve giyim konforu üzerine etkisini inceledikleri ve %100 Polipropilen ve yün olmak üzere iki farklı iç giyim kullandıkları çalışmalarında, sekiz denek iki farklı aktivite düzeyinde 40 dakika egzersiz ve 20 dakika dinlenmeden oluşan ve her aktivite düzeyi için iki kez tekrar edilen faaliyet sonrasında konfor, sıcaklık ve nemlilik hislerini hazırlanan ankete göre değerlendirmişlerdir. Deneklerin deri sıcaklıkları ve deri ıslaklıkları da ölçülmüş, çalışma sonucunda egzersiz esnasında aktivite düzeyi arttıkça ter salgısı, deri sıcaklığı ve sıcaklık hissinin arttığı; dinlenme esnasında da daha fazla konforsuzluk hissinin algılandığı bulunmuşlar. Farklı tip iç giyim kumaşların konfor algısına etkisi de yüksek aktivite düzeyinde belirgin olmaktadır.

Schneider ve ark. (1996), 20 deneğin (10 erkek-10 kadın) farklı lif tiplerinden üretilen kumaşların serin temas hissini kontrollü laboratuvar ortamında değerlendirdikleri çalışmalarında, algılanan serinlik hissinin kumaşın içerdiği lifin nem sorbsiyonu özelliği ile ilişkili olduğunu, dokuma kumaş yapısının örme kumaş yapısına göre daha serin hissi verdiğini ve ortam bağıl nemi arttıkça algılanan serinlik hissinin de arttığını bulmuşlardır.

Ruckman ve ark.'nın (1999), ceketlerin giyim konforunu araştırdıkları çalışmalarında biri PTFE (politetrafloretillen) lamine edilmiş, diğeri poliüretan kaplanmış iki tip ceket, 6 denek tarafından kontrollü klima ortamında giyilmiştir. Denekler, rutin egzersiz (yürüyüş) ve sonrasında dinlenme anlarındaki konfor, termal his ve nem hissi algılarını Şekil 2.3'de görülen dereceli skalaya göre değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda deneklerin deri sıcaklıkları da dört farklı noktadan ölçülmüştür. Sonuçlar, PTFE lamineli ceketin daha yüksek konfor algısı verdiğini, dinlenme anında en hızlı soğuma etkisinin PTFE lamineli ceketle sağlandığını, nem tutma açısından poliüretan kaplamalı ceketin daha fazla konforsuzluk hissi verdiğini göstermiştir. Ölçülen deri sıcaklıklarına göre

egzersizin başında sırt bölgesi en yüksek sıcaklık değerini vermiş, egzersiz sonunda ise göğüs bölgesinde en fazla sıcaklık artışı kaydedilmiştir.



**Şekil 2.3.** a) Konfor b) Termal his c) Nem hissi için hazırlanan sübjektif değerlendirme skalaları (Ruckman ve ark. 1999)

Wang ve ark. (2003), düşük gramajlı yünlü ve yün karışımlı gömleklik kumaşların konfor özelliklerini ipek, pamuk, pamuk/polyester karışım ve polyester yazlık kumaşları ile karşılaştırdıkları ve 30 deneğin kumaşların sıcaklık, yapışkanlık, batma, yumuşaklık, pürüzlülük, absorbanlık ve toplam konfor hislerini 0/10 arası skalada değerlendirdikleri çalışmasında, standart çevre şartlarında ( $24^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve %65 bağıl nem) yünlü ve yün karışımlı kumaşların genellikle daha az konforlu olarak nitelendirildiği ve bunun daha çok batma hissinden kaynaklandığı görülmüştür. Kullanılan yün ipliğinin inceliği 70s ve aşağısında olduğunda kumaştan kaynaklanan batma hissi daha belirgin şekilde algılanmakta ve ifade edilmektedir.

### 2.3.2. Fiziksel Konfor

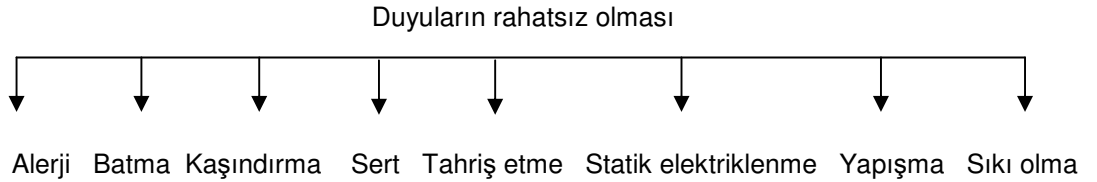
Fiziksel konfor, vücudun tekstil yüzeyi ile direkt teması anında duyulan hislerin (vücutla mekanik temas) bir sonucudur. Bu temas sonucu hissedilen kumaşın yumuşaklığı, sağladığı hareket serbestliği ve ıslak kumaşın neden olduğu batma, kaşıntı ve yapışma gibi giysi konforunu negatif yönde etkileyen

faktörleri içerir. Bu hisleri belirleyen kumaş özellikleri ise yüzey pürüzsüzlüğü, ağırlık, yumuşaklık, yoğunluk ve rijitlik olarak sıralanabilir (Grabowska 2001, Kaplan ve Okur 2005).

Slater, fiziksel konforu giysi şartlarının insan vücuduna olan etkileriyle ilişkilendirmiştir. Bir tekstil ürünün hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, fiziksel olarak konfordan söz edilebilir (Li, 2001).

Kumaş yapısı ve giysi dizaynı, giysinin fiziksel konforu için çok önemlidir. Çünkü bunların deriye sürtünme, sıkı oturma, kaşıdırma ve batma gibi etkileri vardır. Bu etkiler (fiziksel konforsuzluk), deriyle temas anında açığa çıkan hislerden veya giysinin vücuda oturmaması, şekil uygunsuzluğundan kaynaklanabilir (Brody 1994, Kalaoğlu 1995). Şekil 2.4'te, fiziksel konforsuzluk haline ait durumlar örneklenmiştir.

Vücuda oturan, yumuşak, aşındırmayan giysiler fiziksel olarak konforludur. Fiziksel konfor algısına lif, iplik ve kumaş yapısal özellikleri yanında kumaşa uygulanan terbiye, kaplama, laminasyon vb. işlemler etkilidir (D' Silva ve Anand 2001).



**Şekil 2.4.** Fiziksel olarak konforlu olmama (Kalaoğlu, 1995)

Giyim esnasında, giysi vücudun büyük bir kısmıyla dinamik ve sürekli olarak temas etmektedir. Bu temasın karakteristik bazı özellikleri şöyle sıralanabilir (Li, 2001):

- Temas alanı geniştir ve farklı hassasiyette bölgeleri içerir. Bu hassasiyet, temas anında giysinin vücuda, vücudun da giysiye uyguladığı kuvvetle belirlenmektedir. Vücudun temas bölgesindeki reseptörleri uyarmaya yetecek kuvvet ne kadar küçükse, hassasiyet (eşik değeri) o denli fazladır. Örneğin, önkol için hassasiyet  $33 \text{ g/mm}^2$  iken parmak uçlarında

bu değer sadece 2 g/mm<sup>2</sup> dir (Brody, 1994). Bu nedenle, giysi ve kumaşların parmak temasıyla değerlendirilmesi (tutum değerlendirmesi), fiziksel konfora yönelik en hızlı ölçümdür.

- Vücudun deri sıcaklığı, terleme oranı ve deri yüzeyindeki nem değeri gibi fizyolojik parametreleri sürekli değişmektedir ve bu değişim yeni termal uyarılara yol açmaktadır.
- Vücut hareketi ile giysi / deri teması kesintiye uğramakta ve yeniden kurulan her temas yeni mekanik uyarılara yol açmaktadır.

Amano (1996), kullanım esnasında giysinin deriye uyguladığı basınçtaki dalgalanmaların (mekanik uyarıdaki değişim) fiziksel konfor üzerine etkili olduğunu düşünerek, giysi basıncındaki dalgalanmaları spektrum analizi ile incelemiştir. Çalışma sonucunda, statik halde iken solunum sebebiyle giysi basıncının 0.2 – 0.4 Hz şiddetinde pikler meydana getirdiğini, dalgalanma genliğinin ise giysinin şeklinden ziyade kullanıcının pozisyonuna bağlı olduğunu bulmuştur. Sukigara ve Ishibashi (1994), kullanıcının eli ile kumaş yüzeyi arasındaki basınç değerini sübjektif tutum değerlendirmesiyle ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak, basınçtaki artışın fiziksel konforsuzluk olarak nitelendirilebilecek “yumru-yumru” ve “pürüzlü” hissini arttırdığı görülmüştür. Momota (1993), kadın çoraplarının konfor algısını çorap basıncı ve sübjektif değerlendirme ile ilişkilendirerek incelediği çalışmasında, yüksek konforlu çorap dizaynı için çorabın üst baldıra ulaşacak uzunlukta olmasını, ayak bileğindeki sıkılığın parmakların hareketine izin vermesi gerektiğini ve ayakta iken bacağın alt bölgesine uygulanan basıncın 5-10 mmHg aralığında bulunmasını önermiştir (Li 2001).

Kumaştan kaynaklanan batma hissi üzerine yapılan araştırmalar, bu konforsuzluk hissine giysi / kumaş yüzeyinden çıkan lif uçlarının sebep olduğunu göstermektedir (Li 2001). Matsudaira ve ark.'nın (1995) kumaş yüzey pürüzlülüğü üzerine yaptıkları ve kumaş sıkıştırılabilirliği ile yüzeydeki lif uçları arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmada, vücutta batma hissi oluşturan etkinin lif uçlarının torbalanma kuvvetinden kaynaklandığı bulmuşlardır. Batma hissini doğuracak şekilde reseptörleri uarmaya yetecek kritik torbalanma kuvveti Eşitlik 2.1'deki gibi verilmiştir:



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

Bu eşitlikte, E lifin Young modülü, I lifin eylemsizlik momenti ve l kumaş yüzeyinden çıkan lif ucu uzunluğudur.

Eşitlik 2.1, giyim esnasındaki batma hissini belirleyen esas faktörlerin liflerin Young modülü, lif çapı ve lif uzunluğu olduğunu göstermektedir. Li ve Keighley'in benzer bir çalışmasında da batma hissi ile lif çapı, kumaş kalınlığı ve kumaş yüzey pürüzlülüğü arasında yüksek korelasyon bulunmuşken, Kennis kumaş örtme faktörünün de etkili olduğunu göstermiştir (Li 2001). Yünlü kumaşlar üzerine yapılan bir başka araştırmada, çapı 30 µm ve üzeri, uzunluğu 35 mm ve üzeri liflerden üretilen kumaşların daha yoğun batma hissine yol açtığı görülmüştür (Harrison, 1996).

Fiziksel konfor değerlendirmeleri üzerine yapılan Gamsworthy ve ark., Willis ve Li'nin araştırmaları, giysi kaynaklı kaşıntı hissini batma hissi ile ilişkili olduğunu, bu konforsuzluk halinin de lif çapı, kumaş kalınlığı ve kumaş yüzey pürüzlülüğü ile yüksek korelasyon sergilediğini göstermiştir (Li, 2001).

Elder ve ark., dokuma kumaşların katılığını araştırdığı çalışmasında kumaş eğilme uzunluğu, bükülme rijitliği ve dökümlülüğün, kullanıcıların sübjektif sertlik değerlendirmesiyle uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Li, giysi katılığının lif çapı ve kopma yükü, kumaş sıkıştırılabilirliği ve kumaş sürtünme özelliğiyle ilişkili olduğunu ve bu özelliklerin belirlenmesi ile fiziksel konfora yönelik tahminlerin yapılabileceğini belirtmiştir (Li 2001). Kumaş katılığı, Kawabata ve Niwa (1980) tarafından primer tutum ifadeleri arasına alınmıştır. Yoğun, elastik ve rezilyansı yüksek ipliklerden üretilmiş kumaşların katılık değeri ve kullanıcıya vereceği sertlik hissi fazladır.

Yumuşaklık, kumaş katılığının ters hali olarak nitelendirilir ve kullanıcılar tarafından fiziksel konforu tanımlamakta en fazla kullanılan terimlerden birisidir. Hollies ve Fourt (1970), giysilerde yumuşak hissi veren en önemli özelliğin ince, uzun lif kullanımı olduğunu belirtmişlerdir. Mehtens ve McAllister'in örme spor giysilik ürünler üzerine yaptığı çalışmada, sübjektif olarak en konforlu nitelendirilen giysilerin düşük eğilme rijitliği ve düşük sürtünme özelliği olan liflerden üretilenler olduğu görülmüştür. Yine bu çalışmada, yumuşaklık değerlendirmesi üzerine lif boyutunun lif tipinden daha etkili olduğu bulunmuştur

(Hollies ve Fourt, 1970). Kawabata'nın (1980) sınıflandırmasında ise kumaş yumuşaklığı, kumaş kalınlığı, geometrik pürüzlülük ve sıkıştırma anında harcanan enerji miktarı ile ilişkilendirilmiştir. Li, 1998 yılındaki çalışmasının sonuçlarında giysi yumuşaklığının kumaş sıkıştırılabilirliği, kumaş çekme mukavemeti, lif çapı ve kopma yükü ile yüksek korelasyon verdiğini ifade etmiştir (Li 2001).

Düzensüz ve gıcirtılı kumaş, fiziksel konforsuzluk durumuna sebep olan önemli duyuşal özelliklerdendir. Kumaş ve deri arasındaki sürtünme ve deriyi zorlayan mekanik etkileşim, giysi pürüzsüzlüğü, düzensüzlüğü ve gıcirtılı olma halini belirlemektedir. Deri ve kumaş arasındaki sürtünme, pürüzsüz yüzeyli bir kumaşta daha azdır. Derideki nem miktarı arttıkça, oluşan yapışma etkisi sebebiyle sürtünme ve deri üzerine etkiyen kuvvet artmaktadır; dolayısıyla düşük nem düzeyinde konforlu olarak hissedilen giysi, nem düzeyi arttıkça (terleme) konforsuz olarak nitelendirilebilir (Li 2001). Hollies, pamuklu gömleklik kumaşlar üzerine yaptığı çalışmasında, nemli kumaşların deri ile temasının fazla olmadığı durumlarda konforlu algılandığını göstermiştir (Hollies ve Fourt 1970).

Kawabata ve Niwa (1980), yüzey pürüzsüzlüğünü primer tutum ifadeleri arasında göstermişler ve yüzey pürüzsüzlüğü açısından en yüksek konfor hissini %100 kaşmir dokuma kumaşların sağladığını ifade etmişlerdir.

Ajayi (1992), Instron'a bağıladığı üç farklı (plastik, ahşap ve metal) yük hücresi ile dokuma ve örme kumaşların dinamik sürtünme katsayılarını ölçmüştür. Kumaşların sürtünme karakteristiğı yük hücresi tipi değıştikçe farklılaşmıştır. Yük hücresinin hareketi altında ölçülen sürtünme kuvvetine ait pik değerleri, örme kumaşlarda ilmek sıklığı, dokuma kumaşlarda atkı/çözgü sıklığı arttıkça fazlalaşmıştır. Bishop (1996), kumaş pürüzsüzlüğü algısının objektif olarak ölçülen sürtünme kuvveti, makaslama ve eğilme rijitliğı, kalınlık ve yoğunluk değerlerinin bir sonucu olduğunu göstermiştir (Li, 2001).

### **2.3.3. Fizyolojik / Termofizyolojik / Termal Konfor**

Fizyolojik veya termal konfor, ISO 7730 1994'e göre termal çevre ile tatminkar uyumlu olma hali olarak tanımlanmıştır. Slater'in tanımına göre en

geniş haliyle insan vücudunun hayatını sürdürülebilirlik yeteneğidir. Li de, tekstil kumaşlarının ısı ve nem iletimi özelliklerinin kullanılarak, konforu termal ve nemli hali elde etme durumu olarak tanımlamıştır (Li 2001).

Bu kavram, giysiyi oluşturan kumaşın ısı ve nem geçirgenlik özellikleri ile farklı aktiviteler sırasında kumaşın termal dengesinin sağlanmasındaki rolünü içerir. Çevre şartları, aktivite düzeyi ve giysiyi oluşturan kumaşın özelliklerine bağlıdır (Kaplan ve Okur 2005).

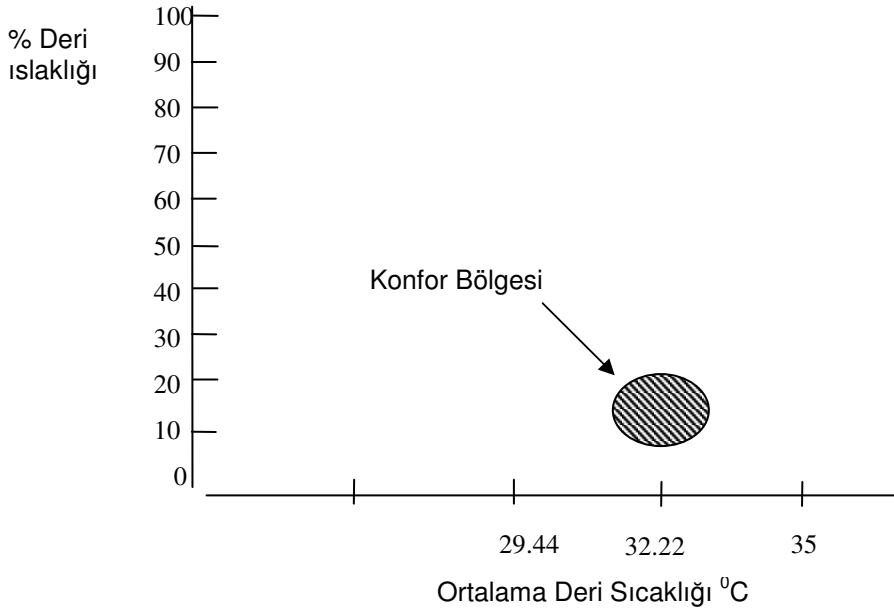
Grabowska (2001), fizyolojik konforu insan vücudu ile çevre arasındaki termal enerji dengesinin kurulmasıyla ilişkilendirmiştir; fizyolojik konfor, hava geçirgenliği, termal izolasyon, buhar geçirgenliği, nem sorbsiyonu, nem iletimi gibi kumaş özelliklerinden etkilenmektedir.

İnsanların giysilerinde fizyolojik olarak kendilerini konforlu hissetmeleri terin buharlaşarak uzaklaşması ve sıcak iklimlerde veya faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesine bağlı olup vücut, dış sıcaklık veya aktivite düzeyi artınca nem buharlaştırarak konforunu korur. Bazı durumlarda ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı ter salgılama hızından düşük olabilir. Vücut (deri) üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buharlaşma ısı kaybı ise konforsuzluk hissi verir (Barnes ve Holcombe, 1996).

Geraldes ve ark. (2001), hareketsiz iken termofizyolojik açıdan konforlu hissedebilmek için deri sıcaklığının  $31.5^{\circ}\text{C}$  ve  $32.5^{\circ}\text{C}$  arasında olması ve derinin hemen üzerindeki havanın bağıl nem değerinin %60'dan fazla olmaması gerektiğini; çalışma halindeyken ise, bağıl nem %70'i aşmaz ve deri sıcaklığı  $33.5^{\circ}\text{C}$  ve  $34.5^{\circ}\text{C}$  arasında tutulursa konfor halinin süreceğini ifade etmişlerdir. Ukponmwan'a (1993) göre deri sıcaklığı  $33^{\circ}\text{C}$  ve  $35^{\circ}\text{C}$  arasında olduğu ve deri üzerinde ter birikmediği durumda fizyolojik olarak konforlu hissedilir. Hardy ve ark.'nın (1953) hazırladığı ve deri ıslaklığı ile deri sıcaklığına göre konfor bölgesini gösteren diyagram ise Şekil 2.5'te görülmektedir (Hollies ve Fourt 1970).

Deri sıcaklığı  $33.4^{\circ}\text{C}$  olduğunda konfor hissinin en fazla olduğu düşünülmektedir. Vücudun herhangi bir kısmındaki deri sıcaklığı bu ideal sıcaklıktan  $1.5-3^{\circ}\text{C}$  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  $36.5^{\circ}\text{C}$ 'ye göre  $1.5^{\circ}\text{C}$ 'lik artışı ya da düşüşü hayati tehlike yaratabilir. Hipotermi, deri sıcaklığının  $35^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmesiyle meydana gelebilir. Sabit deri sıcaklığı, gövde için yaklaşık  $34-36.5^{\circ}\text{C}$ , eller ve ayaklar için  $25.5-27.5^{\circ}\text{C}$ , kollar ve bacaklar için  $27-30^{\circ}\text{C}$  olarak ifade edilebilir (Önder ve Sarier 2003).



**Şekil 2.5.** Fizyolojik konfor diyagramı (Clothing Comfort, p.187, Hollies ve Fourt 1970)

Deri sıcaklığının, dolayısıyla termofizyolojik konforun belirlenmesindeki baskın faktör çevre sıcaklığıdır. Çevre sıcaklığı, standart kuru termometre ile ölçülen (kuru termometre sıcaklığı) değeridir (Önder ve Sarier 2003, Kaplan ve Okur 2005).

USARIEM (US Army Research Institute of Environmental Medicine), 2-32 m/sn rüzgar hızı aralığında çevre sıcaklığının giysi kullanıcılarının sıcak / soğuk algısı üzerine etkisini araştırmış ve aşağıdaki sınıflandırmayı yapmıştır (Mathur ve ark. 1997);

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| $32^{\circ}\text{C}$ | Sıcak         |
| $28^{\circ}\text{C}$ | Uygun, ideal  |
| $22^{\circ}\text{C}$ | Serin         |
| $16^{\circ}\text{C}$ | Oldukça serin |
| $10^{\circ}\text{C}$ | Soğuk         |

|       |   |
|-------|---|
| 5°C   | Oldukça soğuk                               |
| 0°C   | Dondurucu soğuk                             |
| -5°C  | Donma tehlikesi (Yolculuk yapmak tehlikeli) |
| -24°C | 1 dakikada yüzde buzlanma ve donma          |
| -32°C | 0.5 dakikada yüzde buzlanma ve donma        |

Termofizyolojik konforu belirleyen diğer çevresel faktörler, ortalama ışıma sıcaklığı, bağıl nem ve hava hızıdır. Ortalama ışıma sıcaklığı (MRT), içerisindeki nesneyle üniform olmayan bir boşlukla aynı miktarda ışımla ısı alışverişi yapan siyah koruyucu haznenin (150 mm. çaplı bakır hazne) üniform yüzey sıcaklığını gösterir (Kaplan ve Okur 2005).

Goldman (1977), ortalama ışıma sıcaklığı veren Eşitlik 2.2'deki bağıntıyı çıkarmıştır:

$$MRT = 1 + 2.22 \sqrt{V} (T_g - T_a) + T_a \quad (2.2)$$

Burada,  $V$  rüzgar hızı (m/s),  $T_g$  bakır hazne sıcaklığı (°C) ve  $T_a$  kuru termometre sıcaklığı (°C, çevre sıcaklığı) dır.

Ortalama ışıma sıcaklığı, vücudun çevresindeki cisimlerle (arasında direkt temas olmasa bile) gerçekleşen ve sıcaklık farkına paralel olan ısı alışverişinin bir ifadesidir. Bu cisimlerin sıcaklıklarının alanlarına göre ağırlıklı ortalaması olarak ta ifade edilebilir. Cisimlerin sıcaklıkları deri sıcaklığından yüksek ise ortalama radyan sıcaklık pozitif, aksi durumda negatiftir. Özellikle sıcak havalarda, termofizyolojik konfor algısına etkisi büyüktür.

Rohles (1969), çevre sıcaklığı ve bağıl nemi kullanarak termal konfor skalası veren bir regresyon eşitliği çıkarmıştır (Li 2001) :

$$Y = 0.1569 T_{\phi} + 0.01H_a - 8.3719 \quad (2.3)$$

Eşitlik 2.3'de  $Y$ , 1 = soğuk, 2 = serin, 3 = kısmen serin, 4 = konforlu, 5 = kısmen ılık, 6 = ılık ve 7 = sıcak şeklinde verilen termal his,  $T_{\phi}$ , çevre sıcaklığı (°F cinsinden kuru termometre sıcaklığı) ve  $H_a$ , % bağıl nem değeridir.

Fanger (1970), değişik giysi ve aktivite düzeyi kombinasyonlarında doğal termal konfor bölgeyi tanımlayacak matematiksel bir model geliştirmiştir. Ortalama deri sıcaklığı ve salgılanan ter oranını konforun fiziksel parametreleri kabul eden bu çalışma, sonraları termal konfor indislerini (tahminlenen ortalama

his, PMV) hesaplayan BS EN ISO 7730 (1995) standardının esasını oluşturmuştur. PMV, çok sayıda kullanıcının termal konfor hisleriyle ilgili yaptıkları değerlendirmelerinin ortalamaları ile elde edilen ve soğuk (-3), sıcak (+3) arasında değişen yedi dereceli bir skaladır. Bu skalada 0 değeri, konforlu / nötr halini ifade etmektedir.

PMV değerleri, giysi kullanıcılarının termal konfor değerlendirmesi ile vücutlarına binen termal yükün şiddeti arasındaki ilişkiyi de göstermektedir. Termal dengede olunmadığı durumda vücuda binen termal yük Eşitlik 2.4'teki gibi verilmektedir.<sup>1</sup>

$$L = H - E_d - E_{sw} - E_{re} - (R + C) \quad (2.4)$$

Burada;

L = Termal yük (W/m<sup>2</sup>)

H = Metabolik ısı (W/m<sup>2</sup>)

E<sub>d</sub> = Deri yüzeyinden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı kaybı (W/m<sup>2</sup>)

E<sub>sw</sub> = Terleme ile meydana gelen ısı kaybı (W/m<sup>2</sup>)

E<sub>re</sub> = Solunum esnasında meydana gelen ısı kaybı (W/m<sup>2</sup>)

R+C = Deri yüzeyinde kaybedilen hissedilir ısı kaybı (W/m<sup>2</sup>)

Termal yük L, ne kadar büyükse PMV değeri 0'dan o kadar sapmaktadır. PMV 'deki sapmayı belirleyen bir diğer faktör fiziksel aktivitelerin metabolik oranlarıdır. Fizyolojik olarak metabolik aktivite, iş yapma ya da vücudu ısıtım / soğutma için gerekli kcal / m<sup>2</sup>h cinsinden ısı üretimi demektir. Metabolik aktivite oranı (MET), hareketsiz oturma halinde 50 kcal / m<sup>2</sup>h (1 birim) olarak kabul edilmiş, diğer aktivite düzeylerinde buna göre oranlanmıştır. Çeşitli MET değerleri, Çizelge 2.2'de görülmektedir (Hollies ve Fourn 1970).

MET değerinin yüksek olduğu aktivite şartlarında PMV değerinin 0'a yaklaşması için ortalama radyan sıcaklık ve çevre sıcaklık değerlerinin ortalamasının düşük olması gerekir. Benzer şekilde, oldukça düşük çevre sıcaklıklarında PMV değerini 0'a getirmek için fiziksel aktivite düzeyi yükseltilmelidir. Farklı çevre sıcaklıklarında aynı MET değeriyle 0 PMV değeri (konforlu hal) elde edilebilmesi ise kullanılan giysilere bağlıdır. Giysilerin yalıtım

<sup>1</sup> <http://www.squ1.com>

özelliği değiştirildiği takdirde, aynı fiziksel aktivite oranında, farklı çevre sıcaklıklarında konforlu hale ulaşılabilir (Goldman 1977, <sup>1</sup>).

Gagge ve ark. (1967) çalışmalarında, 12-48°C sıcaklık aralığında üzerlerinde giysi bulunmayan kişilerin oturma ve dinlenme halindeki termal ve duyuşsal konfor durumlarında vücutlarında görülen fizyolojik tepkilere göre incelemişler ve deneklerin termal konforlu sıcaklık durumuna (PMV = 0), 28-30°C'lerde geldiklerini saptamışlardır (Kaplan ve Okur 2005).

**Çizelge 2.2.** Metabolik aktivite oranları

| Aktivite                      | MET       |
|-------------------------------|-----------|
| Uyku                          | 0.72      |
| Sırt üstü uzanma              | 0.8       |
| Oturma                        | 1         |
| Ayakta durma                  | 1.2       |
| Yürüyüş (3 km/sa)             | 1.6       |
| Koşma (5 km/sa)               | 3.1       |
| Sprint (Kısa süreli 10 km/sa) | 10        |
| Hafif tempoda çalışma         | 2 – 3.6   |
| Orta tempoda çalışma          | 3.6 – 5.6 |
| Yüksek tempoda çalışma        | 5.6 – 7.6 |
| Ağır tempoda çalışma          | > 7.6     |

KAYNAK: Clothing Comfort, p.21, Hollies ve Fourt, 1970.

Konfor üzerine yapılan çeşitli araştırmalar, toplam konfor üzerine termal ve fiziksel konforun etkisini Eşitlik 2.5'teki gibi göstermiştir:

$$K_{toplam} = \frac{1}{3} K_{fiziksel} + \frac{2}{3} K_{termal} \quad (2.5)$$

$K_{toplam}$  = Toplam konfor

$K_{fiziksel}$  = Fiziksel konfor

$K_{termal}$  = Termal konfor

Eşitlik 2.5'te verildiği üzere termal / termofizyolojik konfor, toplam konfor algısını belirleyen esas fonksiyondur (Geraldde ve ark. 2001).

<sup>1</sup> <http://www.squ1.com>

## 2.4. Termal Konforla İlgili Giysi ve Kumaş Özellikleri

Termal konfor iki önemli faktörle karakterize edilmektedir:

- Isı transferi
- Kütle transferi

Isı transferi, insan vücudunun termal dengesinin sağlanması için ilgili giysi faaliyetlerini içerirken kütle transferi hava ve suyun giysi / kumaş içinden taşınabilmesiyle ilgilidir. Suyun taşınabilmesi ise sıvı suyun ve su buharının iletimini kapsar.

### 2.4.1. Giysi ve Kumaşlardaki Isı Transferi Mekanizmaları

İnsan vücudu, metabolik aktivitelerle (biyokimyasal parçalanmalar, kas titreşimleri, fiziksel aktivite vb.) sürekli ısı üreten termodinamik bir sistemdir. Termal dengenin sağlanması için ise, meydana gelen ısıya eşit miktarda ısının uzaklaşması gerekir. Vücudun termal dengesinin sağlanamaması, deri sıcaklığındaki iniş-çıkışlara paralel olarak konfor problemlerine hatta hayati tehlikelere yol açabilir.

Vücudunu termal dengesini bozan durumlar şu şekilde sıralanabilir (Kaplan ve Okur 2005):

- Sıcaklık ve nem değerleri birbirinden çok farklı olan iki ortam arasında yer değiştirme
- Vücuttan kısa sürede büyük miktarlarda sıvının dışarı atılması
- Ani bir şekilde farklı bir fiziksel aktiviteye geçilmesi

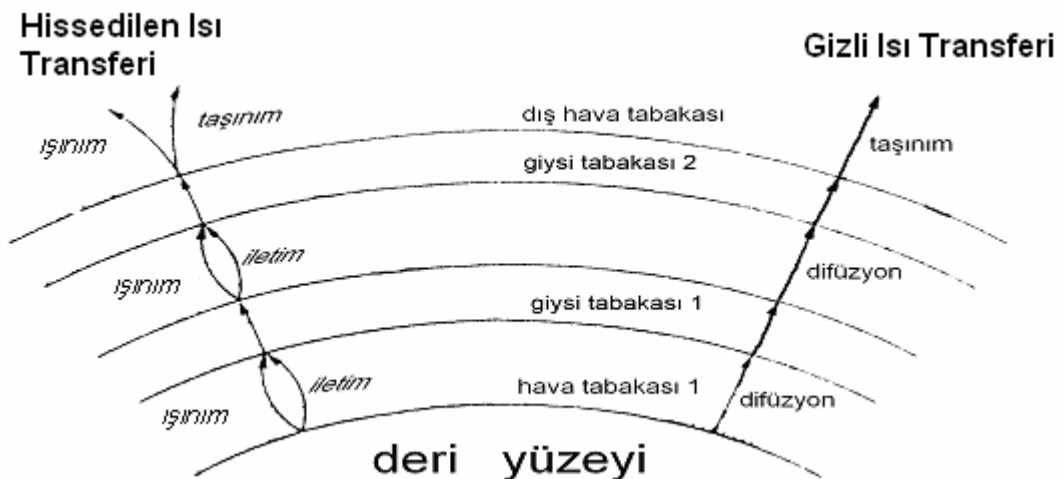
Isı, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doğru geçme eğiliminde olan bir enerji çeşididir. Bu geçiş, dört mekanizmadan birisiyle gerçekleşir:

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. Yoğuşma: En az görülen mekanizmadır. Buhar halindeki sıvı, soğuk bir yüzeye temas ettiğinde yoğuşur ve çevreye ısı salınır. Buna benzer faz değişimleriyle ısının transfer edilmesi gizli (buharlaştırma) ısı transferi olarak da adlandırılabilir<sup>1</sup>.

Isı, giysi içinden taşınım (konveksiyon), ışınım (radyasyon), iletim (kondüksiyon) ve terleme yoluyla (buharlaştırma) uzaklaşabilir (Şekil 2.6). Düşük aktivite şartlarında deri yüzeyinden ısı kaybının %75'i taşınım, ışınım ve iletimle gerçekleşir (Holcombe ve Hoschke 1983). Giysi, oluşan ısının, terin uzaklaşmasına izin verecek şekilde olmalıdır.



**Şekil 2.6.** Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı (McCullough ve ark. 1989)

<sup>1</sup> <http://en.wikipedia.org>

Şekil 2.6'da görülen kuru ısı transferi (hissedilen ısı transferi), sıcaklık farklılığıyla ısı değişimlerinin değerlendirilmesidir. Kuru ısı transferi, lifler ve hava içinden gerçekleşen iletim, liften life ve liften havaya olan ışınım ve giysiden dış hava tabakasına gerçekleşen taşınımı içerir. Diğer yandan çevreden gelen ışınım ısı da giysi tarafından absorbe edilmektedir. Tekstil kumaşlarında taşınım ile gerçekleşen ısı transferinin payı son derece azdır. Işınım ile ısı transferinin payı ise %10-30 arasındadır. Gizli (buharlaşma) ısı transferi ise buhar basıncı ya da su buharı konsantrasyon farklılığıyla vücuttaki toplam enerji değişimidir. Su buharının hareketi de konsantrasyondaki azalma doğrultusundadır. (Hollies ve Fourt 1970, Hes ve Martins 1993, Ukponmwan 1993, Grabowska 2001).

#### 2.4.1.1. İletimle Isı Transferi

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 arasına ( $T_1 < T_2$ ) konulduğu varsayılırsa,  $T_1$ 'den  $x$  mesafesi kadar uzaklaşıldıkça (kumaş kalınlığı boyunca), Fourier Kanuna göre ısı akışı  $q_{(x)}$ ;

$$q_{(x)} = -\lambda \frac{\partial T(x)}{\partial x} \quad (2.6)$$

ile verilir. Burada  $\lambda$ , ısı iletim katsayısıdır. Eşitlik 2.6'dan integral alınırsa;

$$q_{(x)} = -\frac{\lambda}{D}(T_1 - T_2) \quad (2.7)$$

ve

$$T_{(x)} = T_1 + (T_2 - T_1) \frac{x}{D} \quad (2.8)$$

eşitlikleri elde edilir. Eşitlik 2.8'e göre, kumaş içerisinde bir noktanın sıcaklığı konumun lineer bir fonksiyonudur ve doğrusal olarak değişmektedir.

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 2.9'u ileri sürmüştür:

$$\lambda = (1 - f)\lambda_a + f\lambda_f \quad (2.9)$$

Eşitlik 2.9'da  $\lambda$  kumaşın ısı iletim katsayısı,  $\lambda_a$  havanın,  $\lambda_f$  lifin ısı iletim katsayısı ve  $f$  kumaştaki lifin hacimsel oranıdır.

Bogaty ve ark. (1957), lif oryantasyonunu göz önüne alarak kumaşın ısı iletim katsayısını veren şu formülü geliştirmişlerdir (Schacher ve ark. 2000):

$$\lambda = x(f\lambda_f + a\lambda_a) + \frac{y(\lambda_a\lambda_f)}{(a\lambda_f + f\lambda_a)} \quad (2.10)$$

Burada  $\lambda$ ,  $\lambda_f$  ve  $\lambda_a$  sırasıyla kumaşın, lifin ve havanın ısı iletim katsayısı,  $f$  lifin,  $a$  havanın hacim oranı,  $x$  ısı akışına paralel doğrultudaki liflerin,  $y$  ısı akışına dik doğrultudaki liflerin oranıdır.

Holcombe ve Hoschke (1983), kumaşların iletkenliğini kumaş yapısı ve yoğunluğu ile ilişkili olan paketleme faktörü ve lif iletkenliğinin bir fonksiyonu olarak veren ve Eşitlik 2.11'de görülen modeli geliştirmişlerdir:

$$\lambda = 172 (\text{paketleme faktörü}) + 0.043 (\text{lif iletkenliği}) + 21.1 \quad (2.11)$$

Holcombe ve Hoschke (1983), geliştirdikleri modeldeki sabit değer (21.1) kumaş bünyesindeki durağan havanın termal iletkenliğinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Tekstil liflerinin termal iletkenlikleri durağan havanın termal iletkenliğinden ( $k_{\text{hava}} \cong 0.026 \text{ W/mK}$ ) 5 – 20 kez daha fazladır. Havanın termal iletkenliği, çevre sıcaklığındaki 10 K artışta yaklaşık olarak  $0.75 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$  artar. Bu nedenle, çevre sıcaklığı ve dolayısıyla kumaş bünyesindeki havanın sıcaklığı kumaşların termal iletkenliği üzerine etkilidir.

Çizelge 2.3'te çeşitli tekstil liflerinin termal iletkenlik değerleri verilmiştir. Lifin termal iletkenliği ne kadar fazlaysa kumaşın termal iletkenliği de o denli

yüksek olacaktır. Tekstil liflerinin termal iletkenliği, genel olarak nem içeriği arttıkça yükselir (Warner, 1995)

Nem içeriği yanında bir lifin dolayısıyla kumaşın termal iletkenliğini belirleyen başka faktörler de vardır. Pac ve ark. (2001), vücuttan giysiye olan ısı iletimini moleküler etkileşimlerden dolayı termal enerjinin transferi şeklinde tanımlamışlardır. Buna göre tekstil kumaşının termal iletkenliği yüksekse iletilen ısı miktarı, dolayısıyla vücuttan transfer edilen ve giysi tarafından absorbe edilen termal enerji miktarı fazla olacaktır. Pac ve ark.'nın iki farklı pamuk tipinden (Pima ve Kaba S) ve iki farklı iplik yapısından (tek kat ve çift kat) üretilen farklı ilmek uzunluklarındaki kumaşların absorbe ettikleri termal enerji miktarını Joule cinsinden ölçtükleri çalışmalarında, yüzey pürüzlülüğünün düşük olduğu kumaşlarda (kısa ilmek, iki katlı iplik, daha uzun lif uzunluğu ve daha iyi düzgünsüzlük değerine sahip lif yapısı) absorbe edilen enerjinin fazla olduğu; bu kumaşların daha yüksek termal iletkenlik sergilediği bulunmuştur.

**Çizelge 2.3.** Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri

| 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                    |

KAYNAK: Holcombe ve Hoschke, 1983, Fiber Science, p.231, Warner 1995.

Schacher ve ark. (2000), klasik ve mikro lif polyester kumaşların termal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında klasik polyester kumaşların daha yüksek termal iletkenlik sergilediğini bulmuştur. Bu durumun, iki polyester lif tipi arasındaki gözeneklilik farkından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Yine, Li ve ark.(2002)'nin pamuk ve polyester kumaşlarla yaptıkları çalışmalarında kumaş kalınlığı ve gözenekliliğin kumaşların ısı iletim özelliklerini etkilediği görülmüştür.

Jirsak ve ark. (1998), tekstil yüzeylerinin termal iletkenliklerini dinamik ve statik metotta ölçmüşler ve iki metodu karşılaştırmışlardır. Statik metotta, tekstil malzemesinin iki yüzeyi arasında sıcaklık farkı oluşturulur ve malzeme içine yerleştirilen termoçift vasıtasıyla ölçülen sıcaklık değişiminden direkt olarak termal iletkenlik hesaplanır. Dinamik metotta ise termal iletkenlik direkt olarak bulunmaz, önce malzemenin ısınma prosesinden termal difüzyon ölçülür. Termal difüzyon, ısı kaynağından x mesafesindeyken t süresi içinde meydana gelen sıcaklık farkını belirler ve Eşitlik 2.12'deki gibi tanımlanır:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2.12)$$

Eşitlik 2.12'de T sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), x ısı kaynağına olan mesafe (m), t süre (s) ve a termal difüzyon ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) dir. Termal iletkenlik ise, termal difüzyon, malzemenin spesifik ısı ve yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Her iki metoda göre yapılan ölçümlere göre, tekstil yüzeyinin kalınlığı ile termal iletkenlik arasındaki ilişki dinamik metotta alınan ölçümlerde gözlemlenmiştir; numune yoğunluğu arttıkça kalınlığın termal iletkenliğe etkisi artmaktadır. Aynı ölçüm şartlarında, dinamik metotta bulunan termal iletkenlik değerleri genellikle daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebinin ölçüm süresince gözenekli numune içinde geçici bir süre için oluşturulan sıcaklık farkından kaynaklanan taşınım olduğu düşünülmüştür. Sonuç olarak çalışmada termal iletkenlik özelliğinin, malzemelerin gözenek boyutu ve dağılımından etkilendiği ifade edilmiş, tekstil kumaşları gibi gözenekli yapılarda dinamik metotta ölçüm almak tavsiye edilmemiştir.

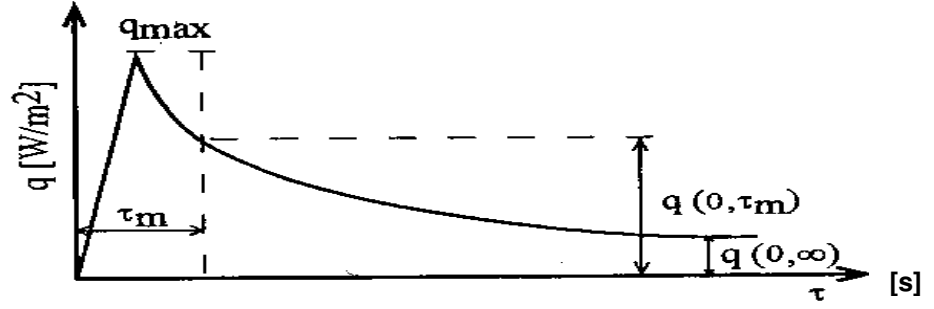
Satsumoto ve ark. (1997), giysilerdeki açıklıklar ve hava boşluklarının boyutu gibi giysi konstrüksiyonu faktörlerinin ısı transferine etkisini belirlemek

için %100 pamuklu kumaşın termal iletkenliğini dikey sıcak levha ve termal manken metotlarıyla ölçmüşlerdir. Bu iki metotta da amaç, insan vücudunun giyinik halini taklit etmektir. Dikey sıcak levha metodunda insan vücudunu simule eden malzeme  $100 \text{ W/m}^2$  'lik sabit ısı akışı sağlayan sıcak bir lastik levhadır. Lastik levha yüzeyine, içinde ısı akışı ölçer bulunan polimetilmetakrilat (PMMA) levha tutturulmuştur. PMMA levha ile arasında belirli bir kalınlıkta hava tabakası bulunacak şekilde yerleştirilmiş ölçüm kumaşı ise en dışıdır. Termal manken ise, insan gövdesinin üst kısmı şeklinde alüminyum bir bloktur ve ölçüm kumaşı arada bir hava tabakası olacak şekilde mankene giydirilmiştir. Her iki metotta, giysilerdeki açıklıkların etkisini belirlemek için kumaş ile ısı kaynağı yüzey (lastik levha / termal manken) arasındaki hava boşluğu kademeli olarak artırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, vücut ile giysi arasındaki hava tabakası vücut sıcaklığı ile ısındıkça, iletimle gerçekleşen ısı transferi miktarının azaldığı ve taşınım ile iletilen ısı miktarının arttığı bulunmuştur. Ölçülen iletimle ısı transfer katsayıları, hava tabakasının kalınlığı arttıkça ve giysi açıklıkları çoğaldıkça azalmıştır. Bu çalışmaya göre, dikey sıcak levha metodu daha hassas sonuçlar vermektedir çünkü giyinme halini simule eden durumlarda hava boşluğunun boyutunu kontrol etmek bu metotla daha kolaydır.

Hes ve ark. (1996), kumaş ile insan vücudunun teması sonrasında gerçekleşen tipik ısı transferi eğrisini Şekil 2.7'deki gibi tanımlamışlardır. Kumaştan insan vücuduna doğru olan ısı akış oranı; temasın ilk saniyelerinde oldukça yüksektir; bir süre sonra azalır ve durağan bir hale kavuşur. Kumaşın termal iletkenliği, ısı akışının durağan haldeki değeri  $q(0,\infty)$  ( $\text{W/m}^2$ ) kullanılarak Eşitlik 2.13 ile belirlenebilmektedir (Hes ve Martins 1993, Hes ve ark. 1996) :

$$q(0,\infty) = \frac{\lambda}{h}(T_1 - T_0) \quad (2.13)$$

Burada  $\lambda$  ısı iletkenlik katsayısı ( $\text{W /mK}$ ),  $h$  kumaş kalınlığı (mm) ve  $(T_1-T_0)$  sıcaklık farkı (K)dır.



**Şekil 2.7.** Kumaş / insan vücudu arasındaki ısı akış eğrisi (Hes ve Martins 1993, Hes ve ark. 1996)

#### 2.4.1.2. Taşınım ile Isı Transferi

$T_w$  sıcaklığındaki bir yüzeye ona temas eden  $T_f$  ortalama sıcaklığına sahip bir akışkan arasındaki taşınım ile (konveksiyonla) meydana gelen birim yüzey alanından ısı transferi ( $q$ ) Eşitlik 2.14'teki gibi ifade edilir:

$$q = h (T_f - T_w) \quad (2.14)$$

Burada  $h$  taşınım ile ısı transfer katsayısıdır. Eşitlik 2.14, Newton'un soğuma kanunu olarak bilinir (Kakaç 1990).

Giysi sistemlerinde taşınım, vücut hareketine bağlı olarak değişen hava tabakasının hareketinin bir sonucudur. Vücutla giysi arasında taşınım ile gerçekleşen ısı transferi, vücudun hareket miktarına, vücut çevresindeki doğal taşınım ve çevredeki hava hızına bağlı olarak değişen zorlanmış taşınım ile bağlıdır. Zorlanmış taşınım oranının belirlenmesi daha zordur çünkü bu mekanizma hava akış hızına ve yönüne bağlı olarak değişir (Rupp, 1998, Kaplan ve Okur 2005).

Giysilerden zorlanmış taşınım ile meydana gelen ısı kaybı doğal taşınım ile gerçekleşenden daha fazladır. Giysi içindeki kollar ve ayakların hareketi zorlanmış taşınım ile neden olmaktadır. Fanger (1970)'a göre, vücuda eşlik eden

hava tabakasının hızı 0.4 -1.8 m/s arasında değişmektedir ve hava hızının değişimi taşınım ile meydana gelen ısı transferini etkilemektedir. Vücut yüzeyi ile hava arasındaki sıcaklık farkı arttıkça da taşınım ile ısı kaybı artmaktadır (Ruckman ve ark. 1999, Huizenga ve ark. 2001).

Hardy (1968), taşınım ile ısı kaybını bir çok faktörün bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır ve bu faktörleri Eşitlik 2.15'teki gibi sıralamıştır (Ruckman ve ark. 1999):

$$Q_c = f(D, V, \mu, \rho, \Delta T, \lambda, c_p, t) \quad (2.15)$$

Burada  $Q_c$  taşınım ile meydana gelen ısı kaybı,  $D$  ısı kaybının meydana geldiği malzemenin boyutları(m),  $V$  ısı taşıyan gazın hızı(m/s),  $\mu$  gaz moleküllerinin viskozitesi (g/cms),  $\rho$  gazın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\Delta T$  sıcaklık farkı(K),  $\lambda$  gazın ısı iletim katsayısı (W/mK),  $c_p$  özgül ısı (J/kgK) ve  $t$  süredir (s).

Büttner, deneysel çalışmaları sonucunda ise Eşitlik 2.16'teki formülü elde etmiştir (Ruckman ve ark. 1999):

$$Q_c = 0.07 / D \times (V D \rho / \mu)^{0.52} \quad (2.16)$$

Benzer şekilde Winslow ve ark. (1936), taşınım ile ısı transferi için başka bir bağıntı elde etmiştir (Ruckman ve ark. 1999):

$$Q_c = 2.3 \sqrt{V} \Delta T \quad (2.17)$$

Hes ve ark. (2004) taşınım ile ısı transferinin vücut çevresindeki hava hızının karesi ile artacağını, ancak giysi içindeki hava tabakasının hızının klasik giysi sistemlerinde oldukça düşük olduğunu, giysilerdeki kol, boyun ve manşet gibi açıklıkların vücut çevresindeki havayı hızlandıracağını ifade etmişlerdir. Hava tabakasının hızlandırılması için giysi içine kanallar açılacağı öngörülmüştür. Tüm vücudu saracak şekilde uzun ve dikey kanallar açılmış özel bir giysi tasarımından gerçekleşen ısı kaybının bir termal mankenle ölçüldüğü çalışmalarında, içinde kanal açılmış giysiden daha fazla ısı taşınımı gerçekleştiği görülmüştür. Kanal içindeki havanın hızı da anamometre ile ölçülmüş, hava hızının havanın dinamik viskozitesine, sıcaklığa bağlı genleşme katsayısına, kanal çapına ve hava sıcaklığına bağlı olduğu bulunmuştur.



### 2.4.1.3. Işınım İle Isı Transferi

Işınım (radyasyon) ısı transferi Stefan-Boltzman Kanunu ile açıklanır. Buna göre  $T_1$  sıcaklığında bir cismin,  $T_2$  sıcaklığında bir ortamda bulunduğu düşünülürse, cisim birim alanından  $\sigma T_1^4$  oranında radyoaktif enerji yayarken  $\sigma T_2^4$  oranında da enerji absorblayacaktır. Cismin kaybettiği net ışınım enerjisi:

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

eşitliği ile bulunur. Burada  $\sigma$  ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ), Stefan-Boltzman sabitidir. Bu mekanizma daha çok güneş, radyan ısıtıcılar ve ateş gibi çok yüksek sıcaklığa sahip nesnelere daha kolay tanımlanabilmektedir. Bir cismin ışınım ısı kaybı veya absorpsiyonu cismin renginden etkilenir. Siyah, ısıyı hem en iyi absorbe eden hem de en iyi yayan renktir. Beyaz ve boyanmış materyallerin ise, enerjinin büyük bir kısmı yansıtıldığı için, absorpsiyon ve ışınım performansları düşüktür.

Giysi vücudu çevreleyen ilk çevresel katman olduğu için ve giysi sayesinde vücutla çevre arasındaki sıcaklık farkı azaldığı için ışınım ısı kaybını azaltıcı yönde etkiye sahiptir. Vücuttan ışınım kaybedilen ısı miktarını belirlemek kolay değildir çünkü vücut üzerindeki giysi baskı bölgeleri ve düzgün olmayan bir yüzey yapısı oluşturur (Kaplan ve Okur 2005).

Farnworth (1983), lifli yalıtım malzemelerinde iletim ve ışınım gerçekleşen ısı akışını incelenmiş ve çeşitli ısı transfer mekanizmalarının toplam ısı transferine katkısını belirlemiştir. Ayrıca ısı transfer mekanizmalarının simultane fakat ayrı ayrı değil birlikte etki ettikleri olgusu incelenmiştir. Bir çok araştırmada, ışınım ısı transferini, iletimden ve hava ile olan taşınımından ayırmak için, ısı transferi önce atmosferik basınç ve sonra vakum altında ölçülürken, bu çalışmada ölçümlerin tamamı atmosferik basınç altında tamamlanmış ve ışınım transferin katkısını çeşitlendirmek için numune kalınlıkları özel bir sıkıştırma düzeneği ile sürekli değiştirilmiştir. Son olarak, taşınım ısı transferi miktarını belirlemek için, diğer tüm parametreler sabitken

düşük yoğunluklu kaplama çevresindeki sıcaklık farklılığında çeşitli varyasyonlar yapılmıştır.

Sonuç olarak ince kumaşlardaki ısı transferinin büyük oranda iletim ve ışınlama ile gerçekleştiği görülmüştür ve deneysel olarak ölçülen ısı transferi için , iletim ve ışınlamanın kombinasyonu olan bir teori geliştirilmiştir:

$$\lambda = \lambda_{\text{ışınım}} + \lambda_{\text{iletim}} \quad (2.19)$$

Farnworth'a (1983) göre, bir kumaştaki ışıma derinliği kumaş kalınlığına göre kıyas edilebilir bir değerde ise ( birkaç mm. ışıma derinliğine / bir santimetre kumaş kalınlığı) ışınlama ile ısı transferinin miktarı iletimle gerçekleşenle hemen hemen aynı miktarda olur ama Hes ve Martins'e (1993) göre ışınlama ile ısı transferinin toplam ısı transferindeki payı genellikle %20'yi geçmez.

Holcombe ve Scheider (1988), çok düşük yoğunluktaki kumaş yapılarında ışınlama ile ısı transferinin fark edilir olduğunu belirtmişlerdir (Ukponmwan 1993).

Farnworth (1983), ışıma derinliğine kıyasla kalınlığı yeterince yüksek olan kumaşlar için ışınlama ile ısı transferini:

$$q_{\text{ışınım}} = - \lambda_{\text{ışınım}} \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.20)$$

eşitliği ile vermiştir. Eşitlik 2.20'deki  $\lambda_{\text{ışınım}}$  ışınlama ile ısı transfer katsayısıdır ve iletimde olduğu gibi ısı akışının kumaş enine kesiti boyunca mesafeyle doğru orantılı olarak değiştiği kabul edilirse Eşitlik 2.21 ile bulunabilir:

$$\lambda_{\text{ışınım}} = 8\sigma(\Delta T)^3 \frac{r}{f\varepsilon} \quad (2.21)$$

Eşitlik 2.21'de  $\sigma$  Stefan-Boltzman sabiti,  $\Delta T$  kumaş ile çevre arasındaki sıcaklık farkı,  $r$  lif yarıçapı,  $f$  kumaş içinde liflerin hacimsel oranı,  $\varepsilon$  ışınlama neşretme oranıdır. Bu eşitliğe göre, ışınlama ile ısı transferi hacimsel olarak lif oranı azaldıkça, çapı küçük lifler kullanıldıkça ve yüksek oranda lif kullanıldıkça artmaktadır.

$(f\varepsilon / r)$  ifadesi ise gelişigüzel dizilmiş lifler tarafından gerçekleşen radyoaktif absorbanlığa ait basit model olarak tanımlanmıştır. Buna göre, kumaş daha yüksek lif hacim oranı veya küçük lif çapına sahip olursa daha yüksek radyoaktif absorbanlığa sahip olacaktır (Farnworth 1983).

Hes ve ark (1996), geçirgen bir ortamda bulunan iki levha arasındaki radyasyonla ısı transferi denklemini kumaşlar için uyarlayarak Eşitlik 2.22'i elde etmişlerdir:

$$\lambda_{\text{ışınım}} = \frac{4(\Delta T)^3 h}{\frac{2}{\varepsilon} - 1} \sigma \exp\left(\frac{0.188h(\vartheta - 1)\mu}{r\sqrt{\pi}}\right) \quad (2.22)$$

Eşitlik 2.22'de T ortamın mutlak sıcaklığı, h kumaş kalınlığı,  $\varepsilon$  ışıyım neşretme katsayısı,  $\sigma$  Stefan-Boltzman sabiti,  $\nu$  ısı akışı doğrultusuna dik doğrultuda yerleşmiş liflerin oranı,  $\mu$  kumaş doluluk katsayısı ve r lif çapıdır. Buradaki exp. ifadesi, kumaşların radyoaktif geçirgenliğini karakterize etmektedir.

Hes ve Martins (1993),  $\lambda_{\text{ışınım}}$  değeriinin ortam sıcaklığı ile arttığı bulgusundan hareketle altı farklı liften üretilmiş ince dokuma kumaş ve dokusuz yüzeyin termal iletkenliklerini, iki farklı ortam sıcaklığında ( $T_1= 300\text{K}$  ve  $T_2=315\text{K}$ ) ölçmüş ve ölçüm sonuçlarını Eşitlik 2.23 ve 2.24'deki gibi tanımlamışlardır:

$$\lambda_1 = \lambda_{\text{ışınım}}(T_1) + \lambda_{\text{iletim}} \quad (2.23)$$

$$\lambda_2 = \lambda_{\text{ışınım}}(T_1) \frac{T_2^3}{T_1^3} + \lambda_{\text{iletim}} + \lambda_{\Delta\text{hava}} \quad (2.24)$$

Ortam sıcaklığının kumaş bünyesinde hapsolmuş havanın termal iletkenliğine etkisi, Eşitlik 2.23'deki  $\lambda_{\text{iletim}}$  değeriini  $\lambda_{\Delta\text{hava}}$  kadar ( $0.0055 \text{ W/mK}$ ) arttırarak hesaba katılmıştır. Eşitlik 2.24 ve 2.23 birbirinden çıkartılarak  $\lambda_{\text{ışınım}}$  elde edilmiştir:

$$\lambda_{\text{ışınım}} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1 - \lambda_{\Delta\text{hava}}}{\frac{T_2^3}{T_1^3} - 1} \quad (2.25)$$

Çalışma sonucunda, tekstil kumaşlarından ışıyımila ısı transferinin ortam sıcaklığı arttıkça arttığı, toplam ısı transferinde ışıyımila iletimin payı arttıkça, sıcaklığa bağlı olarak kumaş iletkenliğinin artışının daha fazla olduğu bulunmuştur.

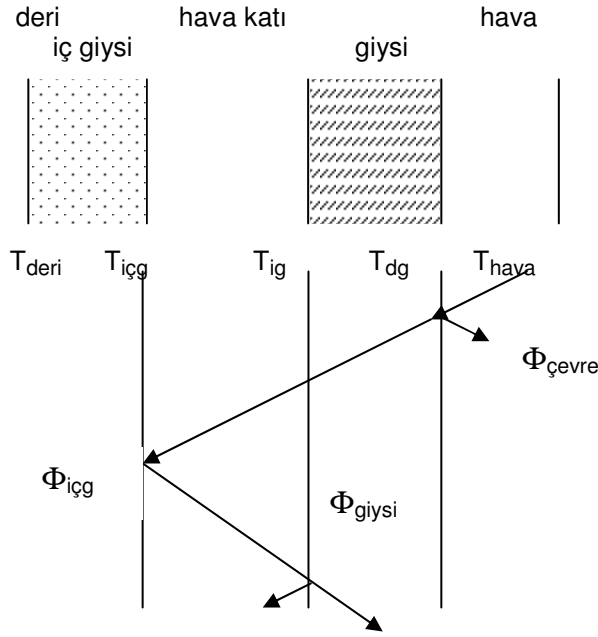
Lotens ve Pieters (1995), ışıyımila ısı transferi üzerine genel bir teori sunmuştur. Buna göre, çevreden gelen ışıyım enerjisinin bir kısmı malzeme

tarafından absorbe edilir, bir kısmı yansıtılır, bir kısmı da malzeme içinde iletilir. Absorbsiyon, yansıma ve iletim katsayıları malzemeye ve ışınım kaynağının dalga boyuna bağlıdır. Işınım spektrumunun pik yaptığı dalga boyu, ışınım kaynağının sıcaklığına bağlıdır ve güneş ışığı için 0,5  $\mu\text{m}$  olan değer ile oda sıcaklığındaki bir kaynak için geçerli olan 10  $\mu\text{m}$  değeri arasında değişmektedir. Absorblanan ışınım enerjisi, malzemenin sıcaklığını artırır ve bunun sonucunda uzun dalga boyu aralıklarında malzeme radyoaktif ışımaya yapar. Ayrıca taşınım artar. Tek bir kumaş katı, iki yüzeyi ile çevreye ve ışınım kaynağına (güneş ışığı) maruz bırakılırsa, radyoaktif enerji dengesi Eşitlik 2.26'daki gibi yazılabilir:

$$\varepsilon_{\text{çevre}} \sigma T_{\text{çevre}}^4 - \varepsilon' \sigma T_{\text{kumaş}}^4 = h_c (T_{\text{kumaş}} - T_{\text{çevre}}) \quad (2.26)$$

Eşitlik 2.26'da  $\varepsilon$  güneş ışığının 0.5  $\mu\text{m}$  dalga boyundaki ışınım neşretme katsayısı,  $\varepsilon'$  termal radyasyon dalga boyundaki ( $\cong 10 \mu\text{m}$ ) neşretme katsayısı,  $h_c$  taşınım ısı iletim katsayısı ( $\cong 8.3 \sqrt{\text{rüzgar hızı}}$ ),  $T_{\text{kumaş}}$  kumaş sıcaklığı,  $T_{\text{çevre}}$  çevre sıcaklığıdır.

Giysi sistemlerinde hava sıcaklığına bağlı olarak gerçekleşen kızılötesi (infrared) ışınım ile, sıcak bir kaynaktan dolayı gerçekleşen kısa dalga boylu ilave ışınımı ayırmak gerekir. Kumaş katı arttıkça durum daha da karmaşık bir hal alır. Göz önüne alınacak en basit durum, en dıştaki giysi katı, hava katı ve deri üzerinde iç giysinin olduğu durumdur (Şekil 2.8). Bu durumda, giysiye çevreden gelen ışınımın bir kısmı giysi tarafından yansıtılır, bir kısmı iletilir. Giysinin ilettiği ışınım ise iç giysi tarafından yansıtılır. İç giysinin ilettiği ışınım ihmal edilebilir. Çevreden gelen ışınım enerjisinin tümü giysi, iç giysi ve çevre üzerinde tamamen dağılıncaya kadar bu döngü sürer. Tabakalarda dağılan enerjinin büyüklüğü ve giysi sistemindeki katların ısıl dirençlerine bağlı olarak katların sıcaklıkları değişir.



**Şekil 2.8.** Giysi sisteminde radyasyon (ışınım) enerjisinin dağılımı. Çevreden gelen radyasyon enerjisi ( $\Phi_{\text{çevre}}$ ), giysi ve iç giyside dağılır ( $\Phi_{\text{giysi}}$  ve  $\Phi_{\text{içg}}$ ). İç giysinin sıcaklığı ( $T_{\text{içg}}$ ), giysinin iç kısm sıcaklığı ( $T_{\text{ig}}$ ) ve dış kısmının sıcaklığı ( $T_{\text{dg}}$ ), deri ve hava sıcaklıkları ( $T_{\text{deri}}$  ve  $T_{\text{hava}}$ ) ile radyasyon ısısının transferine bağlıdır. (Lotens ve Pieters 1995)

#### 2.4.2. Giysi ve Kumaşlardaki Termal Direnç

Şekil 2.6'da görülen bir giysi sistemindeki toplam ısı kaybı ( $H_t$ ) da Eşitlik 2.27'deki gibi verilebilir (D'Silva ve Anand 2001):

$$Q_t = \text{Kuru ısı kaybı (} Q_d \text{)} + \text{Buharlaştırma ısı kaybı (} Q_e \text{)} \quad (2.27)$$

$$Q_d \text{ (W/m}^2\text{)} = \frac{T_s - T_a}{R_c} \quad (2.28)$$

$$Q_e \text{ (W/m}^2\text{)} = \frac{p_s - p_a}{R_e} \quad (2.29)$$

Burada  $T_s$  deri sıcaklığı (K),  $T_a$  çevre sıcaklığı (K),  $R_c$  giysi tabakası ve hava tabakasının kuru (hissedilir) ısı transferine karşı toplam direnci ( $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ),  $p_s$  deri yüzeyindeki su buharı basıncı (mmHg),  $p_a$  hava tabakasındaki su buharı basıncı (mm Hg),  $R_e$  giysi tabakası ve hava tabakasının buharlaştırma ısı transferine karşı toplam direncidir. ( $\text{m}^2 \text{mm Hg W}^{-1}$ )

Giysilerin ısı transferine ve buhar transferine olan dirençleri ( $R_c$  ve  $R_e$ ), termal özelliklerini belirlemektedir. Mecheels ve Umbach (1977), bu iki direnç değerinden minimum ve maksimum çevre sıcaklıklarının bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Minimum çevre sıcaklığı, konforsuz soğuk bölgenin başladığı sıcaklık değeridir. Bu sıcaklıkta, deri üzerindeki nem konsantrasyonu çevredeki nem konsantrasyonuna çok yakındır ve deriden çevreye su buharı hareketi ihmal edilebilir düzeydedir. Maksimum çevre sıcaklığı ise konforsuz sıcak bölgenin başladığı değerdir ve bu sıcaklıkta vücut sıcaklığını korumak için buharlaşma ısı kaybı arttırılır. Maksimum ve minimum çevre sıcaklıkları arasında kalan bölge giysi sisteminin psikometrik aralığıdır (Li 2001). Woodcock (1962), buharlaşan ısı kaybına direnç gösteren giysi tarafından belirlenen sınırı tanımlamak için ilk olarak nem geçirgenlik indeksi ( $I_m$ ) tanımını ortaya atmıştır:

$$I_m = 0.45 \times \frac{R_e}{R_c} \quad (2.30)$$

Nem geçirgenliği indeksi ya da bazen kullanılan tanımlamayla buhar geçişi etkinliği faktörü, toplam kuru direncin toplam buhar direncine olan oranıdır ve giysi içinde suyun buharlaşma performansının bir göstergesidir. İndeks, giysi ve çevre tarafından izin verilen maksimum soğumanın, bir psikometrik yaş termometre tarafından ölçülen maksimum soğumaya oranı olup boyutsuzdur. Yüksek geçirgenlik indeksi maksimum buhar soğutması ve konfor için gereklidir. Geçirgenlik indeksi 0 – 1 aralığındadır. 0, buharlaşma ve ısı geçişi olmayan bir sistem, 1 ise optimum buharlaşan soğumalı bir sistemi gösterir. Bir kimse genelde bozunmamış bir hava katmanı ile çevrelendiğinden indeks nadiren 1 değerine yaklaşır, ancak çıplak bir kimse için sakin havada yaklaşık 0.5 değeriyle sınırlı olma eğilimindedir (McCullough ve ark. 1989, D'silva ve Anand 2001).

Çoğu kıyafet tasarımında göz önüne alınan en önemli termal parametre ise, kumaşların ısı transferine olan dirençleri yani termal dirençleridir. Kumaş ve giysinin birim alanının termal direnci ise termal yalıtım olarak nitelendirilir, bu nedenle malzemelerin termal yalıtım (izolasyon) özelliğinin ölçümü özellikle

termal direncinin belirlenmesi ile mümkündür. Bunun yanında giysilerin termal yalıtım özelliklerine kalınlık, termal iletkenlik, hava geçirgenliği gibi fiziksel faktörler yanında tasarım, kesim, dökümlülük, kullanım şekli gibi yapısal faktörler de etkilidir (Ukponmwan 1993, Satsumoto ve ark. 1997,<sup>1</sup>).

Bir tekstil malzemesinin termal direnci, malzemenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkının, birim alandan gerçekleşen ısı akışına oranı olarak tanımlanır (Holcombe ve Hoschke 1983). Malzemenin herhangi bir noktasındaki ısı akışının büyüklüğü, termal dirençle ters orantılıdır yani direnç ne kadar fazla ise ısı transferi o denli azdır.

S.I. birim sisteminde termal direnç ( $K m^2 W^{-1}$ ) ile gösterilir. Termal direncin yaygın kullanılan iki birimi ise tog ve clo' dur.

Tog, tekstil malzemesinin iki yüzü arasındaki  $^{\circ}C$  cinsinden sıcaklık farkının ısı akışına oranının 1/10'udur. Bu ifade, Eşitlik 2.31'daki gibi ifade edilebilir:

$$1 \text{ tog} = 0.1 \text{ } ^{\circ}C m^2 W^{-1} \quad (2.31)$$

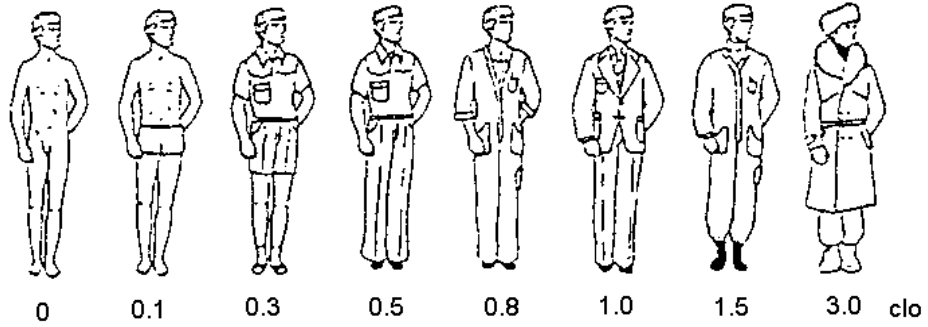
$1 W / m^2$  oranla hareket edecek ısı enerjisi açığa çıkartmak için  $^{\circ}C$  cinsinden sıcaklık farkına ihtiyaç duyan termal direnç, fiziksel büyüklük olarak termal ohm ( $T\Omega$ )' dur.  $T\Omega$ , herhangi bir mühendislik uygulamasında gerekli olan ısıtma miktarına ulaşmak için kullanılması gereken yalıtım değeridir ve ilk olarak 1912 yılında Randolph tarafından hesaplamalarda kullanılmıştır.  $T\Omega$  ifadesinin giysilik sistemlerde karşılığı ise tog' dur. Giysilik kumaşların sıcak tutma kapasiteleri tog ile değerlendirilir. Tog değeri arttıkça sağlanan termal yalıtım artacaktır. Örneğin, tipik gömleklik kumaşların termal direnci 0,1 tog, klasik takım elbiselik veya süeterin direnci 1 tog' dur (Hollies ve Fourt 1970, Ukponmwan 1993).

Clo,  $21^{\circ}C$  sıcaklık, %50 bağıl nem ve 0.1 m/s 'lik hava hareketi olan bir odada dinlenme durumundaki (1 met'lik ısı üreten) bir kişinin konforlu kalabilmesi için giysinin sahip olması gereken termal direncidir. Gagge ve ark.'nın (1941) yaptıkları çalışmada clo, giysilik kumaşların doğal termal

<sup>1</sup> [http://en.wikipeida.org/wiki/Thermal\\_conductivity](http://en.wikipeida.org/wiki/Thermal_conductivity)

dirençleri olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmaya göre, dinlenen bir insanın ürettiği 50 kcal / m<sup>2</sup>h 'lik (1 met) metabolik ısının yaklaşık 38 kcal / m<sup>2</sup>h 'lik kısmı (3/4'ü) giysi içinden geçerek kaybedilmektedir. Yeterli havalandırmaya sahip bir odada çevre sıcaklığı 21<sup>0</sup>C (70<sup>0</sup>F), ortalama deri sıcaklığı 33<sup>0</sup>C (91<sup>0</sup>F) olarak kabul edilirse, 12<sup>0</sup>C'lik ısı farkının deri ile hava tabakası arasındaki 38 kcal / m<sup>2</sup> 'lik ısı transferine oranı 0.32 <sup>0</sup>C m<sup>2</sup> sa / kcal'lik ısı transfer katsayısı verir. Bahsi geçen çalışmaya göre, bu değer yaklaşık 0.14<sup>0</sup>C m<sup>2</sup> sa / kcal' lik kısmı giysi katının hemen üzerindeki hava tabakasından, 0.18 <sup>0</sup>C m<sup>2</sup> sa / kcal' si ise giysinin kendisi tarafından sağlanmaktadır. Bu sebeple, 0.18 <sup>0</sup>C m<sup>2</sup> sa / kcal değeri 1 clo' luk yalıtım değeri olarak kabul edilmiştir (Goldman 1977).

1 clo, 1.55 tog'a yani 0.155 <sup>0</sup>C m<sup>2</sup> W<sup>-1</sup> 'e eşittir. Değişik giysi tiplerinin clo cinsinden termal dirençleri Şekil 2.9'da örneklenmiştir.



**Şekil 2.9.** Klasik giysi tiplerinin termal direnç değerleri (The Science of Clothing Comfort, p. 57, Li, 2001)

Giyim esnasında giysi katına daima bir hava tabakası eşlik ettiğinden, iç ortamda hava tabakasından kaynaklanan 0.8 clo'luk direnç değeri de toplam yalıtıma eklenmelidir. Bu değer, çoğu giysi sisteminde toplam yalıtımın yarısından fazlasını hava tabakasının sağladığını göstermektedir. Lifli malzemeler, hacimlilikleri sayesinde yüksek hacimde hava hapsedme kapasiteleriyle bu amaca mükemmel hizmet ederler. Diğer bir deyişle, tekstil esaslı termal bir yalıtıcı en fazla hava hapsedme kapasitesine sahip olandır; lifin termal yalıtıma katkısı ikincil seviyededir. Birden fazla katmandan oluşan bir giysi, katmanlar arasına daha fazla hava hapsedildiği için, tek katlı bir giysiye



göre daha yüksek bir yalıtım değeri sağlar. Diğer yandan, dış ortamda havadan dolayı yalıtım sabit olmayıp rüzgar hızına bağlıdır. Rüzgar hızının artması termal yalıtımı olumsuz yönde etkiler. Kumaşın dış yüzeyindeki ve içindeki izafi olarak hareketsiz, durgun havayı uzaklaştırmak termal yalıtkanlığı değerinin düşmesine neden olur. Hava tabakasının değişik rüzgar hızlarında sahip oldukları clo değerleri Çizelge 2.4'te görülmektedir. (Özipek ve Sadıkoğlu 1999, D'Silva ve Anand 2001, Önder ve Sarier 2003, Kaplan ve Okur 2005)

**Çizelge 2.4.** Hava tabakasının termal direnç değerleri

| Rüzgar Hızı (m/s) | Clo  |
|-------------------|------|
| 0,34              | 0,85 |
| 0,4               | 0,8  |
| 0,57              | 0,7  |
| 0,85              | 0,6  |
| 1,37              | 0,5  |
| 2,39              | 0,4  |
| 4,85              | 0,3  |
| 11,9              | 0,2  |
| 22,7              | 0,15 |
| 51                | 0,1  |

KAYNAK: D'Silva ve Anand, 2001

Stuart ve Denby (1983), hava hareketi hızının değiştiği koşullarda giysilerdeki ısı ve su buharı transferi mekanizmalarını inceledikleri çalışmalarında, örtünmüş vücut çevresindeki hava akışının giysi yüzeyinde basınç farkına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Eğer giysi içinde (vücut çevresinde) basınç sabit ve giysi içine ya da dışına doğru akış yoksa, o zaman bazı noktalarda giysi dışındaki basınç değeri içerideki yüksek, bazı noktalarda düşük olur. Eğer giysinin hava geçirgenliği var ise, bu basınç farkı giysi içinden gerçekleşen hava akışını etkiler. Eğer hava akışı, basınç farkı ile orantılı ise net toplam akışın sıfır olmaması için giysi içindeki basınç değeri dışarıdaki ortalama basınca eşit olmalıdır. İçeriye doğru olan akış, deriye daha serin ve kuru hava taşırken dışarıya taşınan hava deri sıcaklığında ve derinin denge şartlarında izin verdiği ölçüde nemli olacaktır. Deri, genellikle çevreden daha sıcak ve nemli olduğu için ısı ve su buharı kaybı gerçekleşecektir. Bu sayede giysiye eşlik eden hava tabakası üzerinde rüzgarın etkisi ısı kaybı olarak kendini gösterir.

Schacher ve ark.'nın (2000) klasik ve mikrolif polyester kumaşların termal yalıtım ve termal özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmasında, rüzgar hızı ile kumaşlardan gerçekleşen ısı kaybı arasında ilişki olduğu, sıkı kumaşlar veya sık dokulu yada ince lifli kumaşların hava geçişini zorlaştırarak ısı kaybını azaltacağı, kumaşlar ıslakken de hava akış hızı ile ısı kaybı arasında ilişki olduğu ve aynı hız değerinde ıslak kumaşın daha fazla ısı kaybı verdiği bulunmuştur.

Giysilerin termal direnci üzerine yapılan araştırmalar, kuru veya çok düşük miktarda su ihtiva eden kumaşların termal direncinin kalınlığa bağlı olduğunu göstermiştir. Kumaş konstrüksiyonu ve lif iletkenliğinin etkisi çok daha azdır. Bir kumaş, hangi lif tipinden imal edilmiş olursa olsun yeteri derecede kalın ise istenen değerde termal yalıtımlığa sahip olabilir (Holcombe ve Hoschke 1983, Schneider ve Hoschke 1992, Özipek ve Sadıkoğlu 1999).

Lif tipi, örgü ve diğer yapısal özelliklerinden bağımsız olarak tüm konvensiyonel kumaş tipleri için 1.6 clo/cm veya 4 clo/inç termal iletkenlik değeri verilebilir (Goldman 1977).

Morris (1953), aynı kalınlıktaki iki kumaş arasında düşük yoğunlukta olanın daha iyi termal yalıtıma sahip olacağını; ancak kritik bir yoğunluk değerinin (0.06 g/cm<sup>3</sup> civarı) altında taşınım ile ısı transferinin etkisini arttıracığını ve termal yalıtımın kötüleşeceğini ifade etmiştir. Yine Morris'e göre kumaşların termal direnç ve gramajları arasında belirli bir ilişki yoktur ama gramajdaki artış kumaşların yalıtım özelliğinde zayıf ta olsa bir iyileşmeye sebep olmaktadır (Ukponmwan 1993).

Kumaş gibi gözenekli malzemelerde boşluğu dolduran akışkanın termal iletkenliği, yalıtımı belirleyen önemli bir unsurdur. Bu akışkan hava ise, havanın çok düşük ısı iletim özelliği nedeniyle iyi bir yalıtım efekti elde edilir. Eğer boşluklar yüksek bir termal iletkenlik katsayısına sahip su ile doldurulursa malzemenin termal yalıtımı kötüleşecektir. Boşluğun lifler tarafından doldurulması taşınım ile ısı kaybını daha da azaltarak termal yalıtımı iyileştirir. Çok düşük bir lif yoğunluğundan başlayarak yoğunluk gittikçe arttırılırsa termal yalıtım da bir maksimum değere kadar artar ve bu değerden sonra arttan

yoğunlukla birlikte azalmaya başlar (Ukponmwan 1993, Özipek ve Sadıkoğlu 1999).

Birden çok kumaşın kombinasyonundan oluşan bir giysi sisteminde toplam termal direnç Eşitlik 2.32 ile hesaplanabilir (Hes ve ark. 1996):

$$R_t = \frac{h_t}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (2.32)$$

Eşitlik 2.32’de  $h_t$  giysi sisteminin toplam kalınlığıdır.

Holcombe ve Hoschke’nin (1983) iç giyim kullanımına uygun kumaşların termal direnç ve kalınlıkları arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada, düşük yoğunluklu kumaş yapılarının termal direncinin özellikle kumaş kalınlığı ile belirlendiği, lif tipi ve kumaş konstrüksiyonu gibi parametrelerin az ama ayırt edici etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan 31 farklı örme kumaş numunelerinin BS 4745’e göre ölçülen termal direnç değerleri ile kalınlıkları arasında korelasyon katsayısı 0.976 olarak bulunmuştur.

### 2.4.3. Giysi ve Kumaşlarda Termal Temas Hissi

İnsan vücudunun giysi ve kumaşlarla dinamik temas halinde olmasından dolayı durağan halde yapılan termal iletkenlik ve termal direnç gibi ölçümler, termal konforu belirlemede yetersiz kalır. Vücut ile giysi arasındaki dinamik veya geçici termal temas, gerçek kullanım koşullarını tanımlar

Tekstil kumaşı vücutla temas ettiğinde, vücuttan genellikle daha düşük sıcaklıkta olan kumaşa doğru denge hali oluşuncaya kadar ısı akışı olur ve bu akış deri sıcaklığını düşürür. Isı akışına bağlı olarak derideki termoreseptörlerin algıladığı sıcaklık değişimi oranı veya toplam sıcaklık değişimi “sıcak” yada “soğuk” termal temas hissi uyandırır. Isı akışı ne kadar fazla olursa hissedilen his o kadar “soğuk”tur. Bu his, kullanıcının kumaş ile ilk teması anında edindiği izlenimi ve tüketici tercihini belirlemesi yanında, günümüzde kumaşların düşük mekanik zorlamalar altındaki davranışları ile beraber tutum değerlendirmesinde kullanılmaya başlanması açısından oldukça önemlidir (Ukponmwan 1993, Tzanov ve Hes 2000)

Giysilerin verdiği sıcak yada soğuk hissinin hangisinin daha iyi olduğu, kullanıcı beklentilerine bağlıdır. Sıcak iklim bölgelerinde soğuk hissi veren giysiler (örneğin pamuklu), Kuzey Avrupa gibi soğuk bölgelerde ise sıcak hissi veren giysiler (örneğin polyester/yün karışımı) tercih edilir (Hes 1999).

Giysi ve kumaşların termal temas hissini değerlendirmek, yüzey sıcaklığını belirlemek değil temas anında deri sıcaklığındaki azalmanın oranını veya miktarını ifade etmek demektir. Bu hissi belirleyen en önemli özellik kumaş yüzey yapısıdır çünkü yüzey yapısı, vücut ile kumaş arasındaki temas alanını belirlemektedir. Vücutla tekstil malzemesi arasındaki düşük temas alanı, deri sıcaklığının değişimi oranının yavaşlamasına neden olur. Diğer etkenler kumaş yoğunluğu, lifin nem içeriği ve spesifik ısısıdır. Bu konudaki bir diğer yaklaşım, vücutla kumaş arasındaki temas belirlemek olmuştur. Temas katsayısı, kumaşın termal iletkenliği ve termal kapasitesinin çarpımının karekökü ile orantılıdır. Kumaşın termal kapasitesi de kumaş yoğunluğu ile lifin spesifik ısısının çarpımı ile orantılıdır. Dolayısıyla termal iletkenlik, kumaş yoğunluğu ve spesifik ısı termal teması belirleyen faktörler olmaktadır ve bu üç faktör ne kadar yüksekse temas esnasında vücuttan kumaşa doğru olan ısı akışı o denli fazladır ve kumaş daha soğuk hissi verir. Holcombe ve Schneider (1988), termal iletkenlikleri, spesifik ısıları ve yoğunlukları birbirine yakın liflerden üretilmiş kumaşların termal eylemsizlikleri ile birbirlerinden ayrılacağını, termal eylemsizliğin de kumaş paketleme yoğunluğuyla belirleneceğini ifade etmişlerdir. Örneğin tüylü kumaşların termal eylemsizlikleri düşüktür ve vücutla temas ettiğinde sıcak his verirler (Ukponmwan 1993).

Schneider ve ark. 'nın (1996) yün ve polyester kumaşlarla temas ettirilen 20 deneğin deri sıcaklıklarını ölçtükleri çalışmalarında, deri sıcaklığının yün kumaşla temas ettirilince daha hızlı düştüğü ve temastan sonra daha yavaş toparlandığı görülmüştür. Ölçümler, 20 – 28 °C ve %10 – 90 bağıl nem değerleri arasında tekrarlanmış ve her klima şartında yün kumaş daha soğuk his vermiştir.

Li ve ark. (1993), yün ve polyester dokuma kumaşların yüzey sıcaklıklarını kolla 5 saniye temas sonrasında ölçtükleri çalışmalarında ise polyester kumaşın yüzey sıcaklığındaki artışın daha fazla olduğu görülmüştür.

Simültane olarak deri sıcaklığında ise yün kumaşla temas esnasında daha büyük düşüş ölçülmüştür. Deri ve kumaş sıcaklıkları değişimi arasındaki bu fark, yün ve polyester liflerinin nem desorbsiyon özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Yün kumaş, temas öncesinde çevreden daha fazla su absorblamakta, temas esnasında da daha fazla su desorblamaktadır. Temas kesildiğinde yün kumaş yine daha fazla su absorblayacak ve sıcaklık düşüşündeki oran azalacaktır. Polyester kumaşta ise sorbsiyon-desorbsiyonun sıcaklık üzerine etkisi ihmal edilebilir. Bu durum, soğuk temas hissinin higroskopik liflerle sağlanacağını göstermektedir. Deri sıcaklığındaki düşüş oranı, temas anındaki sübjektif kuruluk hissini de etkilemektedir.

Li ve ark. (1996), deri sıcaklığındaki değişim oranının nem desorbsiyon oranı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Nem desorbsiyonu ise lif higroskopisitesi ile lineer ilişkilidir, ayrıca lif çapı ile negatif ilişkidir. %20 – 80 bağıl nem değerleri arasında nem desorbsiyonu ile ortamın bağıl nemi arasında pozitif ilişki varken çevre sıcaklığı ile negatif ilişki vardır.

Li ve Brown, sübjektif soğuk temas hissinin kumaş gözenekliliği, lif çapı ve lif tüylülüğü ile negatif ilişkide olduğunu göstermişlerdir (Li 2001).

Sıcak-soğuk hissi, sayısal olarak Yoneda ve Kawabata (1982) tarafından incelenmiştir. Bu amaçla termal temasın objektif olarak değerlendirildiği “Thermo-Labo” cihazını geliştirmişlerdir. Thermo-Labo, kumaşların içinden gerçekleşen enerji dağılımını (ısı ve nem akış oranı) kullanarak sıcak-soğuk hislerini karşılaştırır. Yoneda ve Kawabata, bu geçici termal karakteristiğin bir ifadesi olarak “maksimum temas ısı akışı -  $q_{max}$  (W / m<sup>2</sup>)” değerini türetmişlerdir.  $q_{max}$ ; temas süresine bağlı olarak önce artan sonra durağan/sabit hale gelen ısı akışının, maksimum olduğu bölgeyi incelemektedir. Bir kumaşın maksimum temas ısı akış değeri, ne kadar kısa sürede ne kadar yükseğe ulaşırsa, kumaş o denli soğuk hissi verir. Cihaz sıcak-soğuk hissini, iki tabakalı bir sistemde daha sıcak olan kattan diğerine olan ısı akışının 0.2 saniyede maksimuma ulaştığını kabul eden matematiksel bir modelle kumaştan ölçülen ısı akışını (enerji dağılımı) ilişkilendirerek ölçer. Cihazda insan vücudu olarak içi boş, sıcak metal levha kullanılır. Sıcak levhanın belirli bir sıcaklığa ulaşması için harcanan Watt

cinsinden elektrik tüketimi (üzerinde kumaş varken ve yokken) belirlenmekte ve bu iki değer kumaş için oranlanmaktadır.

Thermo-Labo'da ölçümler dört teknikle yapılabilir ve bu sayede kumaşın ıslak ve kuru hali için ısı ve nem iletimi özellikleri ile termal yalıtım değeri de belirlenebilir (Hansraj ve ark. 1998):

1. Kuru temas: Numune sıcak levha ile direkt temas halindedir.
2. Kuru boşluklu temas: Numune sıcak levhaya 5 mm. mesafede tutulur.
3. Islak temas: Sıcak levha ile numune arasına ıslak ara bezi konur.
4. Islak boşluklu temas: Islak ara bezi ile numune arasında 5 mm. boşluk vardır.

Radhakrishnaiah ve ark. (1993), pamuk/polyester karışım ile pamuk (dış)/polyester (öz) corespun iplikten yapılmış özdeş dokuma kumaşların termal temas davranışlarını Thermo-Labo ile ölçmüş ve corespun iplikten yapılan kumaşın daha yüksek  $q_{max}$  değeri (daha soğuk temas hissi) verdiğini bulmuşlardır. Kuru ve ıslak temas tekniklerine göre yapılan ölçümler sonucunda, corespun iplikten yapılan kumaşın kuru halde daha az, ıslak halde daha çok ısı ilettiği ve daha az termal yalıtım değerine sahip olduğu görülmüştür.

Kawabata'nın fikirlerinden yola çıkan ve iki homojen ve yarı-geçirgen katı yüzey arasındaki ideal teması model alan Hes, soğuk-sıcak hissini değerlendirmek üzere termal absorbtivite ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) değerini geliştirmiştir.

Termal absorbtivite; aralarında sıcaklık farkı bulunan ve sonsuz termal kapasiteye sahip olduğu kabul edilen insan vücudu ile sınırlı termal kapasiteye sahip kumaş arasında, kısa süreli temas anında meydana gelen ısı akışı olarak tanımlanır. Isı akışı yüksek ise kullanıcının algıladığı temas hissi soğuk olacaktır (Hes 1999, Hes 2000b, Tzanov ve Hes 2000)

$T_1$  sıcaklığına sahip insan vücudu ile  $T_2$  sıcaklığına ve  $(\rho c)$  ( $J/m^3$ ) termal kapasiteye sahip kumaş arasında, (t) temas süresi ve (a) termal difüzyon ( $m^2/s$ ) altındaki sıcaklık farkının dağılımı Eşitlik 2.33'deki diferansiyel denklem ile verilir:

$$\left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \quad (2.33)$$

Eşitlik 2.33, Eşitlik 2.34'te görülen dinamik ısı akışının  $q_{din}$  bulunmasında kullanılır:

$$q_{din} = b(T_1 - T_2) / (\pi\tau)^{1/2} \quad (2.34)$$

ve Eşitlik 2.35'ten termal absorbtivite değeri bulunur:

$$b = (\lambda\rho c)^{1/2} \quad (2.35)$$

Kuru kumaşların termal absorbtivite değerleri, 20-300  $Ws^{1/2}/m^2K$  arasında değişir. Bir kumaşın termal absorbtivite değeri arttıkça verdiği his "daha soğuk" olarak ifade edilir; Yapılan çalışmalarda en düşük termal absorbtivite değerleri (en sıcak), polyester mikroliflerden yapılmış nonwoven astarlarda elde edilmiştir. Değişik tip kumaşların termal absorbtivite değerleri Çizelge 2.5'te verilmiştir (Hes 1999, Hes 2000a).

Hes (2000b), kumaşların sıcak /soğuk hissini değerlendirmekte termal absorbtivitenin geçerliliği üzerine yaptığı çalışmasında, her biri ayrı lif tipinden, bezayağı örgülü ve benzer kalınlık ve gramaja sahip dokuz ayrı kumaşın Alambeta cihazı ile ölçülen termal absorbtivite değerlerini, yaklaşık 100 kişinin yaptığı sübjektif değerlendirme sonuçlarıyla karşılaştırmış; sıcak/soğuk hissin sübjektif değerlendirmesi ile objektif termal absorbtivite sonuçları arasında 0.9'luk korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki bulmuştur. Hes'in (2002) 16 farklı hayvan kürkünün termal direnç, termal iletkenlik ve termal temas hissini incelediği bir diğer çalışmasında, 20 denek kürklerin verdiği sıcak/soğuk hissini 2 saniyelik temas sonrasında sübjektif olarak değerlendirmiş, kürklerin ölçülen termal absorbtivite değerleri ile sübjektif değerlendirmeler arasındaki Spearman sıralama katsayısı 0.62 olarak bulunmuştur.

Termal absorbtivite değeri; kumaş yapısı, kompozisyonu, yüzey özellikleri ve gördüğü kaplama, şardon, zımpara gibi bitim işlemlerden etkilenmektedir (Hes 1999).

Sıcak-soğuk hissinin bir diğer önemli özelliği, kumaş ıslandığında bu hissin değişmesidir. Çünkü termal iletkenliği ve termal kapasitesi tekstil liflerinden ve kumaş bünyesindeki havadan oldukça yüksek olan su kumaş yapısına katıldığında, kumaş vücuttan çok daha fazla ısı absorblar. Bu durum yaygın olarak konforsuzluk olarak nitelendirilir. Islak kumaşların termal absorbtivite değerleri kuru hallerine nazaran oldukça yüksektir (Hes 1999).

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

| <b>Termal absorbtivite</b><br>$Ws^{1/2}/m^2K$ | <b>Kumaş tipi</b>  |
|---|--|
| 20 – 40                                       | Mikrolif veya ince liflerden mamul nonwoven astar                                  |
| 30 – 50                                       | Düşük yoğunluklu şardonlu polyester örmeler, iğnelenmiş hafif polyester tülbentler |
| 40 – 90                                       | Sentetik (PAN) veya tekstüre filament ince örmeler,                                |
| 70 – 120                                      | İnce pamuklu örmeler, şardonlu ince yün veya yün/polyester dokumalar               |
| 100 – 150                                     | İnce pamuk veya viskon örmeler, pamuklu bez dokumalar                              |
| 130 – 180                                     | İnce bitim işlemi görmüş pamuklu örmeler, şardonlu ince pamuklu dokumalar          |
| 150 – 200                                     | Pürüzlü yüzeyli yün veya yün/polyester bez dokumalar                               |
| 180 – 250                                     | Pürüzlü yüzeyli kalıcı presli pamuk/viskon kumaşlar, kalın mikrolif örmeler        |
| 250 – 350                                     | Reçine apreli gömleklik kuru pamuklu kumaşlar, yüzeyi düzgün kalın yün dokumalar   |
| 300 – 400                                     | Kuru viskon veya Lyocell veya ipek kumaşlar, yüzeyi düzgün ham denim kumaşlar      |
| 330 – 500                                     | Nemli pamuk/PP veya pamuk/özel polyester, vücuda yakın kullanılan kumaşlar         |
| 450 – 650                                     | Islak haldeki ağır dokumalar (denim) veya ıslak Coolmax örmeler                    |
| 600 – 750                                     | Tamamen ıslak pamuk veya polyester/pamuk veya mikrolif örmeler                     |
| >750  | Islak haldeki diğer dokuma veya örme kumaşlar                                      |
| 1600  | Sıvı su  |

**Çizelge 2.5.** Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi

KAYNAK: Hes 2000b, Hes 2002

#### 2.4.4. Giysi ve Kumaşlarda Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki yüzü arasında belirli bir basınç farkı bulunduğunda birim kumaş yüzeyinden geçen hava akımının hacmi olarak tanımlanır. Daha teknik bir tanımla, manometrede 10 mm'lik bir yükseklik



farkına neden olacak basınçta  $100 \text{ mm}^2$ lik bir alandan bir saniyede geçen hava hacminin  $\text{mm}^3$  olarak ifadesidir. Hava geçirgenliği, kumaş yapısından en çok etkilenen kütle transfer özelliğidir. Yoon ve Buckley'in (1984) hava geçirgenliğini kumaş yapısıyla ilişkilendirdikleri modele göre, hava akışı bilhassa iplikler arası gözeneklerden gerçekleşmektedir ve bu gözenekler kumaş yüzeyine dik durumdaki silindirik boşluklardır (Taraftar 1995, Kaplan ve Okur 2005).

Kumaş içinden olan hava hareketi viskozik sürüklenmeye bağlıdır; bu nedenle örgü sıkılaştıkça hava geçirgenliği oldukça azalır. Bunlara ek olarak sıkı dokunan kumaşlarda, hava geçirgenliği ile kumaş gözenekliliği arasında kuvvetli bir ilişki vardır ama gevşek dokulu kumaşlarda bu ilişki zayıftır. Kumaş tabakası içinden geçen hava miktarını belirleyen kumaş yüzeyleri arasındaki basınç farkı, hava hızı ile ilişkilidir; bu ilişki, özellikle düşük hızlarda çok daha kuvvetlidir (Satsumoto ve ark. 1997, Zhang ve ark. 2001, Militky ve ark. 2003).

Hava geçirgenliği, daha çok dış giysilik olarak kullanılan mamuller, çadır bezi, uyku tulumu, battaniye ve diğer koruyucu giysiler için büyük öneme sahiptir. Hava geçirgenliği, rüzgar direncinden farklı bir kavramdır; rüzgar direncinde mamulün yüksek hızdaki hava karşısında gösterdiği davranış incelenirken hava geçirgenliğinde sabit veya düşük hızdaki havanın materyal içindeki geçi söz konusudur (Kaplan ve Okur 2005).

Bir kumaşın hava geçirgenliği, konfor özelliğini bir çok şekilde etkiler. İlk olarak, havayı geçirgen olan bir malzeme genel olarak buhar veya sıvı fazda suyu da geçirir; bu nedenle su buharı geçirgenliği ve sıvı su iletim özelliği hava geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. İkinci olarak, bir kumaşın termal direnci ile üzerindeki durağan hava tabakası arasında kuvvetli ilişki vardır ve hava tabakası kumaş hava geçirgenliğinden etkilenmektedir. Yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaşlar, rüzgarlı ortamda konveksiyonla daha fazla ısı kaybederler.

Zhang ve ark. (2001)'in, giysilerin hava geçirgenliğinin egzersiz süresince vücudun termal dengesini kurmasına olan etkisini inceledikleri çalışmalarında, 19 – 25 yaş grubunda 23 bayan denek hava geçirgenlikleri farklı ( $19 \text{ cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$  ve  $138 \text{ cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$ ) ve her biri iki parçadan oluşan pamuk giysileri sırayla

giyerek, kontrollü klima ortamında 2,5 saat dinlenme ve 1 saat hafif egzersizden oluşan programı uygulamışlar; program süresince de rektal ve deri sıcaklıkları ile giysi üzerindeki mikroklimanın bağıl nemi ve giysinin yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. Deneklerin program öncesi ve sonrası tartılmalarıyla kütle kayıpları tespit edilmiştir. Egzersiz ve ölçümler, rüzgarsız ve 1.5 m/s rüzgar hızı altında tekrarlanmıştır. Çalışma sonucunda, rüzgarsız ortamda egzersiz sebebiyle görülen rektal ve deri sıcaklıklarındaki değişimler üzerine hava geçirgenliğinin etkisi görülmezken, rüzgarlı ortamda hava geçirgenliği yüksek giysiyi giyenlerin deri sıcaklıklarının çok daha düşük olduğu bulunmuştur. Aynı eğilim, mikroklimanın bağıl nemi ve giysinin yüzey sıcaklıklarında da görülmüştür. Bu giysi ile egzersiz yapıldığında, daha düşük ter üretimine işaret eden daha az kütle kaybı tespit edilmiştir.

Larose (1947), giysi sistemlerinin hava geçirgenliği, rüzgar hızı ve termal direnci üzerine yaptığı çalışmasında, rüzgar hızındaki artıştan kaynaklanan termal dirençteki gerilemenin, yüksek hava geçirgenliğine sahip sistemlerde daha fazla olduğunu göstermiştir (Hollies ve Fourt 1970).

Goodings (1964), giysilerdeki hava akışı mekanizmasını hidrodinamik akış açısından incelemiş ve hava akışının laminar ve türbülanslı olduğunu bulmuştur. Hava akışının özellikleri, kumaştaki gözeneklerin boyutlarının çok geniş bir aralıkta değişmesinden etkilenmektedir ve geçirgen kumaşlar içinden olan hava akışındaki değişimler, logaritmik bağıntıyla formüle edilebilmektedir. Çoğu kumaşta hava akışının yönündeki ani değişimler, türbülanslı akışın oluşmasına sebep olmaktadır (Hollies ve Fourt 1970).

Epps ve Lehonas (1997)' in dokuma kumaşlar üzerine yaptığı çalışma, hava geçirgenliğinin minimum gözenek boyutuyla yüksek korelasyon verdiği, ayrıca kumaş örtme faktörüyle ilişkili olduğunu göstermiştir.

Olsauskiene ve Milasius (2001), %100 polyester kumaşlardan üretilen hava filtreleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında, hava geçirgenliğinin filtre amaçlı kumaşların önemli parametrelerinden biri olduğuna değinilmiş; bu tür teknik tekstil kumaşların hava geçirgenlikleri ile kumaş yapısal özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Farklı numaralarda multifilament polyester

ipliklerden, farklı sıklıklarda dokunan bezayağı örgülü kumaşlarla yapılan çalışmada hava geçirgenliğinin bağıl gözenekli alan yüzdesi arttıkça arttığı, sıklık faktörü arttıkça ile azaldığı görülmüştür. İplik bükümünün ve kat sayısının hava geçirgenlik üzerine etkisi bulunmamıştır.

Militky ve ark. (2003), dokuma kumaşların hava geçirgenliklerini yapay sinir ağı yöntemiyle tahminlemeye çalışan bir program yazmışlar ve kumaşların hava geçirgenliklerini tahminlemek için iplik düzgünlüğü ve atkı – çözgü sıklıklarını veri olarak kullanmışlardır. Program, ölçülen ve tahminlenen hava geçirgenlikleri arasında yüksek korelasyon vermiştir.

#### 2.4.5. Giysi ve Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği

Terin buharlaşarak deriden uzaklaşması ve böylece faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesi konforlu hissetmenin gereğidir. Bazı durumlarda, ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından düşük olabilir; vücut üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği konforsuzluk olarak algılanır; bu nedenle konforlu bir giysi yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olmalıdır. Genellikle pamuklu mamuller için kullanılan “nefes alabilen” kumaş tabiri suyun buhar fazındaki hareketliliğinden kaynaklanmaktadır. Su buharı, giysi içinden etkili bir biçimde iletilmezse deri yüzeyinde bağıl nem değeri artmaya ve kullanıcı ıslaklığı hissetmeye başlar. Yüksek su buharı geçirgenliğine sahip kumaşlar, kullanım esnasında terleme ve buharlaşmadan kaynaklanan soğuma efektine yardımcı olur. Ayrıca soğuk iklimlerde yüksek su buharı geçirgenliği, giysilerde su birikmesini önlemek veya azaltmak için önemlidir (Gibson 1993, Tarafdar 1995, Zhang ve ark. 2001).

Tekstil kumaşlarının su buharı geçirgenliği 1. Fick Kanununa göre Eşitlik 2.36'teki gibi ifade edilebilir:

$$Q_w = D \frac{\Delta C}{L} \quad (2.36)$$

Burada,  $Q_w$  su buharı iletimi oranı,  $D$  kumaş kalınlığı boyunca su buharının difüzyon katsayısı,  $\Delta C$  su buharı konsantrasyon farkı,  $L$  kumaş kalınlığıdır (Kaplan ve Okur 2005).

Su buharı iletimi, kumaş tabakasının çevresinde oluşan buhar basıncı farkı sayesinde ortaya çıkar. Buhar basıncı farkı, aynı zamanda su buharı konsantrasyonu farkına işaret etmektedir. Su buharının, kumaş içinden olan hareketliliği büyük oranda kumaşın mikro gözenekli yapısına bağlıdır ve bu yapıyı değiştiren her işlem, kumaş ve giysilerin su buharı geçirgenliğini değiştirir. Su buharı iletimi, iplikler arası hava gözeneklerinin oluşturduğu bir özelliktir. Gözenek büyüklüğü iplik çapından, iplik çapı da lif kompozisyonundan etkilendiğinden su buharı geçirgenliğinin kumaş bünyesindeki liflerin nem alma özelliğinden etkilendiği düşünülür. Bir kumaş, bilinen çevresel şartlara bırakıldığında yoğunluk, gözeneklilik, kalınlık gibi parametreler özdeş olsa bile, su buharı geçirgenliği lif tipine göre büyük farklılıklar gösterebilir. Çünkü, kumaş tabakası çevresindeki buhar basıncı farkı, liflerin su buharı absorpsiyon özelliklerine bağlıdır. Lifler, kimyasal kompozisyonları ve yapılarına bağlı olarak su buharı absorblayacaktır. Su buharı absorpsiyon oranı yüksekse su buharı basıncı farkı değeri düşük, dolayısıyla toplam su buharı geçirgenliği de düşük olacaktır. Kumaştaki açıklıklardan gerçekleşen su buharı iletimi ise lif tipinden etkilenmemektedir. Benzer şekilde su buharı geçirgenliği kumaş yüzey özelliklerinden önemli şekilde etkilenmemektedir. İki kumaş tabakası arasındaki hava katmanının sıcaklığı, su buharı iletimi gerçekleşince artmaktadır. Bu artış, kumaşların su buharı absorpsiyonu oranı ile de ilişkilidir. Öte yandan, sıvı su kumaş ile temas halinde olduğunda (terlemede olduğu gibi), kumaş yüzeyinin ıslanabilirliği, kumaş tabakaları içinde gerçekleşen su buharı geçirgenliğini belirlemede etkili olmaktadır. Bu durumda, kılcallık özelliği önemli bir yer tutmaktadır (Yasuda ve ark. 1992, Tarafdar 1995, Li ve ark. 2002).

Yasuda ve ark.'nın (1992), polyester, akrilik, pamuk ve yünden yapılmış kumaşların geçici hallerdeki dinamik su buharı geçirgenliğini inceledikleri çalışmalarına göre lifler tarafından gerçekleştirilen su buharı absorpsiyonu ile

lifler arasındaki hava boşluklarından gerçekleşen su buharı iletimi aynı anda gerçekleşmektedir. Su buharı iletimi oranı ve miktarı da, kumaş tabakası çevresindeki maksimum su buharı basıncı farkı değerini belirlemektedir. Ancak kumaş yapısının aşırı sıkı dokulu olduğu durumda lif tipinin su buharı iletimine olan etkisi gözlemlenmemektedir. Kumaş katları, sıvı su ile temas ettirildiğinde ilk tabakanın kılcallık veya sıvı su absorblama kapasitesinin toplam su buharı geçirgenliğini belirleyen baskın faktör olduğu bulunmuştur.

Kumaşların su buharı geçirgenliğini belirleyen difüzyon katsayısı üzerinde sıcaklık ve basıncın etkisi vardır. Ruckman (1997) ve Yasuda (1983, 1986) yüksek rakımdaki gibi düşük sıcaklıklarda giysilerin su buharına karşı dirençlerinin arttığını bildirmişken, Fukazawa ve ark. (1999) ve Gibson (2000) ise yine yüksek rakımdaki gibi azalan atmosfer basıncı ile bu direncin azaldığını bulmuşlardır. Çevre sıcaklığı ve basıncının, giysilerin su buharı hareketine karşı dirençleri üzerine olan etkisi bir arada değerlendirildiğinde, basınçtaki değişimin etkisi daha baskın çıkmaktadır (Fukazawa ve ark. 2003). Su buharı difüzyon katsayısı, Eşitlik 2.37'deki gibi ifade edilir:

$$D = 2.20 \times 10^{-5} \left( \frac{T}{T_0} \right)^2 \left( \frac{P_0}{P} \right) \quad (2.37)$$

Burada D havadaki su buharı difüzyon katsayısı ( $m^2/s$ ), T sıcaklık (K), P basınç (Pa) ve  $T_0$ ,  $P_0$  da standart atmosfer şartlarındaki sıcaklık ve basınç değerleridir. Eşitlik 2.36, çevre basıncı ve sıcaklığı azaldığında su buharı difüzyon katsayısının arttığını göstermektedir. Su buharı direnci ise Eşitlik 2.38'deki gibi tanımlanabilir:

$$R_v = \frac{C_1 - C_2}{m} \quad (2.38)$$

Eşitlik 2.38'de  $R_v$  su buharı direnci (s/m),  $m$  birim alandan geçen su buharı kütlesinin difüzyon oranı,  $C_1$  ve  $C_2$  kumaş katının her iki yüzeyindeki su buharı konsantrasyonudur.

Kumaş üzerindeki durağan hava tabakasının kalınlığı  $d^*$  (m), su buharı difüzyon katsayısı ve su buharı direncinin bir fonksiyonu olarak;

$$d^* = R_v D \quad (2.39)$$

eşitliği ile verilir. Fukazawa ve ark. (1999 ve 2000),  $d^*$  değerinin, yoğuşmanın olmadığı şartlarda, su buharı direnci azalsa bile sabit kaldığını bulmuşlardır. Bu durum, su buharı direncindeki azalışın su buharı difüzyon katsayısındaki artışla karşılandığını göstermektedir. Ancak, su buharı direnci (veya  $d^*$ ) artan bağıl nemle azalmaktadır. Çünkü bu durumda higroskopik tekstiller bünyelerine su absorbe ederler. Giysilerde yoğuşmayı belirleyen faktörler ise giysi ve çevre arasındaki su buharı konsantrasyonu ve sıcaklık farklarıdır. Yüksek rakımda, azalan çevre sıcaklığı nedeniyle su buharı difüzyonuna karşı direnç ve doymuş su buharı konsantrasyonu düşer ve giysilerde yoğuşma artar (Fukazawa ve ark. 2003).

Umbach (1987), kumaşların yoğuşma gerçekleşmeden su buharını iletme kapasitesini değerlendirmek için (su buharına karşı) tamponlama indeksini geliştirmiştir. Tamponlama indeksi ( $K_d$ ), vücutta terleme meydana geldiği andan itibaren kumaş ve çevre arasındaki buhar basıncı farkının maksimum değeri ile bu değer elde edildiği terleme anından itibaren geçen sürenin bir fonksiyonudur ve  $K_d$  ne kadar yüksekse, kumaş içinden gerçekleşen buhar iletim oranı o denli yüksek olur (Yoo ve ark. 2000).

Yoo ve ark. (2000)'nin vücut sıcaklığındaki bir panel ısıtıcı üzerine yerleştirilen ıslak rayon/polyester dokusuz yüzey (terleyen insan vücudu) üzerine belirli bir hava tabakası olacak şekilde giydirilen kumaşların oluşturduğu sistemin buhar basıncı, sıcaklık ve tamponlama indeksini kontrollü laboratuvar ortamında ölçtükleri çalışmalarında, polyester kumaşların pamuk kumaşlardan daha yüksek tamponlama indeksi verdiği, hava tabakası kalınlığı arttıkça indeksin arttığı, kumaştaki açıklık oranı %60' geçince giysi sisteminin çıplak vücutla eşdeğer hale geldiği bulunmuştur.

Giysi tasarımındaki önemli hususlardan bir tanesi, insan teninde oluşan ter buharını dışarı atabilmesidir. Dinlenme durumunda olan bir insanın ürettiği yaklaşık  $15 \text{ g/m}^2\text{sa}$  civarında ter buharı giysinin çeşitli katlarından kolayca iletilir

çünkü normal giysiler bu düşük miktardaki su buharını uzaklaştırmaya yetecek geçirgenliktedir. Terleme esnasında, deri içindeki buhar konsantrasyonu bir buhar akışı üretecek şekilde artar ve bu şekilde buharlaşma ısı deriden giysiye doğru taşınmış olur. Buhar konsantrasyonu, doymuş buhar konsantrasyonunu aşmadığı sürece, buhar çevreye taşınmış olur. Doymuş buhar konsantrasyonu, sıcaklıkla belirlendiğinden buhar konsantrasyonu yanında sıcaklık farkı da önemli olmaktadır. Konfor ortamında buharlaşma oranı çok düşük olduğu için yoğuşma görülmez. Ancak yüksek metabolik aktivitelerde çalışma esnasında önemli miktarda ter üretilir ve buhar konsantrasyonu o derece artabilir ki giysinin bir yerinde doyum noktasını aşabilir ve o bölgede yoğuşma meydana gelir. Genellikle bir giysi sisteminin en dış katmanının geçirgenliği diğerlerine göre daha zayıf olduğundan yoğuşma, giysinin geçirgenliğinin zayıfladığı yerde meydana gelecektir (Lottens ve ark. 1995, Özipek ve Sadıkoğlu 1999, D'Silva ve Anand 2001).

Giysi içinde buharlaşmış terin yoğuşması konfor için önemli bir faktördür. Yoğuşma sonucunda, buharlaşma ile deriden alınmış olan ısı, yoğuşma ısı olarak serbest kalır. Bu ısı, giysi sisteminin sıcaklığı üzerinde etkilidir. Çünkü serbest kalan ısı, lokal sıcaklığı yükselmeye zorlar, bu sayede giysi çevresindeki sıcaklık farkı, deri ile yoğuşmanın gerçekleştiği nokta arasında azalma, bu nokta ile çevre arasında artış olacak şekilde değişir. Bu proses, yoğuşma noktasını değiştirebilir (Lottens ve ark. 1995).

Yasuda ve ark. (1994), sorbsiyon ısısının, kumaş katları arasındaki hava tabakasındaki sıcaklık artışını belirleyen baskın faktör olduğunu bulmuşlardır.

Yün ve pamuk gibi higroskopik lifler, rutubeti yüksek bir ortamda su buharı absorblarlar ve ısı açığa çıkartırlar. Bu lifler rutubeti düşük ortamda ise su buharı salıvererek ısıyı geri alırlar. Bu ısı (sorbsiyon ısı), lif ve su buharı molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden oluşan şişme ısı ve su buharının yoğuşmasından doğan ısının toplamıdır. 1.6 kg'lık bir yün kıyafetin, %35 bağıl nemden %77 bağıl nem içeren bir ortama çıkartıldığında meydana gelen ısı, insan metabolizmasının 1 saatte ürettiği ısının %60'ı kadardır. Ortamın rutubet değerindeki değişiminden dolayı yün kumaşların absorbsiyon veya desorbsiyon

mekanizmalarıyla meydana gelen ısı değişimleri, giysi kullanıcılarının termal dengesini de etkilemektedir. (McCullough ve ark. 1989).

Li ve ark. (1992)'nin higroskopik kumaşların giyim esnasında su buharı absorblama özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, oldukça higroskop olan yün lifinden yapılmış kumaşların, özdeş polyester kumaşlara nazaran egzersiz esnasında vücuttan daha fazla ter absorbladığı ve vücut ile giysi arasındaki mikroklimanın nem içeriğini daha fazla su buharı absorblayarak düşürdüğü görülmüştür. Barnes ve Holcombe (1996), sorbsiyon mekanizmasının meydana geldiği bir ideal kumaş modeli geliştirdikleri ve durağan çevre ve deri şartlarında kumaş hareketliliğinin sorbsiyon mekanizmasına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, su buharı geçirgenliği olan kumaşların, deriye doğru ileri-geri doğrultuda gerçekleşen hareketinin devir/dakika değeri arttıkça su buharı iletim oranının azaldığını bulmuşlardır.

Lotens ve ark. (1995), iç giyim-hava tabakası-dış giysiden oluşan giysi sistemi içindeki buhar transferi oranının sıcaklık ve toplam ısı transferine etkisi üzerine yaptıkları çalışmalarında, giysi sistemindeki toplam ısı kaybı üzerindeki temel faktörlerin dış giysi tabakasının su buharı geçirgenliği, derideki su buharı konsantrasyonu ve hava sıcaklığı olduğunu bulmuştur. Bu çalışmaya göre, düşük su buharı geçirgenliğine sahip giysilerdeki terleme, ısı dağıtımındaki en önemli faktördür. Ter, deri üzerinde buharlaşır, ısı taşır ve düşük geçirgenlikli dış giysi tabakasında yoğunlaşır. Açığa çıkan ısı ile giysi yüzey sıcaklığı ile çevreye olan kuru ısı kaybı artar. Yoğuşma mekanizması, çevreye buhar (ve gizli ısı) transferinin olmadığı bazı ortamlarda kompanse edici etki gösterir. Soğuk çevre şartlarında geçirgen ve geçirgen olmayan giysiler arasında ısı davranışı açısından neredeyse fark yoktur. Ancak geçirgen olmayan giysiler daha fazla nem toplar. Serin çevre şartlarında geçirgen ve geçirgen olmayan giysilerin konfor hisleri arasındaki fark, giyim süresi uzadıkça hissedilir olmaktadır. Yarı geçirgen giysiler, dinlenme anlarında iç giysilerin kurummasına müsaade etmektedir. Yoğuşma esnasında, giysilerin yalıtım özellikleri büyük farklılıklar göstermektedir.



Wang ve Li (2005), kumaş kalınlığı arttıkça su buharının ilerleyeceği kanal genişliklerinin artması sebebiyle buhar moleküllerinin difüzyonları esnasında daha fazla enerji ve zaman harcayacağını, ayrıca liflerin amorf bölgelerine girme olasılığının da artacağını, bu nedenle kalınlık artışının su buharı iletim oranını olumsuz etkileyeceğini ileri sürmüşlerdir.

Osczeviski'nin 1989 ve 1996'daki hidrofilye kaplama ve membran yüzeylerin nefes alabilirliği üzerine yaptığı çalışmalar, yüzeylerdeki bağıl nem değerinin arttıkça su buharı direncinin azaldığını, bir başka deyişle su buharı geçirgenliğinin veya nefes alabilirliğinin arttığını göstermiştir. Osczeviski'nin deneysel çalışmaları, su buharı direncinin sıcaklığın üssel fonksiyonu olduğunu ortaya çıkarmıştır. Deneysel olarak, hidrofilye bir film tabakasından  $-10^{\circ}\text{C}$ 'de ölçülen su buharı iletim oranının, oda sıcaklığında bulunan değerin %2'si kadar olduğu bulunmuştur (Bartels ve Umbach 2002)

Gretton ve ark. (1998), hidrofilye ve mikro gözenekli (nefes alabilir) lamineli veya kaplanmış tekstil yüzeylerinin su buharı geçirgenliklerini BS 7209 standardına göre içinde su bulunan ve üzerine numune yerleştirilmiş kaptan uzaklaşan su miktarına göre ölçtükleri çalışmalarında, kabın ısıtılmış halinde yapılan ölçümlerde bulunan buhar iletim oranının, ısıtılmamış hali için yapılan ölçümlerde bulunan değerden daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Mikro gözenekli poliüretan ve politetrafloretillen kaplamalı yüzeyler, pamuk T-shirt, polyester astar örgülü ve polyester astar kumaştan oluşan giysi sistemi ile beraber ölçüm yapıldığında ise bu sonuç görülmemiştir. Tek kat ölçümlerde, hidrofilye yüzeyin iki tarafında sıcaklık farkı oluşturulduğunda su buharı iletiminin arttığı bulunmuştur. Bu çalışmanın bir diğer sonucuna göre giysi sistemlerinde su buharı geçirgenliği, su buharı iletim özellikleri yanında termal direnç değerine de bağlıdır. Yüksek termal yalıtıma sahip bir giysi (polyester astar örgü), mikro gözenekli nefes alabilir bir dış tabaka ile beraber kullanıldığında daha düşük su buharı geçirgenlik değerleri ölçülmüştür. Bununla beraber, astar örgüden kaynaklanan yüksek iç yüzey sıcaklığı, mikro gözenekli yüzeydeki belirli buhar basıncı değerindeki bağıl nem değerini azaltacak ve yoğuşma daha az gerçekleşecektir.

#### 2.4.6. Giysi ve Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)

Terden kaynaklanan ıslaklık hissini ortadan kaldırılması için, giysiyi oluşturan kumaşın vücut yüzeyindeki teri buhar yoluyla uzaklaşmasına izin verir yapıda olması yanında, aktivite sonrası kumaşta biriken, vücutla temas halindeki sıvı teri de mümkün olduğunca dağıtarak uzaklaştırması gerekir. Konfor için istenen bu ter emicilik ve çabuk kuruma özellikleri, bir ağacın köklerindeki suyu en uçtaki yapraklarına kadar iletmesini sağlayan “kapılar (kılcal) kanal” doğa olayından esinlenerek geliştirilmiştir.

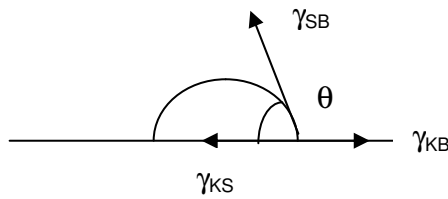
Terin uzaklaşması giysilerin gözenekliliğine ve kılcallık karakteristiğine bağlıdır. Kılcallık, “sıvının kapılar kuvvetler etkisiyle gözenekli bir yapıda kapılar kanallar içinden hareketliliği” olarak tanımlanabilir. Kılcallık için yapılan bir diğer tanım, “kumaşların kapılar akış oluşturma yeteneği” şeklindedir (Ghali ve ark. 1994, Kıssa 1996).

Sıvıların tekstil malzemeleri ile etkileşimi, lif yüzeyinin ıslanması, lif yapısına sıvının taşınması, lif yüzeyinde adsorbsiyon ve sıvının içteki liflere difüzyonu gibi bir çok fiziksel davranışı içerir. Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülür. ıslanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapılar 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 (kapılar basınç etkisiyle sıvı akışı) sonucudur. Tekstil liflerini ıslatmayan sıvılar, kumaş içinde yayılamaz. Kılcallık, kapılar boşlukları bir sıvı ile ıslatılan yapılarda görülür; bu nedenle ıslanma, kılcallık için ön şarttır (Kıssa 1996, Wong ve ark. 2001).

ıslanma, katı-hava (buhar) ara yüzeyinin katı-sıvı ara yüzeyiyle yer değiştirmesidir. Daha geniş bir tanımlamayla ıslanma, katı-sıvı veya sıvı-hava ara yüzeyinin sıvı-sıvı ara yüzeyi ve katı-hava ara yüzeyinin katı-katı ara yüzeyiyle yer değişimidir. ıslanma, katı yüzey üzerinde termodinamik etkileşimlerle bir sıvının migrasyonu olarak tanımlanmış dinamik bir prosestir ve lif, iplik veya kumaşın sıvıyla temasının başladığı andaki davranışı açıklamak

için kullanılır. Kendiliğinden (doğal) ıslanma, termodinamik denge boyunca sıvının katı yüzeyde migrasyonudur. Zorlanmış ıslanma ise, katı-sıvı ara yüzeyini genişletmek için uygulanan hidrodinamik veya mekanik kuvvetlerin etkisi ile meydana gelir (Kıssa 1996, Wong ve ark. 2001).

Katı bir yüzeyin ıslanabilirliğinin en yaygın ölçüsü temas açısıdır. Yüzey üzerine bir sıvı damlası bırakıldığında, katı-sıvı-buhar ara yüzeyleri için enerji dengesi ve temas açısı Şekil 2.10'da görülmektedir.



**Şekil 2.10.** Ara yüzey gerilimleri ve temas açısı

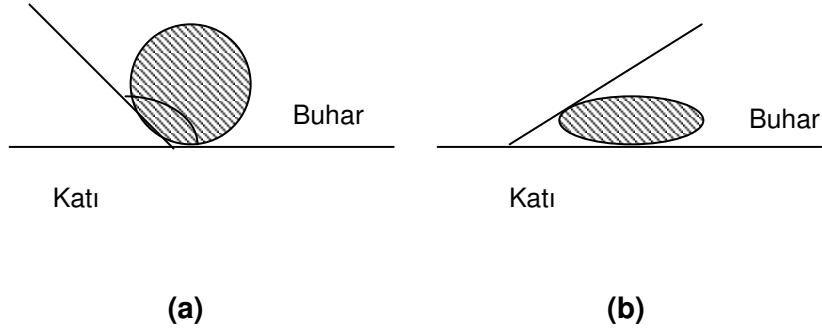
Katı-sıvı ara yüzeyindeki kuvvetler dengesi Young-Dupre eşitliği ile tanımlanır:

$$\gamma_{KB} - \gamma_{KS} = \gamma_{SB} \cos\theta \quad (2.40)$$

Burada  $\gamma$  ara yüzey gerilimi,  $\theta$  denge halindeki temas açısıdır ve K, B ve S sırasıyla katı, buhar ve sıvı yüzeylerini temsil etmektedir.  $\gamma_{SB} \cos\theta$  ifadesi, ıslanabilirlik indeksi olarak tanımlanır. Bu ifade, dış kuvvetlerin bulunmadığı durumda, bir sıvı katı bir malzemeye nüfuz ettikçe enerji kazanımı olduğunu gösterir (Kıssa 1996, Kaplan ve Okur 2005)

Temas açısı, sıvı-buhar ara yüzeyinin teğet doğrusu ile katı-sıvı ara yüzeyi arasındaki açıdır ve her üç ara yüzeyin kesiştiği bölgede (temas çizgisi) meydana gelir. Eşitlik 2.39'daki  $\gamma_{KB}$  yani katı-buhar ara yüzeyi gerilimi,  $\gamma_{KS}$  yani katı-sıvı ara yüzeyi geriliminden büyük olduğunda  $\cos\theta$  pozitifdir; bu durumda temas açısı 0 ile 90° arasında olmalıdır. Eğer  $\gamma_{KB}$ ,  $\gamma_{KS}$ ' den küçükse, temas açısı 90 ile 180° arasında olmalıdır. Temas açısındaki küçülme ve  $\cos\theta$  değerindeki büyüme, ıslanmanın arttığını gösterir (Şekil 2.20). Genel olarak temas açısı 90° ve üzerinde olduğunda, sıvının yayılmadığı ve yüzeyin ıslanmadığı anlaşılır.

Temas açısının sıfıra yaklaşması, ıslanabilirliğin maksimuma ulaştığı anlamına gelir (Kıssa 1996).



**Şekil 2.11.** Temas açıları a) Büyük temas açısı b) Küçük temas açısı

Islanmanın olmadığı durumda (temas açısı  $> 90^0$ ), sıvı ve katı yüzeyi arasında ikincil bağlar oluşmuyor demektir. Sıvının su olduğu düşünülürse, ıslanmayan katı yüzeyin hidrojen bağı oluşturacak yapıda olmadığı anlaşılır. Bu nedenle, su moleküllerinin bünyelerinde bağ yapabildiği higroskop liflerin yüzeylerinin hidrofik karakterde olması beklenen bir durumdur. Çeşitli liflerin temas açıları Çizelge 2.6'da görülmektedir (Warner 1995).

**Çizelge 2.6.** Çeşitli liflerin temas açıları

| Polimer      | Temas Açısı |        |               |    |
|--------------|-------------|--------|---------------|----|
|              | Etanol      | Tolüen | Etilen Glikol | Su |
| Polipropilen | 47          | --     | 74            | 86 |
| Polyester    | 26          | 56     | 61            | 75 |
| Naylon       | 18          | 57     | 57            | 71 |

KAYNAK: Fiber Science, p.285, Warner 1995

Sıvı ve katı birim yüzeyleri arasındaki toplam etkileşim, adhezyon işi ( $W_{KS}$ ) olarak tanımlanır ve Eşitlik 2.41 ile verilir:

$$W_{KS} = \gamma_{SB} + \gamma_{KB} - \gamma_{KS} \quad (2.41)$$

Bu eşitlik, Young-Dupre eşitliği ile birleştirilirse,

$$W_{KS} = \gamma_{SB} (1 + \cos\theta) \quad (2.42)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik, adhezyon işinin sıvının yüzey enerjisi ve temas açısına bağlı olduğunu göstermektedir. Aynı sıvının, farklı yüzeylerle etkileşimi

incelendiğinde, adhesyon işinin sadece temas açısına bağlı olacağı görülecektir. Temas açısının küçük olduğu yüzeylerde, adhesyon işi büyüktür. Çizelge 2.7’de, farklı liflerin su ile temasında (yüzey gerilimi 73 dyn/cm) bulunan adhesyon işleri görülmektedir.

**Çizelge 2.7.** Çeşitli liflerin su ile temasında ölçülen adhezyon işi değerleri

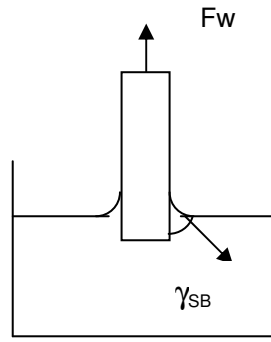
| Lif          | Adhesyon İşi (Dyn/cm) |
|--------------|-----------------------|
| Pamuk        | 148                   |
| Okside cam   | 138                   |
| Karbon       | 128                   |
| Naylon       | 106                   |
| Polyester    | 85                    |
| Polipropilen | 77                    |
| Teflon       | 56                    |
| Yün          | 46                    |

KAYNAK: Fiber Science, p.285, Warner 1995

Tekstil lifleri pürüzlülük, homojen olmama sebepler yüzünden ideal yüzeyler değildir. İdeal olmayan yüzeylerde ölçülen temas açıları, histerisiz sergiler. Bu tip yüzeylerde, damlanın iki ucu arasında görülen temas açıları birbirinden farklıdır ve damlanın yükseldiği uçtan ölçülen temas açısı, gerilediği taraftan ölçülen açıdan daha büyük olacaktır. Kılcallıkta olduğu gibi hareket halindeki bir sıvının temas açısı (dinamik temas açısı) ile durağan haldeki sıvının temas açısı (statik temas açısı) arasında da büyük farklılık görülebilir ve bu fark, temas çizgisinin değişme hızına ve zamana bağlıdır (Kıssa 1996).

İplik ve kumaş gibi lifli malzemelerin sıvılarla etkileşimi, lifli yapının geometrisine, lif yüzeyinin gözenek boyutu dağılımı, lif çapı, yüzey pürüzlülüğü gibi kimyasal doğasına ve yüzey gerilimi, viskozite, yoğunluk gibi sıvı özelliklerine bağlıdır (Wong ve ark. 2001).

Lif ve sıvı etkileşiminin tanımlanabilmesi için dinamik temas açısının belirlenmesi gerekir ve bu amaca en uygun yöntem Wilhelmy tekniğidir (Şekil 2.12). Bu teknikte, lif sıvı içine daldırılır ve lif kütlesi bir mikro-terazi ile düzenli olarak ölçülür.



**Şekil 2.12.** Wilhelmy tekniği ve ıslanma kuvveti (Absorbent Technology, p.396, Chatterjee ve Gupta, 2002)

Lif ve sıvı arasındaki ara yüzeyine etki eden kuvvet (ıslanma kuvveti  $F_w$ ), lif kütlelerinden kaynaklanan yer çekimi kuvvetiyle  $F_g$  dengelenir:

$$F_w = P \gamma_{SB} \cos\theta = F_g = Mg \quad (2.43)$$

Burada,  $P$  lif çevresi (cm),  $\gamma_{SB}$  sıvının yüzey gerilimi (dyn/cm),  $\theta$  sıvı-lif ara yüzeyindeki temas açısı,  $M$  lif kütlesi (g) ve  $g$  yerçekimi ivmesi ( $980,7 \text{ cm/s}^2$ ) dir. Lif kesiti dairesel kabul edildiğinde, lif çapı  $R$  (cm) ise lif çevresi Eşitlik 2.44 ile hesaplanabilir:

$$P = 2\pi R \quad (2.44)$$

Bu durumda temas açısı  $\theta$ :

$$\theta = \cos^{-1} \frac{Mg}{2\pi R \gamma} \quad (2.45)$$

şeklinde bulunur.

Bu ölçüm, kumaş formu için de tekrarlanabilir. Dikey olarak sıvı haznesine daldırılan kumaştaki kütle değişimi elektronik bir terazi ile ölçülür. Kumaş-sıvı ara yüzey boyutları ve kumaş çevresi hesaplamaları, tek lif için yapılanlara benzer şekilde yapılabilir. Pamuk kumaşların ıslanma karakteri, kumaş-su ara yüzey derinliği, kumaş doğrultusu ve genişliği gibi ölçüm düzeninden etkilenmemektedir. %100 pamuk, polyester, Nomex, asetat ve

rayon kumaşların su ile temasında bulunan temas açılarının, tek lif için yapılan ölçümlerde bulunanlarla aynı olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, tek bir lif tipi içeren kumaşların yüzey ıslanabilirliklerinin, o liflerin ıslanabilirliği ile özdeş olduğunu göstermektedir (Hsieh ve Yu 1992, Hsieh 1995).

Tekstil yüzeyi ile temas eden sıvı yüzey aktif madde içeriyorsa, lif yüzeyindeki adsorbsiyonu ve oryantasyonu ara yüzey gerilimini ve ıslanabilirliğini etkiler. Genel olarak, kısa dallanmış hidrofob zincirli yüzey aktif maddeler oldukça iyi ıslatıcılarıdır. (Kıssa 1996).

Zisman 1964 yılındaki çalışmasında, katı bir yüzey üzerinde bir dizi sıvının temas açılarını bularak sıvıların yüzey gerilimleriyle eşleştirmiştir. Meydana gelen eğriler,  $\cos \theta = 1$  değerinde hemen hemen aynı  $\gamma_{SB}$  değerine yaklaşmıştır. Zisman, bu  $\gamma_{SB}$  değerine katının kritik yüzey gerilimi adını vermiş ve sıvıların yüzey gerilimi bu değer altında olursa katıyı ıslatacağını ileri sürmüştür (Kıssa 1996).

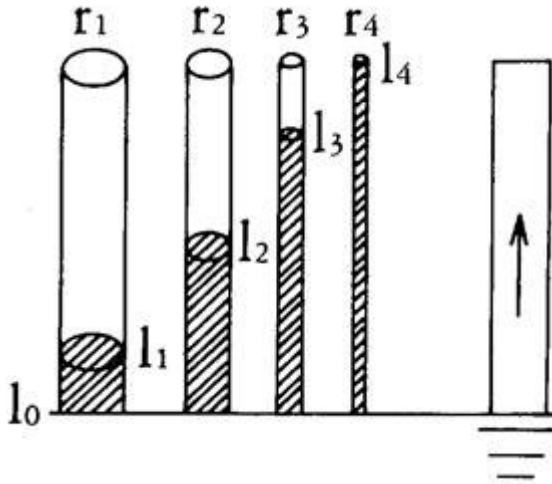
Bir kumaşı ıslatan sıvı, iki bölgeye nüfuz edebilir. İlk bölge, lifler arasındaki kapılar boşluklar; ikincisi ise absorbsiyonun gerçekleştiği lif içi bölgedir. Sıvı nüfuziyeti, malzemenin ıslanma özelliği yanında gözenek boyutunu da bağlıdır. Tekstil kumaşlarında yatay düzlem boyunca gözenek dağılımı olması beklenir. Kılcallık oranı ve kumaşta taşınacak sıvı, bu gözenek boyutuna ve boyut dağılımına bağlıdır. Kapılar prensipte, önce küçük gözenekler dolar ve sıvının ileri doğru hareketine sebebiyet verir. Liflerin boyutları ve şekilleri yanında yerleşimi, lif arası boşlukların (gözeneklerin) geometrik yapısını ve topolojisini etkiler; çünkü birbirleriyle bağlantısı olan veya olmayan, farklı şekil ve boyutlarda gözenek oluşur. Sıvının kat ettiği mesafe, daha küçük gözeneklerde fazladır. Fakat küçük gözeneklerde tutulan sıvı kütlesi de küçüktür; daha fazla sıvı, daha geniş gözeneklerde depolanabilir ama bu seferde sıvının yayılımı sınırlı olur (Şekil 2.13). Bu sebeple lifli yapılarda hızlı sıvı dağılımı, küçük, düzgün dağılmış ve birbirleriyle bağlantılı gözeneklerle mümkündür. Yüksek sıvı tutma ise çok sayıda geniş gözeneklerle veya yüksek gözenek hacmine sahip yapılarda görülür. Çizelge 2.8'de gözenek boyutu dağılımını belirlemek için kullanılan teknikler görülmektedir. Tekstil lifleri ve

kumaşlarındaki gözenek boyutunu belirlemek için en uygun yöntem cıva sızma metodudur (Maejima 1983, Wong ve ark. 2001).

**Çizelge 2.8.** Gözenekli yapıların gözenek boyutu dağılımının belirlenmesi

| Metot                  | Gözenek çapı aralığı  |
|------------------------|---|
| Nitrojen adsorbsiyonu  | 50-1,7 nm   |
| Su buharı adsorbsiyonu | 100-1 nm  |
| Sedimentasyon dengesi  | 8-0,5 $\mu\text{m}$   |
| Cıva sızma             | 8,6-0,003 $\mu\text{m}$ (Düşük basınç)<br>180-0,1 $\mu\text{m}$ (Yüksek basınç) |

KAYNAK: Maejima 1983



**Şekil 2.13.** Farklı kapilar genişliklerde sıvı ilerleyişi ve tutulan sıvı miktarları (Maejima 1983)

Kapilar kanallarda kılcallık, katı-hava ara yüzeyi ile katı-sıvı ara yüzeyinin kendiliğinden yer değiştirmesi ile gözlenebilir. En basit durumda, kapilar kanal içinde sıvı hareketi sürerken sıvı-hava ara yüzeyinin alanı ıslanan kapilar duvarının alanına göre oldukça küçüktür ve kılcallık esnasında bu durum değişmez (Kıssa 1996)

Kapilar boşluklarda sıvı akışı, Darcy eşitliği olarak bilinen aşağıdaki matematiksel bağıntı ile açıklanabilir:

$$V = \frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2.46)$$

Burada V sıvı akış hızı (cm/s), k sıvının ilerleyeceği gözenekli ortamı



tanımlayan geçirgenlik ( $\text{cm}^2$ ),  $\mu$  sıvı viskozitesi ( $\text{g/cm s}$ ) ve P kapılar basınç ( $\text{g/cm s}^2$ ) tır.

Darcy eşitliğine göre, kapılar yüzeyde sıvı hareketi tanımlayabilmek için geçirgenlik (gözeneklilik) ve kapılar basıncın bilinmesi gerekir. Bu parametreler ise bir kumaştaki sıvı içeriğinin bir fonksiyonudur. Sıvı hareketine sebep olan kuvvet ise kapılar kanal (katı yüzey) / sıvı sınır yüzeyindeki pozitif net kuvvettir ( $\Delta P$ ) ve Eşitlik 2.47 ile verilir

$$\Delta P = P - \rho gh \quad (2.47)$$

Burada  $\rho$  sıvı yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ), g yerçekimi ivmesi ( $980,7 \text{ cm/s}^2$ ) ve h (cm) sıvı hareketi ile oluşan su sütunu yüksekliği, P ise, kapılar alandaki iç kuvvetlerin sonucu olan kapılar basınçtır. Kapılar kanal duvarları sıvı ile ıslanmışında bir menüsküs meydana gelir. Sıvının yüzey gerilimi, sıvı-hava ara yüzeyi boyunca bahsedilen basıncı oluşturur. Kapılar kanalın dairesel kesitte olduğu kabul edilirse, kapılar basınç Eşitlik 2.48'deki gibi ifade edilir:

$$P = \frac{2\gamma \cos \theta}{r_c} \quad (2.48)$$

Eşitlik 2.48'de  $\gamma$  sıvı-buhar ara yüzey gerilimi ( $\gamma_{SB} \text{ dyn/cm}$ ),  $\theta$  temas açısı ve  $r_c$  kapılar çapı (cm) dir. Kapılar basıncın pozitif olması,  $\cos \theta$  değerinin pozitif olması ile mümkündür, buna paralel olarak temas açısı  $\theta$ 'nın  $0 - 90^\circ$  arasında olması gerekir (Ghali ve ark. 1994, Kıssa 1996).

Tekstil kumaşlarının kılcallık özelliği, lif yüzeyinin morfolojisi ve lif şeklienden etkilenmektedir çünkü lif şekli kumaşlardaki kapılar boşlukların şekli ve geometrisini ve sonuçta kılcallık oranını değiştirmektedir. Kapılardaki sıvı akışı, geometrik düzensizlikler nedeniyle menüsküsün sınıra ulaşması ve sıvı-hava ara yüzeyinin düzleşmesi ile son bulur (Kıssa 1996).

Kılcallık, bir kumaş kısmen veya tamamen sıvı içine daldırıldığında veya belli bir miktar sıvı ile temas ettiğinde meydana gelir. Kumaşa katılan sıvı miktarı ve sıvı-kumaş temasının şekline göre kılcallık iki gruba ayrılabilir: Sınırsız bir sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (sıvı içinde daldırılan kumaş bünyesine gerçekleşen absorpsiyon, yüzeysel ve boyuna yönde sıvı ilerleyişi)

ve sonlu (sınırlı) sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (kumaşa damlatılan tek damla suyun hareketi, birbiriyle temas halindeki ıslak kumaştan kuru olana gerçekleşen sıvı transferi) (Wong ve ark. 2001).

1970'lerde Spencer-Smith, ıslak kumaştan kuru kumaşa olan sıvı transferini incelemişler ve birbirleriyle temas halindeki kumaş katları arasında, ıslak kumaştaki nem oranı (ıslaklık) %80 civarındaki kritik değeri geçmedikçe transferin gerçekleşmediğini bulmuşlardır. Adler ve ark.'nın pamuk ve polyester dokuma ve örme kumaşlardaki transfer kılcallığı ölçtükleri 1984 yılındaki çalışmalarında, iki kumaş katı arasındaki düşük nem seviyelerindeki sıvı transferini belirleyen en önemli faktörün buhar difüzyonu olduğu, dokuma kumaşlarda %30'un üzerindeki nem değeri geçilmedikçe kılcallığın başlamadığı bulunmuştur. Daha bir çok araştırma, suyun kumaş katları arasında sıvı halde transfer olması için ıslak kumaşın su içeriğinin oldukça fazla ve katlar arasında belirli bir basınç olması gerektiğini göstermiştir (Farnworth ve Dolhan 1985, Zhuang ve ark. 2002).

Crow ve Osczevski (1998), farklı lif tiplerinden çok sayıda kumaş örneğinin su ile arasındaki etkileşimi inceledikleri çalışmalarında, bir kattan diğerine transfer olan sıvı miktarının gözenek boyutuna ve yapı içinde kapladığı hacme bağlı olduğunu; ayrıca egzersiz amaçlı giysilerde kuru kumaşın altından veya içinden suyun buharlaşması veya ıslak bir kumaşın kuruması için gerekli enerji, katlar arası kılcallık gibi özelliklerin lif tipine bağlı olmadığını bulmuşlardır. Bu çalışmaya göre, kumaşa aktarılan su aynı miktarda serbest haldeki sudan daha kolay (çabuk) buharlaşmaktadır. Lif tipinden bağımsız olarak, kumaşa absorbe edilen su miktarı ile kuruma zamanı arasında yüksek korelasyon ( $R^2=0.98$ ) vardır. Kuruma zamanı, kumaştaki ilk su miktarına bağlıdır ( $R^2= 0.94$ ), benzer şekilde vücuttan kumaşı kurutmak için çıkan ısı miktarı da, ıslak kumaştaki su miktarına bağlıdır ( $R^2= 0.95$ ). Kumaştaki su miktarı ile kalınlık arasında da yüksek korelasyon vardır ( $R^2= 0.92$ ).

Long (1999), çift katlı örme kumaş yapılarında sıvı su transferini incelediği çalışmasında, kumaş katlarında farklı su absorblama özelliğine sahip

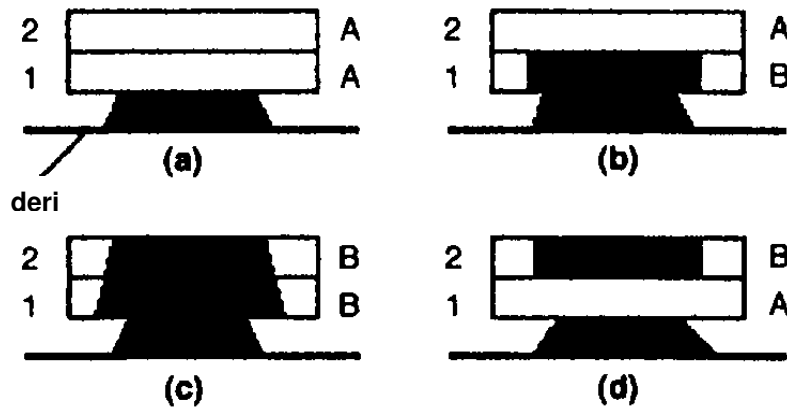
(hidrofil ve hidrofob) lif kullanımı durumunda çift katlı örme kumaşları 4 farklı türe ayırmıştır (Şekil 2.14):

(1) Şekil 2.14a'da görülen yapıda, sıvı suyun kumaş tarafından absorblanması zordur, bu nedenle vücut üzerindeki ter kumaş gözeneklerinden buhar olarak yavaş bir şekilde uzaklaşır. Kullanıcı, termal ve ıslaklık olarak konforsuzluk hisseder.

(2) Şekil 2.14b'de görülen yapıda, vücutla temas eden iç kat teri (sıvı suyu) absorblar ama dış kata transfer edemez. Su, iç katın gözeneklerini doldurduktan sonra gözeneklerde durgun (statik) hava kalmaz, kumaşın termal yalıtım özelliği azalır ve kumaş ıslak ve serin his verir.

(3) Şekil 2.14c'de görülen yapıda, iç kat tarafından absorbe edilen ter önce dış kata transfer edilir, sonra dış kattan çevreye buharlaşır. Aynı çevre şartlarında, buharlaşma oranı ıslak alan genişliğiyle orantılı olur. İç katta tutulan su miktarı fazla, dış kattaki ıslak alan küçük olursa buharlaşma oranı düşük olur ve kumaş ıslak ve serin his verir.

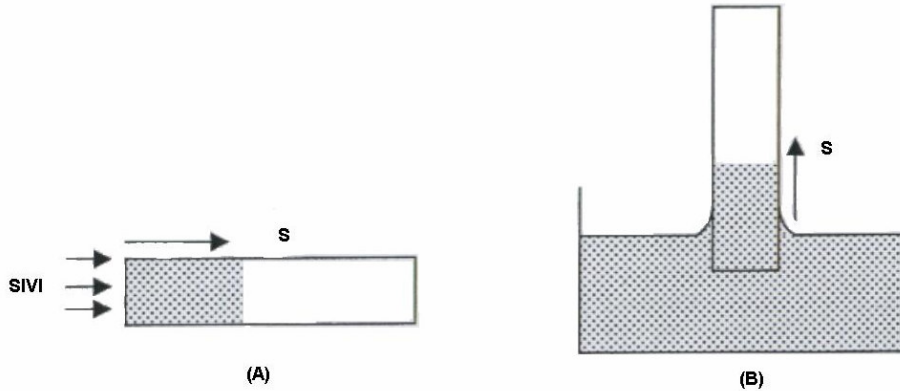
(4) Şekil 2.14d'de görülen yapıda, ter iç kat tarafından çok düşük oranda absorblanır ama kılcallık fonksiyonu ile dış kata transfer edilir. Dış kat suyu geniş bir alanda absorblayarak buharlaşma oranını artırırken, iç kat vücudu kuru tutar. Bu şekilde sıvı terin deri üzerinde birikmesi de önlenmiş olur ki deriden su buharının bu yolla alınması konfor açısından büyük etkiye sahiptir.



**Şekil 2.14.** Sıvı su transfer modelleri A- hidrofob iplik B- hidrofil iplik 1- iç kat 2-dış kat (Long 1999)

Long çalışmasında, dış katın su absorblama özelliği iç kattan daha iyi olan çift katlı örme kumaşlarda kılcallık fonksiyonu sayesinde daha fazla suyun dış kata transfer olacağını, buna ek olarak iç kat hidrofob filament iplik içerir ve ilmek yoğunluğu düşürülürse su transferinin artırılabilceğini tespit etmiştir.

Kumaşların sıvı transfer kapasitesini değerlendirmek için genellikle düzlemsel kılcallık ölçümü yapılır. Kumaş içinde kılcallık, terleyen vücuttan alınan sıvı suyun giysi içindeki hareketine benzer şekilde, kumaş düzlemine dik veya paralel doğrultuda gerçekleşebilir. Bu amaçla yapılan ölçümler, yüzeyin bir kenarını sıvı içine daldırmak ve yüzey içinde sıvı hareketini, sıvı uç noktasının pozisyonunu takip ederek veya kütleli veya hacimsel değişimi belirleyerek gözlemek esasına dayanır. Eşitlik 2.47'ye göre, kapılar basınç değeri sıvının ağırlığını ( $\rho gh$ ) geçtiği zaman sıvı kumaş içinde ilerlemeye başlar. Eğer sıvının hareket mesafesi yeterince uzunsa sıvı akış oranında yer çekiminin etkisini görmek mümkün olacaktır. Kapılar hareket yer çekimi ile dengelendiğinde bir eşitlik hali oluşur ve sıvı ilerleyişi durur. Eşitlik 2.47, aynı zamanda bir kumaş içindeki yatay ve dikey yöndeki kılcallık özelliğinin farklı olması gerektiğini de açıklamaktadır. Şekil 2.15'te, yatay ve dikey yönde düzlemsel kılcallık modeli görülmektedir.



**Şekil 2.15.** Kılcallık modelleri A- yatay kılcallık B- dikey kılcallık

Yatay kılcallığı, yani sıvının kumaş düzlemine paralel hareketini ölçmeye yönelik farklı metotlar geliştirilmiştir. Kumaşın gözenekli bir plaka üzerine yerleştirildiği ve altındaki suyun kumaşa transfer olan miktarının belirlendiği plaka metodu, özellikle havluların absorbanlık yeterliliğini ölçmek için kullanılır.

Alternatif olarak, su veya ıslatıcı çözültisi seviyesinin kumaşla temas edecek şekilde yükseltildiği ve kumaş tarafından absorbe edilen sıvı hacminin ölçüldüğü ıslanma testi, ıslanabilirliği ölçmek için yapılan batma-yüzdürme testi, kumaşın sıvı üzerine düşürüldüğü düşürme testi gibi metotlar düzlemsel yatay kılcallığı ölçmek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Dikey kılcallık, kumaşın geniş hacimdeki sıvı içine dikey olarak kısmen daldırıldığı durumda gözlenir ve genellikle sıvının ilerleme mesafesi veya gramaj veya alan başına absorblanan sıvı miktarı ölçülür (Kıssa 1996).

Yatay kapılar boşluklarda sıvının kat ettiği mesafe Lucas-Washburn eşitliği ile verilir:

$$L = \left( \frac{r\gamma \cos \theta}{2\eta} \right)^{0.5} \quad (2.49)$$

Burada L sıvının ilerleme mesafesi, r kapılar çapı,  $\gamma$  sıvı-buhar ara yüzey gerilimi, t süre,  $\theta$  temas açısı ve  $\eta$  sıvının viskozitesidir. Yatay kılcallıkta sıvı akışının, buharlaşma oranı absorbanlık oranı ile eşitleninceye kadar sürdüğü düşünülmektedir (Chatterjee ve Gupta 2002).

$2 \times 10^{-3}$  cm. ortalama kapılar çapı,  $30^\circ$  temas açısı, sıvının su olduğu ve buharlaşma olmadığı kabul edildiği durumda 10 dakika süre sonuna suyun ilerleme mesafesinin 64 cm. olacağı bulunabilir. Ancak bir çok dikey kılcallık ölçümlerinde suyun ilerleme mesafesinin birkaç cm. ile sınırlı olduğu görülmüştür. Teorik ve pratik değerler arasındaki bu fark, yer çekiminin suyun ilerleme mesafesine etkisi ile açıklanmaktadır. Bu nedenle dikey kılcallık ölçümlerinde suyun ilerleme mesafesini veren Eşitlik 2.50'da verilen eşitlik geliştirilmiştir:

$$\ln \left( \frac{1}{1 - \frac{L}{Lc}} \right) - \left( \frac{L}{Lc} \right) = \frac{\rho g K}{\eta} t \quad (2.50)$$

Eşitlik 2.50'da L, sıvının ilerleme mesafesi,  $\rho$  sıvı yoğunluğu, g yerçekimi ivmesi, K efektif ortalama gözenek alanı,  $\eta$  sıvının viskozitesi, t süre, Lc ise sıvı sütunun

ağırlığının kapilar basınca eşit olduğu denge yüksekliğidir ve Eşitlik 2.47'dan bulunabileceği şekliyle şu şekilde ifade edilebilir:

$$L_c = \frac{P}{\rho g} \quad (2.51)$$

Burada P kapilar basınç,  $\rho$  sıvı yoğunluğu ve g yerçekimi ivmesidir (Wong ve ark. 2001, Chatterjee ve Gupta 2002)

Wong ve ark. (2001), keten kumaşların kılcallık özelliğinin oksijen ve argon plazma işlemleri sonrasında geliştiğini dikey kılcallık ölçümleriyle bulmuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Deneyisel çalışmada kullanılan materyal iki grupta incelenebilir:

- Deneyisel çalışma için kullanılan örme kumaşlar
- Deneyisel çalışmanın yapılacağı test cihazları ve düzenekleri

#### 3.1. 1. Test Edilen Örme Kumaşlar ve Özellikleri

##### 3.1.1.1. Birinci Grup Kumaş Numuneleri

Bu çalışmada, Türkiye tekstil sektöründe spor giysilik örme mamul olarak üretilen farklı tiplerdeki kumaşlar temin edilerek konfor özellikleri araştırılmıştır. Bu materyallere ait özellikler Çizelge 3.1.'de verilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan I.grup örme kumaşlar ve özellikleri

| <b>Kumaş Kodu</b> | <b>Örgüsü</b> | <b>İplik Tipi ve Numarası</b>                      | <b>Gramaj (gr/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Kalınlık (mm)</b> |
|-------------------|---------------|--|----------------------------------|----------------------|
| RL1               | RL Süprem     | %95 PA6.6 Meryl 78/23 dtex ,<br>%5 elastan 33 dtex | 198.4                            | 0.53                 |
| RL2               | RL Süprem     | %95 PA6.6 Meryl 78/23 dtex,<br>%5 elastan 33 dtex  | 205.5                            | 0.54                 |
| RL3               | RL Süprem     | %95 PA6.6 Meryl 78/68 dtex ,<br>%5 elastan 33 dtex | 210.2                            | 0.47                 |
| RL4               | RL Süprem     | %95 PA6. 6 Meryl 78/68 dtex,<br>%5 elastan 44 dtex | 226.6                            | 0.47                 |
| RL5               | RL Süprem     | %95 PES 106/36 Denye,<br>%5 elastan 40 Denye       | 101.2                            | 0.6                  |
| RL6               | RL Süprem     | PA 6.6 150/136 Denye                               | 169                              | 0.43                 |
| RL7               | RL Süprem     | %95 PES 100/136 Denye,<br>%5 elastan 40 Denye      | 189.6                            | 0.83                 |
| RL8               | RL Süprem     | %100 PA Tactel 70/68/2 Denye                       | 212                              | 0.45                 |
| RL9               | RL Süprem     | %30 PA Aquatour 70/46/1Denye,<br>%70 Pamuk Ne 40/1 | 185                              | 0.69                 |
| RL10              | RL Süprem     | %100 PES Coolmax 70/46/1Denye                      | 99                               | 0.56                 |
| RL11              | RL Süprem     | %86 PA Tactel 110 dtex, %14 elastan 44 dtex        | 240                              | 0.72                 |
| RL12              | RL Süprem     | %93 PA Tactel 156 dtex, %7 elastan 22dtex          | 220                              | 0.48                 |
| RL13              | RL Süprem     | %84 PA Tactel 78 dtex, %16 elastan 44 dtex         | 160                              | 0.47                 |
| RL14              | RL Süprem     | %100 Pamuk Ne 30/1                                 | 200                              | 0.66                 |
| RL15              | RL Süprem     | %95 Pamuk Ne 30/1, %5 elastan 20 Denye             | 193.5                            | 0.77                 |
| RL16              | RL Süprem     | %95 Viskon Ne 20/1, %5 elastan 20 Denye            | 263.7                            | 0.69                 |
| RR1               | RR Ribana     | %95 PA 150/140Denye, %5 elastan 20 Denye           | 269.7                            | 0.76                 |

**Çizelge 3.1. (Devam)** Çalışmada kullanılan I.grup örme kumaşlar ve özellikleri

| <b>Kumaş Kodu</b> | <b>Örgüsü</b>                    | <b>İplik Tipi ve Numarası</b>  | <b>Gramaj (gr/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Kalınlık (mm)</b> |
|-------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------|
| RR2               | RR Ribana                        | %100 PES 90/36 Denye   | 95.6                             | 0.57                 |
| RR3               | RR Ribana                        | %95 Pamuk Ne 30/1, %5 elastan 20 Denye                                 | 228.6                            | 1.14                 |
| RR4               | RR Ribana                        | %100 Pamuk Ne 24/1   | 284                              | 0.97                 |
| RR5               | RR Ribana                        | %100 Viscon Ne 28/1  | 220                              | 0.88                 |
| RR6               | RR İnterlok                      | %100 PA 6.6 Meryl 78/23 dtex   | 175.6                            | 0.99                 |
| RR7               | RR İnterlok                      | %100 PA 6.6 Meryl 78/23 dtex   | 186.7                            | 1.01                 |
| RR8               | RR İnterlok                      | PA 6.6 Meryl 78/23 dtex (iç),<br>Pamuk Ne 30/1 (dış)                   | 186.3                            | 1.14                 |
| RR9               | RR İnterlok                      | %100 PA 6.6 Meryl 78/23 dtex   | 173.9                            | 0.87                 |
| RR10              | RR İnterlok                      | %100 PES 75/34 Denye   | 124.2                            | 0.41                 |
| RR11              | RR İnterlok                      | %96 PES Coolmax 70/46 Denye,<br>% 4 elastan 22 dtex                    | 150                              | 0.81                 |
| RR12              | RR İnterlok                      | %55 PA Aquator 70/46 Denye,<br>%45 Pamuk Ne 30/1                       | 200                              | 1.03                 |
| RR13              | RR İnterlok                      | %100 Pamuk Ne 30/1   | 235.9                            | 1.08                 |
| RR14              | RR İnterlok                      | %53 Viscon 120 Denye, %47 PES 100 Denye                                | 253                              | 0.71                 |
| RR15              | RR İnterlok                      | %100 PES 180 Denye   | 324.9                            | 1.0                  |
| RR16              | RR İnterlok                      | %50 PES 190 Denye, %50 Viskon Ne28/1                                   | 217.5                            | 0.98                 |
| AS1               | RL 2-iplik<br>astarlı            | %100 Pamuk Ne 20/1 (dış),<br>%100 Pamuk Ne 10/1 (iç)                   | 302.7                            | 1.25                 |
| AS2               | RL 2-iplik<br>astarlı            | 87/13 PES/Pamuk Ne 20/1 (dış)<br>87/13 PES/Pamuk Ne 10/1 (iç)          | 313                              | 1.15                 |
| AS3               | RL 2-iplik<br>astarlı            | %100 Pamuk Ne 20/1 (dış)<br>87/13 PES/Pamuk Ne 10/1 (iç)               | 321.8                            | 1.29                 |
| AS4               | RL 2-iplik<br>astarlı            | 87/13 PES/pamuk Ne 20/1 (dış)<br>%100 pamuk Ne 10/1 (iç)               | 340                              | 1.34                 |
| AS1Ş              | RL 2-iplik<br>astarı<br>şardonlu | %100 Pamuk Ne 20/1 (dış)<br>%100 Pamuk Ne 10/1 (iç) şardonlu           | 273.8                            | 1.76                 |
| AS2Ş              | RL 2-iplik<br>astarı<br>şardonlu | 87/13 PES/Pamuk Ne 20/1 (dış)<br>87/13 PES/Pamuk Ne 10/1 (iç) şardonlu | 295.5                            | 1.37                 |
| AS3Ş              | RL 2-iplik<br>astarı<br>şardonlu | %100 Pamuk Ne 20/1 (dış)<br>87/13 PES/Pamuk Ne 10/1 (iç) şardonlu      | 324                              | 1.93                 |
| AS4Ş              | RL 2-iplik<br>astarı<br>şardonlu | 87/13 PES/pamuk Ne 20/1 (dış)<br>%100 pamuk Ne 10/1 (iç) şardonlu      | 328.6                            | 2.04                 |

### 3.1.1.2. İkinci Grup Kumaş Numuneleri

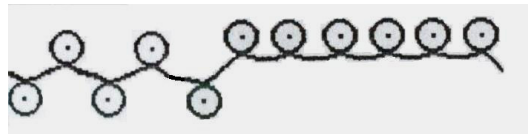
İkinci grup kumaşlar kontrollü olarak hazırlanmış numunelerdir. Bunlar 19 gauge, 480 iğne, 14 beslemeli, 8 inç çaplı Pai Lung marka yuvarlak örme makinesinde örülmüştür. Aynı makine ayarında iplik tipi değiştirilerek kumaşlar oluşturulmuştur. Çizelge 3.2. de hazırlanan kumaşların özellikleri verilmektedir. 1 ve 2 kodlu kumaş numuneleri farklı gramajlarda üretilmiştir. 3 kodlu kumaş



numuneleri, kumaş ile vücut arasındaki temas noktalarının sayısını azaltmak amacıyla iğne iptali yapılarak elde edilmiştir. Şekil 3.1.'de 3 kodlu kumaş numunelerinin iğne diyagramı görülmektedir.

**Çizelge 3.2.** Çalışmada kullanılan II.grup örme kumaşlar ve özellikleri

| Kod        | Örgü              | İplik Tipi ve Numarası          | Gramaj<br>(g/m <sup>2</sup> ) | İlmek<br>Uzunluğu<br>(mm) | Kalınlık<br>(mm) | Sıklık   |             |
|------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------|----------|-------------|
|            |                   |                                 |                               |                           |                  | Çubuk/cm | Sıra/<br>cm |
| <b>C1</b>  | Ribana            | Ne 30/1pamuk penye              | 213.6                         | 2.83                      | 1.07             | 12       | 17          |
| <b>C2</b>  | Ribana            | Ne 30/1pamuk penye              | 225.8                         | 2.70                      | 1.08             | 12       | 19          |
| <b>C3</b>  | Ribana<br>(desen) | Ne 30/1pamuk penye              | 192.1                         | 3.58                      | 2.06             | 13       | 15          |
| <b>CP1</b> | Ribana            | 75/1denye polyester<br>coolplus | 98.4                          | 2.59                      | 0.68             | 14       | 15          |
| <b>CP2</b> | Ribana            | 75/1denye polyester<br>coolplus | 102.5                         | 2.23                      | 0.67             | 14       | 18          |
| <b>CP3</b> | Ribana<br>(desen) | 75/1denye polyester<br>coolplus | 82.6                          | 3.16                      | 0.84             | 15       | 13          |
| <b>P1</b>  | Ribana            | 100 dtex polyester              | 114.4                         | 2.63                      | 0.66             | 12       | 15          |
| <b>P2</b>  | Ribana            | 100 dtex polyester              | 124.8                         | 2.47                      | 0.66             | 13       | 17          |
| <b>P3</b>  | Ribana<br>(desen) | 100 dtex polyester              | 103.7                         | 3.12                      | 0.80             | 14       | 13          |
| <b>PP1</b> | Ribana            | 120denyepolipropilen            | 182.4                         | 2.60                      | 0.86             | 13       | 18          |
| <b>PP2</b> | Ribana            | 120denyepolipropilen            | 191.8                         | 2.42                      | 0.77             | 13       | 19          |
| <b>PP3</b> | Ribana<br>(desen) | 120denyepolipropilen            | 89.5                          | 3.10                      | 1,67             | 13       | 14          |



**Şekil 3.1.**C3, CP3, P3, PP3 kodlu kumaş numunelerinin iğne diyagramı

### 3.1.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Test Cihazları ve Düzenekleri

#### 3.1.2.1. ALAMBETA (İnsan derisini simule eden termal karakteristik ölçüm cihazı)

Alambeta, tekstil yüzeylerinin geçici ve durağan termofizyolojik özelliklerini (termal yalıtım ve termal temas özellikleri) ölçmektedir. Cihaz, ölçümlerin istatistik analizini yapabilmekte ve sonuçları seri bağlanmış bilgisayara aktarabilmektedir. Alambeta cihazı Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. ALAMBETA cihazı ( ALAMBETA cihaz KATALOĞU)

#### 3.1.2.2. PERMETEST Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Cihazı

Permetest, termal eylemsizliği insan derisine benzer olan özel bir ısı akış ölçüm sistemine sahiptir ve kuru haldeki ısı geçirgenliği (veya direnç) değerini ölçebilmektedir. Aynı sistem, cihaza yerleştirilen kumaşın ıslak ölçüm platformundan difüzyona açık konumda absorbe ettiği su (sıvı) miktarındaki en küçük değişimi de belirleyerek su buharı geçirgenliğini ölçmektedir. Permetest, ISO 11092 standartına göre yapılan su buharı geçirgenliği ölçümlerinde çalışılan ve insan derisini simule eden 35<sup>0</sup>C sıcaklık ve %40 bağıl nem

değerlerinde kondüsyonlanma yerine, laboratuvar ortamında kolaylıkla temin edilen 20<sup>0</sup>C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip, kumaş yüzeyine paralel hava akışı altında ölçüm yapmaktadır. Ölçüm için gerekli numune boyutları 10 cm x 10 cm.den daha küçüktür. Permetest ile daha küçük numune boyutlarında ve çok daha kısa sürede (2-3 dakika) tamamlanan su buharı ölçüm sonuçları ile ISO 11092'e göre yapılan ölçümler arasındaki korelasyon katsayısının 0,92 olduğu belirtilmektedir. Permetest cihazının teknik parametreleri ve ölçüm aralığı şu şekilde sıralanabilir:

|  |  |
|--|--|
| Su buharı direnci                        | 1 - 100 m <sup>2</sup> Pa / W                  |
| Bağıl su buharı geçirgenliği             | 1 - 100%                                       |
| Termal geçirgenlik                       | 1- 50 W / m <sup>2</sup> K                     |
| Termal direnç                            | 0.02 -1 m <sup>2</sup> K / W                   |
| Kumaş kalınlığı                          | 0,1 - 7 mm                                     |
| Ayarlanabilir paralel hava akış hızı     | 3 ve 5 m/s                                     |
| Hassasça birleştirilmiş çizgi kart kaydı | 2 mV tüm en için                               |
| Voltaj                                   | 220 V(110 V gerekirse)<br>50-60 Hz, 60 W giriş |
| Boyutlar                                 | 460 x 240 x 130 mm Ağırlık<br>8 kg             |

Permetest cihazı, Şekil 3.3.'de görülmektedir.



**Şekil 3.3.**PERMETEST su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı (PERMETEST cihaz katoloğu)

### 3.1.2.3. WIRA Hava Geçirgenlik Ölçüm Cihazı

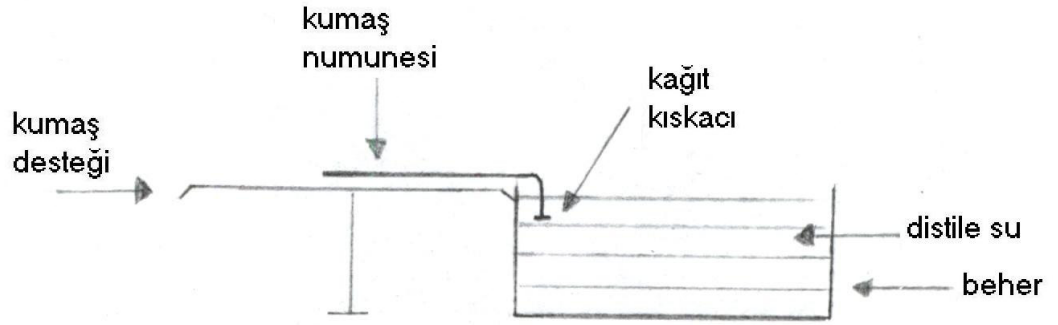
WIRA hava geçirgenliği ölçüm cihazı, valfle izole edilmiş 4 farklı skalalı su manometresiyle birlikte çalışır. Numuneye bir vakum pompası yardımıyla hava akışı sağlanır ve skaladan hava geçirgenlik değeri okunur. WIRA hava geçirgenliği ölçüm cihazı, Şekil 3.4.'te görülmektedir.



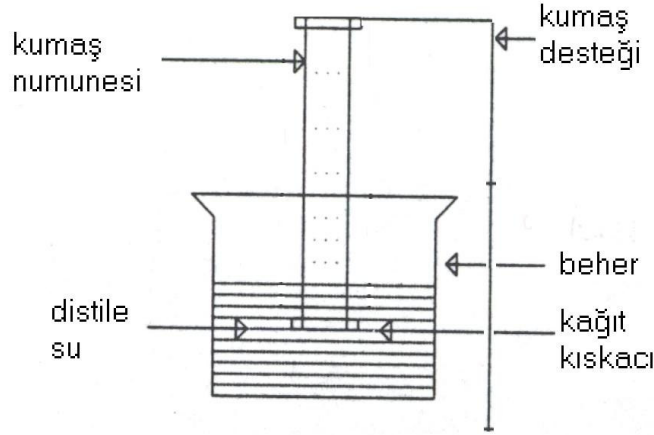
Şekil 3.4. WIRA Hava Geçirgenlik Ölçüm Cihazı (WIRA cihaz kataloğu)

### 3.1.2.4. Kılcallık Ölçüm Düzeneği

Kumaşların kılcallık özellikleri, DIN 53924 standardı esas alınarak numunenin su haznesine daldırıldığı durumda suyun kumaş içinde katettiği mesafenin belirli süreler sonunda ölçülmesi ile belirlenmiştir. Bunun için Mogahzy (2002) ve Wong (2001)'un çalışmalarında kullanılan düzenek hazırlanmıştır. Kılcallık düzeneği, distile su haznesi (beher) ve kumaş numunesinin distile su içine daldırılmasının temin eden destekten oluşmaktadır. Kağıt kısıkaçı ( $\approx 0.679\text{gr}$ ), kumaş numunesinin düz durmasını temin edecek ağırlık vazifesi görür. Kumaş numunesinin su haznesine dikey olarak daldırıldığı durumda alınan ölçümler dikey kılcallık, yatay durumda iken alınan ölçümler yatay kılcallık değerleri olarak tanımlanmıştır. Kılcallık ölçüm düzenekleri Şekil 3.5.a. ve 3.5.b.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. a. Kılcallık ölçüm düzeneği –yatay yönde



Şekil 3.5.b. Kılcallık ölçüm düzeneği –dikey yönde

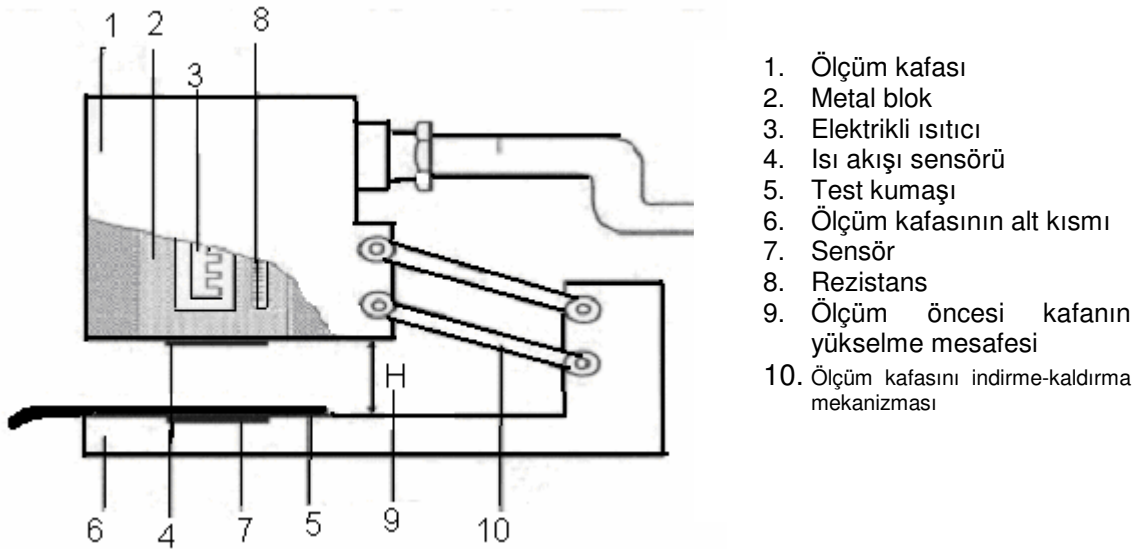
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Alambeta Cihazı ile Yapılan Ölçümler

Alambeta'nın basitleştirilmiş şeması Şekil 3.6.'te verilmiştir. Cihazın ölçüm kafası (1), elektrikli ısıtıcı (3) vasıtasıyla vücut sıcaklığını simule edecek şekilde 32°C'ye ısıtılan bir metal blok (2) bulundurur. Sıcaklık, regülatöre bağlanmış bir termometre (8) ile kontrol edilir. Isıtılmış bloğun alt kısmında ise ısı akış sensörü (4) bulunmaktadır. Ölçüm kafası H açıklığındayken ısı akış

sensörü üzerine kumaş numunesi (5) yerleştirilir ve ölçüm kafası kapanır. Ölçüm kafası kumaş üzerine 100 – 1000 Pa arası basınç uygulayacak şekilde hareket mekanizmasına (10) ağırlıklı takılır. Hareket sensörü (7), ölçüm kafasının düzgün biçimde kumaşla temas etmesini kontrol eder. Ölçüm kafası kapandıktan sonra metal bloktan numuneye doğru ısı akışı başlar, numune yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihaz bu süredeki ısı akış eğrisini çıkartarak termal karakteristikleri ölçer. Bu ölçüm, kullanıcının kumaşa dokunarak yaptığı değerlendirmeye benzemektedir. Alambeta ile ölçülebilen kumaş parametreleri ve ölçüm aralıkları şu şekilde sıralanabilir:

|   |                           |
|---|---------------------------|
| $\lambda$ : Termal (ısı) iletkenlik   | 0,010 - 2,0 W/m.K         |
| a: Termal difüzyon ( $m^2/s$ )  |                           |
| b: Termal absorbtivite  | 10 - 1000 $Ws^{1/2}/m^2K$ |
| h: Kalınlık   | 0,1 - 20 mm               |
| P:ısı akış yoğunluk oranı ( $q_{max}/q_s$ )   |                           |
| r: Termal direnç  | 0,005 – 1,0 $Km^2/W$      |
| q: Isı akış yoğunluğu ( $q_{max}$ ) ( $W/m^2$ )   |                           |
| $b_{nem}$ : Nem absorbtivitesi ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) (Kumaşın nemli haldeki termal absorbtivite ölçümü) |                           |



**Şekil 3.6.** ALAMBETA cihazının basitleştirilmiş şeması (Hes ve Martins 1993, Hes ve ark. 1996, Hes 1999, Hes 2000a)

### 3.2.1.1. Kuru ölçüm

Minimum 120 x 120 mm<sup>2</sup> büyüklüğünde hazırlanan kumaş numuneleri kuru halde belirtilen termal özellikleri Alambeta cihazında sırasıyla 200 ve 400 Pa basınç değerleri altında ayrı ayrı ölçülmüş ve her ölçüm 4 kez tekrarlanmıştır.

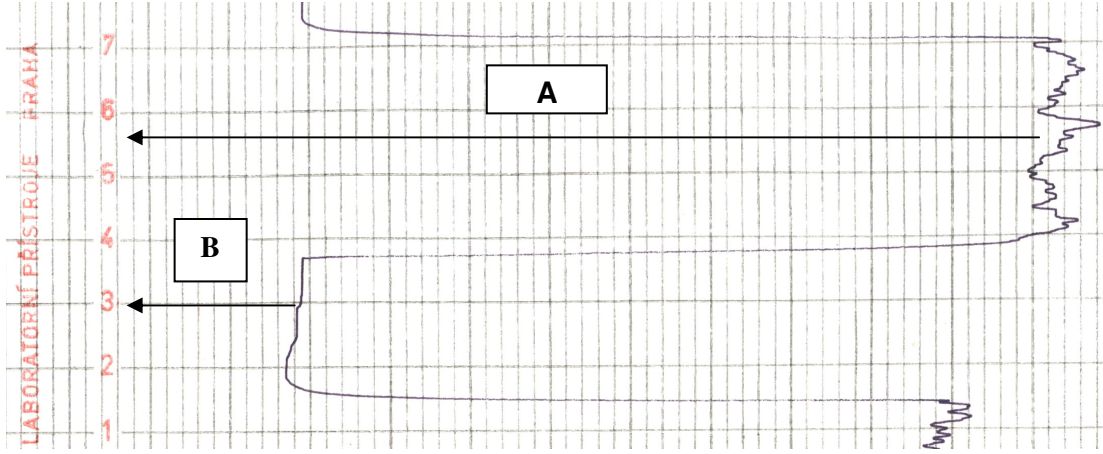
### 3.2.1.2. Yaş ölçüm

Minimum 120 x 120 mm<sup>2</sup> büyüklüğünde hazırlanan numunelerin nem absorbtivitesi ölçümleri ise 400 Pa basınç altında, 0,5 ml deterjanlı saf suyla ıslatılmış %100 Coolmax örme kumaş vasıtasıyla nemlendirilen kumaşlarla yapılmış ve bu ölçümler de 4 kez tekrarlanmıştır. Burada kullanılan ara kumaş vücut üzerindeki ani ter değişiminin etkisini simüle etmek amacıyla kullanılır. Ter simülatörü olarak kullanılan oldukça ince Coolmax kumaş bir şırınga yardımıyla deterjanlı saf suyla noktasal ıslatılır ve 1 dakika beklenir. Bu sürede ıslaklık dairesel olarak düzgün bir şekilde yaklaşık 45-50 mm. çapında yayılır ve durur. Bu alan ısı akışı ölçüm alanından daha büyük çaptadır. Ara kumaş ile ölçüm alınacak kumaş üst üste konulup birlikte ölçüm alınır.

### 3.2.2. Permetest Cihazı ile Yapılan Ölçümler

PERMETEST ile kumaşların % su buharı geçirgenlikleri ölçülmüş ve kumaşların “nefes alabilirliği” değerlendirilmiştir. Ölçümün esası, atmosfere açık, nemli bir plakadaki elektropotansiyelin, plaka bir kumaş tarafınan kapatıldığında meydana gelen değişiminin tesbitine dayanmaktadır. Cihazın ölçtüğü elektropoyansiyeldeki değişim cihaza bağlı çok eksenli bir grafik kağıdına çizilir. Kumaşın %su buharı geçirgenlik değeri, nemlendirilmiş plakanın kumaşlı ve kumaşsız durumdaki grafik eğrilerinin başlangıç noktalarına olan uzaklıklarının cetvelle ölçülüp, birbirine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Şekil 3.7. ve eşitlik 3.1.). Ölçüm süresi 2-3 dakikadır. Yapılan çalışmada her bir numunenin su buharı geçirgenliği ölçümü 4 kez tekrarlanmıştır.





**Şekil 3.7. A:** Kumaş plaka üzerinde olmadığı durumda PERMETEST cihazından alınan ölçüm , **B:** Kumaş plaka üzerindeki PERMETEST cihazından alınan ölçüm

$$\% \text{ Su Buharı Geçirgenliği} = [ B \text{ (mm)} / A \text{ (mm)} ] * 100 \quad (3.1.)$$

### 3.2.3. Hava Geçirgenliği Ölçümü

Hava geçirgenlik ölçümleri, TS 391(EN ISO 9237) nolu standarta göre WIRA hava geçirgenlik ölçüm cihazında yapılmıştır ve ölçümler 4 kez tekrar edilmiştir. Bu testte ölçüm alanı 5,08 cm<sup>2</sup> dir ve litre/dakika olarak alınan ölçümler (1/0,000508\*60) değeriyle çarpılarak, litre/m<sup>2</sup>sn 'e dönüştürülmüştür.

### 3.2.4. Kılcallık Ölçümü

Şekil 3.5.'te gösterilen kılcallık düzeneğinde, 2,5 x 20 cm. ( 1 x 8 inch) boyutlarındaki kumaş numunesi dalma derinliği 10 mm. olacak şekilde distile suya daldırılmış; kumaş boyunca suyun ilerlediği mesafe 2, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika sonrasında bir cetvel vasıtasıyla ölçülmüş ve sonuçlar milimetre cinsinden kaydedilmiştir. Her kumaş numunesinden dikey ve yatay yönde 3 ölçüm alınmıştır. Dikey ve yatay yönde kılcallık ölçümleri, günlük giyim şartlarına tam uygunluk sergilemesi amacıyla yapılmıştır. Çünkü, suyun (terin) giysilerde hareketi dikey ve yatay yönde olabilir. Her iki yönde yapılan ölçümler, sıvı suyun kumaşlardaki hareketine yerçekiminin etkisini açığa çıkartacaktır.



### 3.2.5. Kumaş Kalınlığının Ölçümü

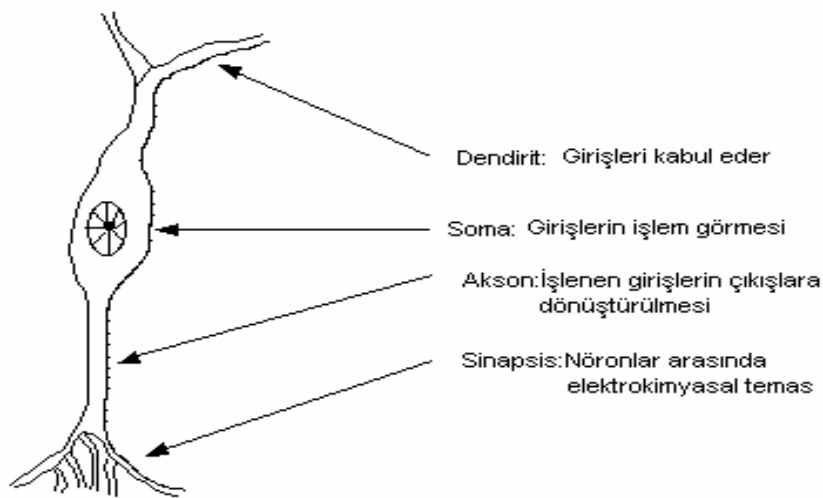
Kumaş kalınlığı ASTM D1777 standartına göre ölçülmüştür. Numuneler 5 x 5 cm. boyutlarında (10 adet) hazırlanıp James H. Heal R & B kumaş kalınlık ölçüm cihazında 10 gr/cm<sup>2</sup> 'lik basınç uygulanarak 0.01 mm. hassasiyetle kalınlık ölçümü yapılmıştır. Her numune için tekrarlı ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak kumaş kalınlığı bulunmuştur.

### 3.2.6. Kumaş Gramajının Ölçümü

Kumaş gramajı ASTM D3776 standartına göre ölçülmüştür. Dairesel numune kesici ile kesilen numuneler hassas terazide tartılmış; kumaşların birim alanlarının ağırlıkları hesaplanarak gramaj değerleri belirlenmiştir.

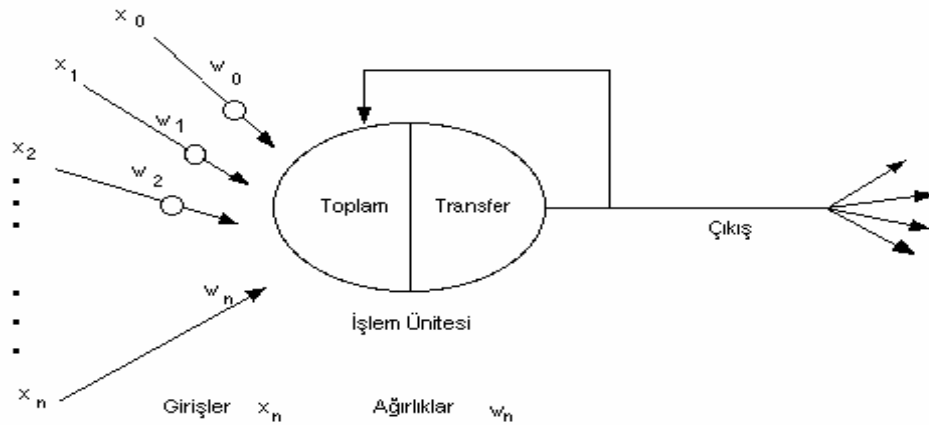
### 3.2.7. Yapay Sinir Ağı Yöntemi (Artificial Neural Networks)

Bilgilerin saklanmasında ve bilgilerin işlenmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve insan sinir sisteminin bilgisayar yardımıyla modellenmesine dayanan bir yöntemdir. Sinir ağı yöntemi 1993 yılından itibaren tekstil problemlerinde uygulanmaya başlamıştır ( Yılmaz 2001, Sette ve Langenhove 2001).



Şekil 3.8. Biyolojik Nöron Yapısı ( [www.dacs.dtic.mil/techs/neural/neural2.html](http://www.dacs.dtic.mil/techs/neural/neural2.html))

Şekil 3.8. tipik bir sinir hücresinin yapısı görülmektedir. Dendritler sinyallerin (girişlerin) alındığı, aksonlar sinyallerin gönderildiği (çıkış) hücre kısımlarıdır. Sinapsisler, bir nöronun aksonuyla diğer nöronun dendritleri arasındaki bağlantıdır ve elektrik impulsları olarak gelen sinir sinyallerini kimyasal proseslere dönüştürür. Benzer yapıda hazırlanan yapay sinirlerde ise elektrik akımı aktarma ünitesi tarafından nümerik değerlere dönüştürülür. Şekil 3.9. yapay sinir yapısı görülmektedir.



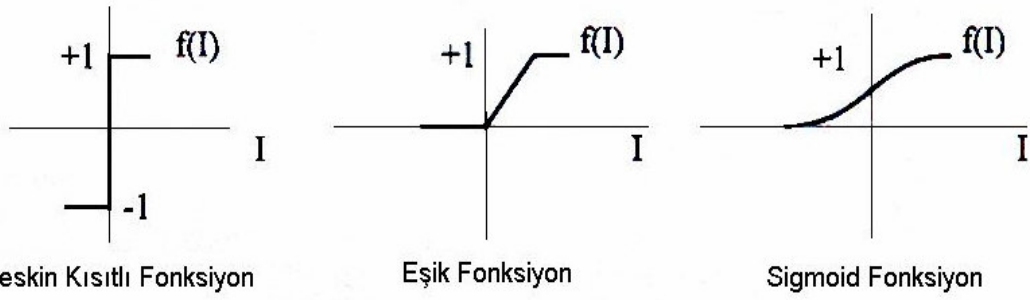
**Şekil 3.9.** Temel Yapay Sinir ( [www.dacs.dtic.mil/techs/neural/neural2.html](http://www.dacs.dtic.mil/techs/neural/neural2.html))

Yapay sinirlerde girişler  $x_1, \dots, x_n$  ile gösterilir ve her bir giriş için  $w_1, \dots, w_n$  şeklinde bağlantı ağırlıkları atanır. İşlem ünitesi ağırlıklı girişleri toplar ve bir transfer (aktarma) fonksiyonuna atar. Bu işlemler, Eşitlik 3.2. ve 3.3.'de görülmektedir.

$$\text{Ağırlıklı girişlerin toplamı} = I = \sum_{i=0}^n w_i x_i \quad (3.2.)$$

$$\text{Transfer fonksiyonu} = f(I) \dots (\text{keskin kısıtlı, eşik veya sigmoid}) \quad (3.3.)$$

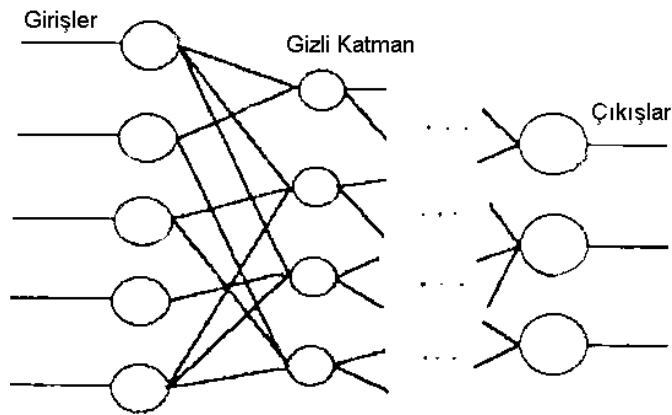
Şekil 3.10. 'da transfer fonksiyonu tipleri görülmektedir. Sinirsel ağlarda transfer fonksiyonu olarak genellikle sigmoid fonksiyon ( $f(I) = 1/(1+e^x)$ ) kullanılır. Çünkü sinirsel ağlar lineer olmayan yapı göstermelerine rağmen, sigmoid fonksiyon kullanılması bir çok sistemde analitik çalışma için daha uygun olmaktadır (Sette ve ark. 1995, Tsai ve ark. 1995).



**Şekil 3.10.** Transfer Fonksiyonları (Sette ve ark. 1995)

### 3.2.7.1. Sinirsel Ağların Eğitilmesi

En çok kullanılan eğitime algoritmalarından birisi Backpropagation yöntemidir. Eğitime deney ve uygulamaya bağlı olarak davranışta meydana gelen nispeten sürekli bir değişimdir. Sinirsel ağlarda eğitime, giriş terminallerinin ağırlıklarının istenilen çıkışları verecek değere getirilmesidir. Backpropagation yönteminde başlangıçta ağırlıklar gelişi güzel atanır. Eğitime ileri ve geri faz olarak iki fazda gerçekleşir.. Gerçek ve hesaplanan değerler arasında hata hesaplanır (Park ve Kang 1997, Jeong ve ark. 2000, Yılmaz 2001,<sup>1,1</sup>).



**Şekil 3.11.** Yapay Sinir ağı (Vangheluwe 1993)

Backpropagation yönteminde ağ, giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanından oluşur. Şekil 3.11.'de katmanlar görülmektedir. Gizli katman sayısı

<sup>1</sup> <http://iit.demokritos.gr/neural>

için teorik olarak bir sayı sınırlaması yoktur. Genelde bir veya iki gizli katman kullanılır. Ancak bazı çalışmalarda minimum üç gizli katman karmaşık problemlerin çözülmesi için gerekli olmaktadır (Jeong ve ark. 2000, <sup>2</sup>).

### 3.2.7.2.Yapay Sinir Ağının Kurulması

Sinir ağı genel olarak sekiz aşamada oluşturulur:

1. Bağlantı ağırlıklarının sıfırlanması
2. Girişlerin (input) seçilmesi
3. Seçilen girişlerle yapay sinirde giriş katmanının oluşturulması
4. Çıkışların (output) seçilmesi
5. Girişlerden çıkışları elde edecek eğitime algoritmasının çalıştırılması
6. Eğitime algoritmasına göre hatanın bulunması ve bağlantı ağırlıklarının yenilenmesi
7. Hata yeterince küçük olana kadar 2 – 6 basamaklarının tekrar edilmesi
8. Yapay sinir ağının çalıştırılması (Park ve Kang 1997, Park ve ark.2000).

### 3.2.7.3. Yapay Sinir Ağı Yönteminin Deneysel Çalışmaya Uygulanması

Bu çalışmada, kumaşların termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerlerinin yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak tahminlemesi yapılmıştır. Burada amaç, kolaylıkla ölçülen yapısal kumaş özellikleri ile kaynaklardan bulunabilecek lif özelliklerini kullanarak kumaşların termal davranışını belirleyebilmektir. Alambeta cihazından alınan termal iletkenlik ( $\lambda$  W/m.K) ve termal absorbtivite ( $b$   $Ws^{1/2}/m^2K$ ) ölçüm sonuçlarından, kumaş yoğunluğunun termal davranış üzerine kuvvetli etkisi olduğu görülmüştür. Holcombe ve Hoschke'nin (1983), Pac ve ark.(2001) çalışmaları, kumaş konstrüksiyonun ve lif iletkenliğinin termal iletkenlik üzerine etkili olduğunu ortaya koymuştur. Lif yoğunluğu ve kumaş yoğunluğunun birbirine oranı (şekil faktörü), kumaş konstrüksiyonun karşılaştırılabilir bir ifadesi olarak kabul edilmiştir. Bu

<sup>1</sup> [http://cortex.snowseed.com/neural\\_networks](http://cortex.snowseed.com/neural_networks)

<sup>2</sup> <http://www.dacs.dtic.mil/techs/neural>

sebeplerle, doktora tezinde kullanılan kumaşların yoğunluk, gramaj ve kalınlık değerleri ile kumaşta kullanılan lif tipinin iletkenlik ve yoğunluk değerleri yapay sinir ağının giriş değerleri (input) olarak seçilmiştir. Karışım mamullerde lif iletkenliği ve yoğunluğu değerleri, karışım oranları göz önüne alınarak Eşitlik 3.4 ile bulunmuştur:

$$\text{Özellik}_{A/B} = (\text{Hacim oranı}_A) \times (\text{Özellik}_A) + (\text{Hacim oranı}_B) \times (\text{Özellik}_B) \quad (3.4)$$

Yapay sinir ağı olarak Cortex paket programı çalışılmıştır<sup>(1)</sup>. Backpropagation eğitilme algoritması ve sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Giriş olarak, I.grup kumaşların değerleri seçilmiştir. Sinir ağı 3 katmanlı, 6 giriş, 6 gizli ve 2 çıkış olarak oluşturulmuştur. Seçilen giriş ve çıkışlar aşağıda belirtilmektedir:

#### **Girişler**

X<sub>1</sub> : Kumaş gramajı (W, g/m<sup>2</sup>)

X<sub>2</sub> : Kumaş kalınlığı (h, mm)

X<sub>3</sub> : Kumaş yoğunluğu ( q<sub>kumaş</sub>, gr/m<sup>3</sup>)

X<sub>4</sub> : Lif iletkenliği (λ<sub>lif</sub> W/m.K)

X<sub>5</sub> .Lif yoğunluğu ( q<sub>lif</sub>, gr/m<sup>3</sup>)

X<sub>6</sub> : Şekil faktörü (q<sub>kumaş</sub> / q<sub>lif</sub>)

#### **Çıkışlar**

y<sub>1</sub> : Kumaş termal iletkenliği (λ ,W/m.K)

y<sub>2</sub>: Kumaş termal absorbtivitesi (b, W s<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K)

Programda, ağırlıkların değişimlerinin ortalaması 0,01'den küçük oluncaya kadar döngü tekrar edilmiş 218452 döngü sonunda çıkışlar alınmıştır.

### **3.2.8. Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi**

Ölçümler sonucunda elde edilen II. grup kumaşlara ait verilerin değerlendirilmesinde, 2 faktörlü (lif tipi ve kumaş yapısı) varyans analizi (ANOVA) metodu kullanılmıştır. Varyans analizi COSTAT istatistik programı ile yapılmış, varyans analizi sonucunda bulunan F<sub>s</sub> (F<sub>istatistik</sub>) değeri, I.Tip Hata

<sup>1</sup> <http://cortex.snowseed.com>

$\alpha=0.05$  için bulunan  $F_t$  ( $F_{\text{tablo}}$ ) ile karşılaştırılarak faktörlerin önem sıraları çıkartılmıştır.  $F_s > F_t$  olduğu durumlarda SNK (Student Newman Keuls) testi sonucu faktör seviyeleri arasındaki farklar bulunmuştur. SNK testinde faktörler, ortalama değerlerine uyumlu şekilde harflerle işaretlenmiştir. Aynı harfle işaretlenen faktör seviyeleri arasında istatistiksel fark yoktur.

Astar örgülü kumaşların ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde uygulanan varyans analizinde ise, faktörler kumaş tipi ve şardonlama işlemi olarak seçilmiştir. II. grup kumaşlarda uygulandığı gibi COSTAT istatistik analiz programı kullanılarak yukarıda sıralanan işlem sırası takip edilmiştir. Astar örgülü kumaş tiplerinin faktör seviyeleri arasındaki sıralamayı görmek için yapılan SNK analizinde ise, kumaş tipinin tek faktör olduğu varyans analizi kullanılmıştır.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan varyans analizinin matematiksel modeli ve hipotezler şu şekildedir:

#### Matematiksel model

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

$\mu$  :Bütün faktör seviyeleri için ortak etki

$A_i$  : 1. faktörün (lif tipi / kumaş tipi) etkisi

$B_j$  : 2. faktörün (kumaş yapısı / şardonlama) etkisi

$(AB)_{ij}$  :Faktörlerin kesişiminin etkisi

$\varepsilon_{ij}$  :Tanımlanamayan hata

#### Kullanılan $H_0$ hipotezleri

$H_{01}$  :Lif tipinin / Kumaş tipini etkisi yoktur

$H_{02}$  :Kumaş yapısının / Şardonlamanın etkisi yoktur

$H_{03}$  : Kesişiminin etkisi yoktur

## 4. BULGULAR

### 4.1. Birinci Grup Kumaş Numunelerinin Deney Sonuçları

**Çizelge 4.1.** Kuru halde 200 Pa ,24 °C, %56 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları

| <i>Kumaş Kodu</i>   | $\lambda \cdot 10^3$<br>W/mK | $a \cdot 10^6$<br>m <sup>2</sup> /s | $b$<br>Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K | $r \cdot 10^3$<br>m <sup>2</sup> K/W | $h$<br>mm    | $P$<br>q <sub>max</sub> /q | $q \cdot 10^3$<br>W/m <sup>2</sup> |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------|
| RL1 ortalama<br>cv  | 64,58<br>2,37                | 0,07<br>4,47                        | 250,50<br>3,17                             | 7,68<br>1,64                         | 0,49<br>1,94 | 1,43<br>1,51               | 0,63<br>2,42                       |
| RL2 ortalama<br>cv  | 64,68<br>1,67                | 0,06<br>9,79                        | 256,75<br>4,52                             | 7,65<br>1,69                         | 0,50<br>1,17 | 1,46<br>2,28               | 0,64<br>1,32                       |
| RL3 ortalama<br>cv  | 74,80<br>1,44                | 0,06<br>3,21                        | 295,00<br>2,09                             | 6,33<br>0,79                         | 0,47<br>1,06 | 1,45<br>0,69               | 0,72<br>1,22                       |
| RL4 ortalama<br>cv  | 72,38<br>0,85                | 0,06<br>7,83                        | 287,75<br>4,10                             | 6,25<br>2,07                         | 0,45<br>1,81 | 1,38<br>2,18               | 0,69<br>2,52                       |
| RL5 ortalama<br>cv  | 39,30<br>0,75                | 0,15<br>5,79                        | 102,50<br>2,93                             | 13,85<br>0,72                        | 0,55<br>1,06 | 1,25<br>4,67               | 0,36<br>4,94                       |
| RL6 ortalama<br>cv  | 57,85<br>3,39                | 0,06<br>11,85                       | 244,75<br>3,10                             | 6,83<br>3,02                         | 0,39<br>5,65 | 1,35<br>1,26               | 0,64<br>2,57                       |
| RL7 ortalama<br>cv  | 46,35<br>1,80                | 0,10<br>3,84                        | 145,00<br>2,39                             | 16,48<br>3,37                        | 0,77<br>2,50 | 1,70<br>2,67               | 0,43<br>2,75                       |
| RL8 ortalama<br>cv  | 51,70<br>0,82                | 0,06<br>4,89                        | 205,75<br>3,03                             | 8,43<br>1,49                         | 0,44<br>1,14 | 1,45<br>1,26               | 0,60<br>1,30                       |
| RL9 ortalama<br>cv  | 62,58<br>1,61                | 0,08<br>9,75                        | 224,50<br>4,75                             | 9,95<br>3,72                         | 0,62<br>2,41 | 1,46<br>3,05               | 0,53<br>3,43                       |
| RL10 ortalama<br>cv | 41,30<br>1,76                | 0,15<br>7,77                        | 105,75<br>4,53                             | 12,23<br>1,55                        | 0,50<br>1,91 | 1,25<br>1,04               | 0,39<br>1,48                       |
| RL11 ortalama<br>cv | 73,98<br>4,00                | 0,10<br>3,46                        | 229,00<br>2,55                             | 9,25<br>1,40                         | 0,68<br>4,03 | 1,47<br>3,72               | 0,56<br>2,64                       |
| RL12 ortalama<br>cv | 68,23<br>1,64                | 0,07<br>7,79                        | 266,25<br>3,16                             | 6,73<br>5,06                         | 0,46<br>2,72 | 1,42<br>7,67               | 0,68<br>5,81                       |
| RL13 ortalama<br>cv | 64,23<br>2,56                | 0,07<br>6,24                        | 242,75<br>1,36                             | 7,10<br>2,57                         | 0,46<br>1,09 | 1,42<br>0,68               | 0,65<br>1,60                       |
| RL14 ortalama<br>cv | 51,85<br>3,17                | 0,07<br>0,70                        | 193,75<br>3,30                             | 10,70<br>4,04                        | 0,56<br>1,72 | 1,49<br>0,95               | 0,52<br>2,14                       |
| RL15 ortalama<br>cv | 58,90<br>4,95                | 0,10<br>1,86                        | 188,25<br>5,39                             | 10,23<br>7,20                        | 0,61<br>5,65 | 1,41<br>4,29               | 0,51<br>6,13                       |
| RL16 ortalama<br>cv | 65,93<br>1,72                | 0,06<br>1,41                        | 274,25<br>1,50                             | 8,88<br>3,36                         | 0,59<br>1,71 | 1,65<br>1,45               | 0,66<br>0,96                       |
| RR1 ortalama<br>cv  | 70,53<br>2,61                | 0,09<br>21,53                       | 244,00<br>9,68                             | 9,63<br>0,52                         | 0,67<br>2,54 | 1,67<br>7,24               | 0,64<br>8,25                       |
| RR2 ortalama<br>cv  | 40,53<br>1,87                | 0,16<br>13,72                       | 102,78<br>6,69                             | 12,88<br>1,33                        | 0,52<br>0,96 | 1,29<br>2,42               | 0,39<br>1,41                       |
| RR3 ortalama<br>cv  | 58,60<br>2,96                | 0,12<br>6,98                        | 172,75<br>5,25                             | 15,90<br>3,25                        | 0,93<br>1,03 | 1,75<br>5,05               | 0,45<br>7,55                       |
| RR4 ortalama<br>cv  | 57,28<br>1,27                | 0,11<br>8,51                        | 171,50<br>5,05                             | 15,68<br>2,92                        | 0,90<br>2,72 | 1,57<br>3,84               | 0,41<br>5,01                       |

**Çizelge 4.1.(Devam)** Kuru halde 200 Pa ,24 °C, %56 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b>   | <b><math>\lambda \cdot 10^3</math><br/>W/mK</b> | <b><math>a \cdot 10^6</math><br/>m<sup>2</sup>/s</b> | <b>b<br/>Ws<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K</b> | <b><math>r \cdot 10^3</math><br/>m<sup>2</sup>K/W</b> | <b>h<br/>mm</b> | <b>P<br/>q<sub>max</sub>/q</b> | <b><math>q \cdot 10^3</math><br/>W/m<sup>2</sup></b> |
|---------------------|---|--|--|---|-----------------|--------------------------------|--|
| RR5 ortalama<br>cv  | 50,93<br>2,34                                   | 0,11<br>9,59   | 157,25<br>5,97                               | 14,65<br>2,33   | 0,75<br>1,34    | 1,63<br>4,64                   | 0,45<br>5,56   |
| RR6 ortalama<br>cv  | 48,95<br>1,09                                   | 0,11<br>3,99   | 144,75<br>1,82                               | 18,70<br>0,76   | 0,92<br>0,54    | 1,96<br>1,73                   | 0,44<br>1,33   |
| RR7 ortalama<br>cv  | 48,83<br>0,94                                   | 0,12<br>9,32   | 139,50<br>4,16                               | 19,35<br>0,90   | 0,95<br>1,06    | 1,93<br>2,77                   | 0,42<br>3,16   |
| RR8 ortalama<br>cv  | 51,90<br>1,57                                   | 0,17<br>11,49  | 124,50<br>5,18                               | 20,38<br>2,58   | 1,06<br>3,50    | 1,77<br>5,78                   | 0,38<br>5,68   |
| RR9 ortalama<br>cv  | 48,13<br>1,13                                   | 0,13<br>13,28  | 136,25<br>5,91                               | 16,35<br>0,79   | 0,79<br>1,27    | 1,62<br>2,57                   | 0,41<br>2,13   |
| RR10 ortalama<br>cv | 42,40<br>4,04                                   | 0,09<br>16,18  | 142,50<br>4,53                               | 8,93<br>1,41  | 0,38<br>3,33    | 1,23<br>1,99                   | 0,49<br>1,69   |
| RR11 ortalama<br>cv | 46,73<br>1,77                                   | 0,16<br>3,96   | 117,25<br>2,25                               | 15,78<br>1,50   | 0,74<br>0,78    | 1,55<br>0,91                   | 0,40<br>1,61   |
| RR12 ortalama<br>Cv | 55,40<br>1,67                                   | 0,12<br>8,58   | 161,75<br>3,92                               | 17,20<br>1,90   | 0,97<br>1,79    | 1,92<br>4,51                   | 0,46<br>3,27   |
| RR13 ortalama<br>cv | 61,78<br>1,66                                   | 0,14<br>12,12  | 166,00<br>6,47                               | 15,18<br>4,79   | 0,94<br>2,81    | 1,69<br>5,06                   | 0,44<br>6,73   |
| RR14 ortalama<br>cv | 63,33<br>1,10                                   | 0,09<br>10,46  | 214,75<br>6,47                               | 9,93<br>2,23  | 0,63<br>1,30    | 1,52<br>20,44                  | 0,61<br>5,01   |
| RR15 ortalama<br>cv | 61,43<br>1,12                                   | 0,12<br>13,91  | 177,00<br>6,86                               | 14,40<br>1,70   | 0,89<br>1,46    | 1,68<br>3,80                   | 0,47<br>4,31   |
| RR16 ortalama<br>cv | 46,93<br>0,88                                   | 0,10<br>4,79   | 149,75<br>1,76                               | 17,80<br>1,45   | 0,84<br>2,07    | 1,78<br>1,86                   | 0,42<br>2,52   |
| AS1 ortalama<br>cv  | 55,93<br>1,43                                   | 0,13<br>4,60   | 153,00<br>3,29                               | 21,28<br>0,89   | 1,19<br>1,68    | 1,75<br>3,41                   | 0,36<br>4,28   |
| AS2 ortalama<br>cv  | 53,58<br>1,77                                   | 0,14<br>4,95   | 144,00<br>3,72                               | 20,48<br>2,72   | 1,10<br>1,58    | 1,75<br>1,43                   | 0,37<br>2,42   |
| AS3 ortalama<br>cv  | 51,53<br>1,35                                   | 0,13<br>3,65   | 142,50<br>0,91                               | 23,63<br>2,40   | 1,22<br>1,71    | 1,74<br>2,13                   | 0,32<br>1,63   |
| AS4 ortalama<br>cv  | 55,13<br>2,32                                   | 0,22<br>19,05  | 119,75<br>8,16                               | 22,98<br>2,55   | 1,27<br>1,51    | 1,55<br>5,72                   | 0,29<br>4,72   |
| AS1Ş ortalama<br>cv | 47,68<br>2,48                                   | 0,28<br>14,60  | 90,70<br>8,12                                | 34,95<br>5,16   | 1,67<br>3,12    | 1,74<br>4,82                   | 0,23<br>6,13   |
| AS2Ş ortalama<br>cv | 47,20<br>1,93                                   | 0,28<br>25,13  | 91,58<br>15,36                               | 28,85<br>7,98   | 1,36<br>7,28    | 1,48<br>8,07                   | 0,23<br>7,13   |
| AS3Ş ortalama<br>cv | 45,55<br>4,45                                   | 0,25<br>7,35   | 91,23<br>7,72                                | 39,28<br>14,29  | 1,78<br>9,80    | 1,71<br>3,63                   | 0,20<br>8,47   |
| AS4Ş ortalama<br>cv | 47,20<br>2,10                                   | 0,24<br>16,77  | 97,60<br>6,50                                | 38,93<br>4,20   | 1,84<br>5,06    | 1,93<br>3,61                   | 0,23<br>3,72   |



**Çizelge 4.2.** Kuru halde 400 Pa ,24 °C, %58 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b> |                | <b><math>\lambda \cdot 10^3</math><br/>W/mK</b> | <b><math>a \cdot 10^6</math><br/>m<sup>2</sup>/s</b> | <b>b<br/>Ws<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K</b> | <b><math>r \cdot 10^3</math><br/>m<sup>2</sup>K/W</b> | <b>h<br/>mm</b> | <b>P<br/>q<sub>max</sub>/q</b> | <b><math>q \cdot 10^3</math><br/>W/m<sup>2</sup></b> |
|-------------------|----------------|---|--|--|---|-----------------|--------------------------------|--|
| RL1               | ortalama<br>cv | 84,9<br>1,9                                     | 0,085<br>5,7   | 291<br>4,3                                   | 5,9<br>1,4  | 0,5<br>0,7      | 1,39<br>2,1                    | 0,722<br>2,5   |
| RL2               | ortalama<br>cv | 81,9<br>6,5                                     | 0,07<br>19,3   | 313<br>6,1                                   | 6<br>2,3  | 0,49<br>4,9     | 1,49<br>4,2                    | 0,764<br>4,7   |
| RL3               | ortalama<br>cv | 93,1<br>2,5                                     | 0,073<br>6,3   | 344<br>1,8                                   | 4,9<br>1,1  | 0,46<br>1,4     | 1,42<br>3,1                    | 0,818<br>3,4   |
| RL4               | ortalama<br>cv | 92,9<br>4,4                                     | 0,074<br>4,3   | 341<br>5                                     | 4,9<br>1,9  | 0,46<br>3,3     | 1,35<br>2,4                    | 0,769<br>3,6   |
| RL5               | ortalama<br>cv | 46,7<br>3,3                                     | 0,17<br>15,1   | 114<br>5,5                                   | 11,1<br>0,8   | 0,52<br>3,5     | 1,19<br>1,1                    | 0,405<br>1,3   |
| RL6               | ortalama<br>cv | 78<br>2,3                                       | 0,073<br>3,9   | 289<br>1,5                                   | 5,1<br>1,7  | 0,4<br>2,9      | 1,3<br>0,6                     | 0,734<br>0,7   |
| RL7               | ortalama<br>cv | 52<br>2,5                                       | 0,103<br>6,5   | 162<br>1,8                                   | 12,8<br>3,8   | 0,67<br>5,8     | 1,61<br>2,9                    | 0,487<br>2,2   |
| RL8               | ortalama<br>cv | 65,2<br>2,7                                     | 0,075<br>5,7   | 238<br>2,8                                   | 6,5<br>2  | 0,42<br>1,7     | 1,39<br>0,9                    | 0,679<br>1,6   |
| RL9               | ortalama<br>cv | 87,7<br>2,5                                     | 0,088<br>3,3   | 296<br>3,1                                   | 6,3<br>1,6  | 0,56<br>2,3     | 1,42<br>2,1                    | 0,709<br>2,7   |
| RL10              | ortalama<br>cv | 47,9<br>3,2                                     | 0,169<br>14,4  | 117<br>6                                     | 9,6<br>1,5  | 0,46<br>3,9     | 1,18<br>1                      | 0,443<br>0,6   |
| RL11              | ortalama<br>cv | 86,3<br>1,4                                     | 0,097<br>6,6   | 278<br>4,4                                   | 7,3<br>1,9  | 0,63<br>0,9     | 1,48<br>1,9                    | 0,672<br>2   |
| RL12              | ortalama<br>cv | 86,3<br>1,3                                     | 0,075<br>9,1   | 315<br>3,3                                   | 5,4<br>1,9  | 0,47<br>2,7     | 1,38<br>1,5                    | 0,754<br>1,8   |
| RL13              | ortalama<br>cv | 86,4<br>1,6                                     | 0,087<br>3,1   | 292<br>2,3                                   | 5,3<br>1,2  | 0,46<br>0,7     | 1,38<br>1,1                    | 0,764<br>1,2   |
| RL14              | ortalama<br>cv | 61,7<br>1,5                                     | 0,089<br>10,9  | 208<br>5,4                                   | 8,3<br>0,8  | 0,51<br>1,5     | 1,39<br>2,3                    | 0,583<br>2,5   |
| RL15              | ortalama<br>cv | 80,4<br>2,3                                     | 0,108<br>7,3   | 245<br>3,5                                   | 6,5<br>2,3  | 0,52<br>1,3     | 1,35<br>2,7                    | 0,661<br>2,3   |
| RL16              | ortalama<br>cv | 80,5<br>2,3                                     | 0,072<br>5,6   | 300<br>0,6                                   | 6,9<br>1,3  | 0,55<br>1,2     | 1,54<br>1,3                    | 0,733<br>0,8   |
| RR1               | ortalama<br>cv | 82,5<br>1,2                                     | 0,08<br>3,4  | 291<br>2,3                                   | 7,8<br>1  | 0,64<br>1,4     | 1,73<br>1,4                    | 0,758<br>1,2   |
| RR2               | ortalama<br>Cv | 47,2<br>4,1                                     | 0,199<br>11,2  | 106<br>1,8                                   | 10,8<br>1,3   | 0,51<br>2,8     | 1,23<br>0,7                    | 0,427<br>1,1   |
| RR3               | ortalama<br>cv | 65,9<br>0,7                                     | 0,126<br>4,1   | 186<br>2                                     | 12,6<br>3,2   | 0,83<br>2,9     | 1,7<br>2,1                     | 0,525<br>1,5   |
| RR4               | ortalama<br>cv | 78,4<br>3,3                                     | 0,097<br>4,2   | 251<br>5,2                                   | 9,4<br>5  | 0,74<br>4       | 1,61<br>3                      | 0,616<br>5,3   |
| RR5               | ortalama<br>cv | 59,8<br>4,4                                     | 0,108<br>8,2   | 182<br>2,8                                   | 11<br>2,5   | 0,66<br>3,9     | 1,6<br>0,6                     | 0,546<br>2,2   |
| RR6               | ortalama<br>cv | 51,1<br>1,2                                     | 0,107<br>7,1   | 156<br>2,3                                   | 16<br>1,4   | 0,82<br>2,1     | 1,91<br>1,7                    | 0,495<br>2,2   |
| RR7               | ortalama<br>cv | 51,9<br>1                                       | 0,121<br>7,1   | 149<br>3                                     | 16,4<br>0,4   | 0,85<br>1,4     | 1,89<br>2,3                    | 0,476<br>2,5   |
| RR8               | ortalama<br>cv | 53,9<br>1,3                                     | 0,164<br>11,7  | 134<br>5                                     | 16,6<br>1   | 0,89<br>2,2     | 1,7<br>2,8                     | 0,426<br>3,3   |

**Çizelge 4.2. (Devam)**Kuru halde 400 Pa ,24 °C, %58 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b> | <b><math>\lambda \cdot 10^3</math><br/>W/mK</b> | <b><math>a \cdot 10^6</math><br/>m<sup>2</sup>/s</b> | <b>b<br/>Ws<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K</b> | <b><math>r \cdot 10^3</math><br/>m<sup>2</sup>K/W</b> | <b>h<br/>mm</b> | <b>P<br/>q<sub>max</sub>/q</b> | <b><math>q \cdot 10^3</math><br/>W/m<sup>2</sup></b> |
|-------------------|---|--|--|---|-----------------|--------------------------------|--|
| RR9 ortalama      | 52  | 0,118  | 152  | 13,3  | 0,69            | 1,56                           | 0,467  |
| Cv                | 0,8   | 5,5  | 3,5  | 1,3   | 1               | 2,3                            | 3,7  |
| RR10 ortalama     | 49,3  | 0,096  | 160  | 7,6   | 0,37            | 1,26                           | 0,555  |
| cv                | 4,8   | 16,6   | 4,6  | 0,4   | 4,5             | 1,2                            | 1,3  |
| RR11 ortalama     | 50,5  | 0,145  | 133  | 13,2  | 0,66            | 1,58                           | 0,471  |
| cv                | 0,6   | 5  | 2,9  | 1,3   | 1               | 0,8                            | 0,2  |
| RR12 ortalama     | 64,2  | 0,119  | 187  | 13,1  | 0,84            | 1,93                           | 0,581  |
| cv                | 1   | 7,9  | 4,1  | 3,4   | 4,2             | 4                              | 3,6  |
| RR13 ortalama     | 76,1  | 0,139  | 204  | 10,5  | 0,8             | 1,63                           | 0,58   |
| cv                | 1,3   | 3,2  | 2,4  | 3   | 1,8             | 0,9                            | 2,7  |
| RR14 ortalama     | 68,3  | 0,088  | 230  | 8,7   | 0,59            | 1,63                           | 0,66   |
| cv                | 3,1   | 7,6  | 3,1  | 1   | 2,5             | 2,9                            | 2,3  |
| RR15 ortalama     | 66,4  | 0,106  | 205  | 12,5  | 0,83            | 1,79                           | 0,554  |
| cv                | 3,3   | 8,8  | 1,6  | 0,9   | 2,8             | 3,3                            | 2,6  |
| RR16 ortalama     | 53,3  | 0,103  | 166  | 13,2  | 0,7             | 1,7                            | 0,505  |
| cv                | 5,4   | 10,6   | 2,3  | 0,8   | 5,5             | 2,3                            | 3,2  |
| AS1 ortalama      | 66,3  | 0,167  | 163  | 15,7  | 1,04            | 1,59                           | 0,412  |
| cv                | 1,1   | 12,7   | 6,2  | 1,7   | 0,9             | 5,4                            | 5,3  |
| AS2 ortalama      | 58,8  | 0,146  | 154  | 16,6  | 0,97            | 1,68                           | 0,42   |
| cv                | 1,6   | 10,5   | 5,1  | 1,7   | 2               | 3,5                            | 4  |
| AS3 ortalama      | 58,2  | 0,179  | 139  | 17,8  | 1,04            | 1,52                           | 0,358  |
| cv                | 1,5   | 18,7   | 10   | 1,4   | 2,2             | 5,8                            | 6,3  |
| AS4 ortalama      | 64,9  | 0,19   | 149  | 17,2  | 1,12            | 1,63                           | 0,395  |
| cv                | 0,6   | 11,2   | 5,8  | 1,6   | 1,7             | 1,9                            | 2,8  |
| AS1Ş ortalama     | 52,2  | 0,244  | 107  | 25,4  | 1,33            | 1,73                           | 0,301  |
| cv                | 2,1   | 16,5   | 11   | 5,5   | 3,5             | 4,9                            | 7,1  |
| AS2Ş ortalama     | 52,9  | 0,19   | 122  | 20,7  | 1,1             | 1,56                           | 0,324  |
| cv                | 0,8   | 10,8   | 5,7  | 2,2   | 2,5             | 3                              | 4  |
| AS3Ş ortalama     | 50,5  | 0,296  | 94,1   | 28,6  | 1,44            | 1,56                           | 0,247  |
| cv                | 2,7   | 19,8   | 12,3   | 12,3  | 9,9             | 5,1                            | 7,8  |
| AS4Ş ortalama     | 52,1  | 0,246  | 105  | 29  | 1,51            | 1,92                           | 0,298  |
| cv                | 0,6   | 10,1   | 5,6  | 4,5   | 4,4             | 5,7                            | 3,6  |

**Çizelge 4.3.** % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbtivite (24 °C, %58 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta), Hava Geçirgenliği (Wira) Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b> |                | <b>Su Buharı Geçirgenliği %</b> | <b><math>b_{nem}</math><br/><math>Ws^{1/2}/m^2K</math></b> | <b>Hava Geçirgenliği litre/m<sup>2</sup>sn</b> |
|-------------------|----------------|---------------------------------|--|--|
| RL1               | ortalama<br>cv | 22,40<br>6,73                   | 734,25<br>8,38   | 215,989<br>4,38                                |
| RL2               | ortalama<br>cv | 20,54<br>2,24                   | 683,75<br>7,29   | 174,978<br>9,76                                |
| RL3               | ortalama<br>cv | 20,61<br>2,67                   | 708,00<br>4,50   | 98,425<br>8,33                                 |
| RL4               | ortalama<br>cv | 20,04<br>1,16                   | 704,25<br>5,72   | 115,923<br>26,90                               |
| RL5               | ortalama<br>cv | 28,50<br>13,04                  | 621,25<br>4,90   | >820,21  |
| RL6               | ortalama<br>cv | 23,68<br>2,83                   | 686,00<br>6,24   | 448,382<br>1,06                                |
| RL7               | ortalama<br>cv | 18,86<br>1,08                   | 569,00<br>7,77   | 183,180<br>11,27                               |
| RL8               | ortalama<br>cv | 34,47<br>3,17                   | 676,50<br>7,40   | >820,21  |
| RL9               | ortalama<br>cv | 18,84<br>2,95                   | 738,25<br>6,19   | 225,284<br>10,33                               |
| RL10              | ortalama<br>cv | 29,36<br>5,92                   | 600,50<br>2,92   | >820,21  |
| RL11              | ortalama<br>cv | 18,99<br>3,11                   | 714,25<br>6,61   | 79,287<br>13,46                                |
| RL12              | ortalama<br>cv | 21,37<br>5,32                   | 704,75<br>6,11   | 486,658<br>5,15                                |
| RL13              | ortalama<br>cv | 21,47<br>6,18                   | 754,50<br>3,94   | 155,840<br>9,12                                |
| RL14              | ortalama<br>cv | 24,73<br>7,00                   | 676,25<br>7,07   | 765,529<br>8,92                                |
| RL15              | ortalama<br>cv | 19,44<br>4,57                   | 695,00<br>3,89   | 134,514<br>6,34                                |
| RL16              | ortalama<br>cv | 20,25<br>2,26                   | 580,00<br>4,82   | 161,855<br>27,97                               |
| RR1               | ortalama<br>cv | 19,83<br>14,44                  | 630,50<br>4,38   | 109,361<br>24,11                               |
| RR2               | ortalama<br>cv | 62,50<br>2,75                   | 621,50<br>4,86   | >820,21  |
| RR3               | ortalama<br>cv | 18,95<br>4,11                   | 588,75<br>3,74   | 265,201<br>7,78                                |
| RR4               | ortalama<br>cv | 19,97<br>1,39                   | 576,00<br>5,63   | 272,310<br>6,11                                |
| RR5               | ortalama<br>cv | 23,41<br>2,15                   | 633,00<br>5,16   | 698,272<br>8,90                                |
| RR6               | ortalama<br>cv | 20,82<br>4,08                   | 600,25<br>4,14   | 470,254<br>2,66                                |
| RR7               | ortalama<br>cv | 20,49<br>2,74                   | 586,50<br>2,52   | 467,519<br>7,02                                |

**Çizelge 4.3.(Devam) % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbanslık (24 °C, %58 Bağlı Nem Şartlarında Alambeta), Hava Geçirgenliği (Wira) Ölçüm Sonuçları**

| <b>Kumaş Kodu</b>   | <b>Su Buharı Geçirgenliği %</b> | <b><math>b_{nem}</math><br/><math>Ws^{1/2}/m^2K</math></b> | <b>Hava Geçirgenliği litre/m<sup>2</sup>sn</b> |
|---------------------|---------------------------------|--|--|
| RR8 ortalama<br>cv  | 24,27<br>2,48                   | 522,75<br>3,77   | 626,094<br>8,32                                |
| RR9 ortalama<br>cv  | 28,15<br>1,07                   | 590,25<br>6,73   | >820,21  |
| RR10 ortalama<br>cv | 31,28<br>3,71                   | 670,75<br>3,80   | >820,21  |
| RR11 ortalama<br>cv | 24,20<br>3,06                   | 616,75<br>4,47   | 567,585<br>1,53                                |
| RR12 ortalama<br>cv | 22,41<br>2,38                   | 518,25<br>7,02   | 609,689<br>12,21                               |
| RR13 ortalama<br>cv | 19,10<br>3,93                   | 598,75<br>5,87   | 317,148<br>11,66                               |
| RR14 ortalama<br>cv | 28,63<br>9,39                   | 686,75<br>5,16   | >820,21  |
| RR15 ortalama<br>cv | 23,96<br>6,78                   | 626,75<br>2,23   | 447,288<br>3,96                                |
| RR16 ortalama<br>cv | 21,24<br>3,45                   | 606,25<br>3,48   | 496,500<br>5,49                                |
| AS1 ortalama<br>cv  | 17,62<br>5,75                   | 572,50<br>4,42   | 230,752<br>10,70                               |
| AS2 ortalama<br>cv  | 19,79<br>5,01                   | 555,25<br>3,87   | 359,252<br>10,44                               |
| AS3 ortalama<br>cv  | 17,62<br>12,70                  | 577,50<br>5,55   | 314,414<br>3,98                                |
| AS4 ortalama<br>cv  | 18,88<br>3,19                   | 527,75<br>7,98   | 247,157<br>4,98                                |
| AS1Ş ortalama<br>cv | 17,75<br>1,81                   | 535,23<br>6,41   | 202,319<br>2,34                                |
| AS2Ş ortalama<br>cv | 19,70<br>4,06                   | 546,50<br>4,54   | 265,201<br>4,72                                |
| AS3Ş ortalama<br>cv | 18,18<br>5,46                   | 516,50<br>4,56   | 279,418<br>10,34                               |
| AS4Ş ortalama<br>cv | 17,05<br>1,36                   | 527,25<br>5,75   | 226,925<br>4,17                                |

**Çizelge 4.4. a)** 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 2, 5, 10, 15 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)

| Kumaş Kodu    | Süre (dakika) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | 2             |       | 5     |       | 10    |       | 15    |       |
|               | Dikey         | Yatay | Dikey | Yatay | Dikey | Yatay | Dikey | Yatay |
| RL1 ortalama  | 2,7           | 3,3   | 4,5   | 4,7   | 7,0   | 6,0   | 8,7   | 7,3   |
| cv            | 43,3          | 17,3  | 29,4  | 12,4  | 24,7  | 0,0   | 13,3  | 7,9   |
| RL2 ortalama  | 16,3          | 37,7  | 36,3  | 77,0  | 52,3  | 124,7 | 63,0  | 159,3 |
| cv            | 7,1           | 4,1   | 10,4  | 4,7   | 1,1   | 1,7   | 1,6   | 2,2   |
| RL3 ortalama  | 24,7          | 41,3  | 47,0  | 89,3  | 64,7  | 143,7 | 79,7  | 184,7 |
| cv            | 2,3           | 27,8  | 4,3   | 3,4   | 3,2   | 3,4   | 4,4   | 4,9   |
| RL4 ortalama  | 34,3          | 39,0  | 61,0  | 94,3  | 83,0  | 144,3 | 100,0 | 181,0 |
| cv            | 6,1           | 4,4   | 8,7   | 6,4   | 3,2   | 4,9   | 2,0   | 0,9   |
| RL5 ortalama  | 71,3          | 102,0 | 98,3  | 172,3 | 119,0 | 193,0 | 132,3 | 193,0 |
| cv            | 0,8           | 6,7   | 2,1   | 1,2   | 0,8   | 0,0   | 0,4   | 0,0   |
| RL6 ortalama  | 1,3           | 3,0   | 5,0   | 6,7   | 12,0  | 13,0  | 20,7  | 24,3  |
| cv            | 114,6         | 33,3  | 40,0  | 31,2  | 25,0  | 15,4  | 40,1  | 12,6  |
| RL7 ortalama  | 85,0          | 85,7  | 120,0 | 142,7 | 152,3 | 193,0 | 170,0 | 193,0 |
| cv            | 2,4           | 1,8   | 1,4   | 2,7   | 1,0   | 0,0   | 4,6   | 0,0   |
| RL8 ortalama  | 1,0           | 7,3   | 5,0   | 26,7  | 18,0  | 43,7  | 26,7  | 51,7  |
| cv            | 100,0         | 34,3  | 52,9  | 31,9  | 45,5  | 13,9  | 28,1  | 12,9  |
| RL9 ortalama  | 13,7          | 16,3  | 27,7  | 36,3  | 45,7  | 69,0  | 55,3  | 90,7  |
| cv            | 11,2          | 9,4   | 4,2   | 7,9   | 7,7   | 18,9  | 6,8   | 16,6  |
| RL10 ortalama | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| cv            |               |       |       |       |       |       |       |       |
| RL11 ortalama | 2,0           | 5,0   | 6,7   | 12,3  | 17,3  | 26,3  | 26,7  | 40,3  |
| cv            | 86,6          | 34,6  | 43,3  | 20,4  | 13,3  | 14,4  | 11,5  | 9,4   |
| RL12 ortalama | 22,0          | 23,3  | 39,0  | 70,7  | 57,6  | 142,0 | 70,3  | 192,0 |
| cv            | 12,0          | 15,1  | 5,1   | 8,1   | 6,1   | 1,9   | 4,6   | 0,9   |
| RL13 ortalama | 64,0          | 55,3  | 95,3  | 107,0 | 122,0 | 161,7 | 142,0 | 191,7 |
| cv            | 1,6           | 5,2   | 1,2   | 8,9   | 0     | 4,7   | 0     | 1,2   |
| RL14 ortalama | 19,7          | 19,7  | 33,7  | 39,7  | 49,7  | 65,3  | 61,0  | 85,0  |
| cv            | 10,6          | 5,9   | 8,6   | 6,3   | 8,1   | 9,8   | 4,3   | 7,4   |
| RL15 ortalama | 3,3           | 88,3  | 6,7   | 134,0 | 11,3  | 184,7 | 15,0  | 193,0 |
| cv            | 34,6          | 6,6   | 22,9  | 1,9   | 10,2  | 0,8   | 6,7   | 0,0   |
| RL16 ortalama | 7,0           | 13,0  | 24,3  | 30,3  | 44,3  | 52,3  | 56,3  | 67,7  |
| cv            | 24,7          | 7,7   | 13,2  | 1,9   | 5,7   | 4,8   | 3,7   | 4,5   |
| RR1 ortalama  | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| cv            |               |       |       |       |       |       |       |       |
| RR2 ortalama  | 57,3          | 123,7 | 80,0  | 187,0 | 97,3  | 193,0 | 108,7 | 193,0 |
| cv            | 5,3           | 1,2   | 5,7   | 2,8   | 2,6   | 0,0   | 3,2   | 0,0   |
| RR3 ortalama  | 38,3          | 35,3  | 61,0  | 78,3  | 84,7  | 118,7 | 99,3  | 148,3 |
| cv            | 5,4           | 1,6   | 6,6   | 1,9   | 4,8   | 0,9   | 3,1   | 0,8   |
| RR4 ortalama  | 74,7          | 7,7   | 104,7 | 14,3  | 134,0 | 24,0  | 152,7 | 35,0  |
| cv            | 2,1           | 27,2  | 0,6   | 21,3  | 1,3   | 31,5  | 0,4   | 31,8  |
| RR5 ortalama  | 40,0          | 54,7  | 69,7  | 99,3  | 91,7  | 141,3 | 106,7 | 172,3 |
| cv            | 4,3           | 1,1   | 4,1   | 4,2   | 3,3   | 2,9   | 3,8   | 1,5   |
| RR6 ortalama  | 21,7          | 24,7  | 35    | 92,7  | 49,3  | 153,0 | 59,6  | 183,3 |
| cv            | 7,1           | 34,5  | 7,6   | 15,1  | 8,4   | 7,2   | 5,1   | 5,5   |
| RR7 ortalama  | 1,7           | 4,0   | 5,3   | 6,3   | 8,3   | 9,0   | 11,0  | 11,7  |
| cv            | 34,6          | 25,0  | 10,8  | 18,2  | 13,9  | 11,1  | 15,8  | 9,9   |
| RR8 ortalama  | 78,3          | 81,0  | 107,3 | 134,0 | 132,7 | 188,6 | 148,3 | 193,0 |
| cv            | 5,3           | 8,1   | 3,5   | 6,8   | 1,9   | 3,9   | 1,7   | 0,0   |
| RR9 ortalama  | 13,0          | 109,0 | 86,0  | 167,7 | 110,0 | 193,0 | 124,3 | 193,0 |
| cv            | 59,3          | 3,3   | 2,0   | 2,4   | 4,8   | 0,0   | 4,4   | 0,0   |

**Çizelge 4.4.(Devam) a) 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 2, 5, 10, 15 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)**

| Kumaş Kodu   | Süre (dakika) |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | 2             |       | 5     |       | 10    |       | 15    |       |
|              | Dikey         | Yatay | Dikey | Yatay | Dikey | Yatay | Dikey | Yatay |
| RR10ortalama | 41,0          | 184,3 | 59,3  | 193,0 | 76,3  | 193,0 | 87,7  | 193,0 |
| cv           | 4,2           | 4,1   | 2,6   | 0,0   | 2,0   | 0,0   | 1,3   | 0,0   |
| RR11ortalama | 32,0          | 72,7  | 48,7  | 128,7 | 63,0  | 175,0 | 74,3  | 193,0 |
| cv           | 8,2           | 7,6   | 9,7   | 16,7  | 5,7   | 8,9   | 5,6   | 0,0   |
| RR12ortalama | 75,0          | 101,0 | 106,7 | 165,7 | 133,7 | 193,0 | 149,3 | 193,0 |
| cv           | 2,7           | 1,7   | 4,6   | 1,3   | 3,4   | 0,0   | 3,3   | 0,0   |
| RR13ortalama | 80,7          | 73,3  | 114,7 | 117,7 | 142,7 | 167,3 | 164,3 | 189,7 |
| cv           | 7,9           | 4,4   | 4,8   | 5,5   | 2,8   | 8,9   | 3,5   | 3,0   |
| RR14ortalama | 1,3           | 6,3   | 6,3   | 11,0  | 13,0  | 26,0  | 16,0  | 52,3  |
| cv           | 114,6         | 24,1  | 24,2  | 15,8  | 20,4  | 37,1  | 22,5  | 14,1  |
| RR15ortalama | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| cv           |               |       |       |       |       |       |       |       |
| RR16ortalama | 30,7          | 40,0  | 63,0  | 98,7  | 88,0  | 161,0 | 102,3 | 193,0 |
| cv           | 16,7          | 6,6   | 7,3   | 3,1   | 5,9   | 1,9   | 4,8   | 0,0   |
| AS1 ortalama | 25,0          | 19,7  | 51,0  | 57,0  | 77,3  | 103,3 | 94,7  | 129,7 |
| cv           | 7,0           | 24,0  | 3,4   | 9,1   | 3,3   | 3,1   | 2,2   | 5,6   |
| AS2 ortalama | 17,3          | 10,7  | 34,3  | 28,7  | 54,0  | 56,3  | 74,3  | 89,0  |
| cv           | 26,0          | 10,8  | 7,3   | 21,0  | 4,6   | 12,8  | 4,1   | 14,4  |
| AS3 ortalama | 26,3          | 24,7  | 52,0  | 52,7  | 79,0  | 94,3  | 98,7  | 129,3 |
| cv           | 30,7          | 20,4  | 3,3   | 17,6  | 4,6   | 9,8   | 2,6   | 7,3   |
| AS4 ortalama | 16,0          | 5,67  | 38,3  | 13,0  | 60,3  | 24,3  | 77,0  | 39,7  |
| cv           | 33,1          | 20,4  | 14,8  | 7,7   | 10,7  | 9,5   | 9,1   | 13,9  |
| AS1Şortalama | 28,7          | 26,3  | 57,7  | 70,7  | 85,0  | 128,0 | 102,3 | 169,0 |
| cv           | 16,5          | 29,5  | 9,6   | 28,6  | 5,4   | 21,1  | 4,0   | 12,3  |
| AS2Şortalama | 17,0          | 15,0  | 39,3  | 43,3  | 64,7  | 80,3  | 79,0  | 109,3 |
| cv           | 10,2          | 6,7   | 3,0   | 8,1   | 5,0   | 1,9   | 4,4   | 1,1   |
| AS3Şortalama | 44,3          | 39,0  | 73,7  | 74,0  | 97,7  | 109,3 | 114,7 | 139,3 |
| cv           | 5,2           | 2,7   | 4,0   | 3,6   | 2,6   | 1,1   | 2,2   | 0,4   |
| AS4Şortalama | 4,7           | 3,0   | 14,0  | 6,3   | 29,7  | 9,7   | 45,0  | 13,0  |
| cv           | 12,3          | 66,7  | 7,1   | 24,1  | 10,3  | 11,9  | 4,4   | 20,4  |

**Çizelge 4.4. b)** 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 20, 25, 30 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)

| Kumaş Kodu    | Süre(dakika) |       |       |       |       |       |
|---------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | 20           |       | 25    |       | 30    |       |
|               | Dikey        | Yatay | Dikey | Yatay | Dikey | Yatay |
| RL1 ortalama  | 11,0         | 9,0   | 13,0  | 10,3  | 14,0  | 12,3  |
| cv            | 15,8         | 11,1  | 7,7   | 5,6   | 7,14  | 12,4  |
| RL2 ortalama  | 68,7         | 185,7 | 74,3  | 193,0 | 78,0  | 193,0 |
| cv            | 2,2          | 2,4   | 2,1   | 0,0   | 2,2   | 0,0   |
| RL3 ortalama  | 90,7         | 193,0 | 100,3 | 193,0 | 109,7 | 193,0 |
| cv            | 2,8          | 0,0   | 3,5   | 0,0   | 3,2   | 0,0   |
| RL4 ortalama  | 112,3        | 193,0 | 123,3 | 193,0 | 133,7 | 193,0 |
| cv            | 1,8          | 0,0   | 1,7   | 0,0   | 1,9   | 0,0   |
| RL5 ortalama  | 140,3        | 193,0 | 147,0 | 193,0 | 154,0 | 193,0 |
| cv            | 1,1          | 0,0   | 1,4   | 0,0   | 0,7   | 0,0   |
| RL6 ortalama  | 28,3         | 29,3  | 32,7  | 33,3  | 37,3  | 35,0  |
| cv            | 54,3         | 12,9  | 54,1  | 8,7   | 53,2  | 7,6   |
| RL7 ortalama  | 183,7        | 193,0 | 184,3 | 193,0 | 185,3 | 193,0 |
| cv            | 8,8          | 0,0   | 8,1   | 0,0   | 7,2   | 0,0   |
| RL8 ortalama  | 33,0         | 62,3  | 38,0  | 72,9  | 42,7  | 78,0  |
| cv            | 16,9         | 17,9  | 13,2  | 22,9  | 11,8  | 17,9  |
| RL9 ortalama  | 64,0         | 112,3 | 73,7  | 131,3 | 80,7  | 151,7 |
| cv            | 4,7          | 12,7  | 8,0   | 12,2  | 9,4   | 8,9   |
| RL10 ortalama | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| cv            |              |       |       |       |       |       |
| RL11 ortalama | 35,0         | 54,7  | 42,3  | 67,7  | 49,0  | 80,0  |
| cv            | 8,6          | 5,9   | 3,6   | 7,3   | 3,5   | 8,2   |
| RL12 ortalama | 82,7         | 193,0 | 91,3  | 193,0 | 98,3  | 193,0 |
| cv            | 3,7          | 0,0   | 3,3   | 0,0   | 6,1   | 0,0   |
| RL13 ortalama | 156,0        | 193,0 | 166,7 | 193,0 | 177,0 | 193,0 |
| cv            | 0,6          | 0,0   | 0,4   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| RL14 ortalama | 69,7         | 104,3 | 77,3  | 125,0 | 82,7  | 146,0 |
| cv            | 3,6          | 6,2   | 3,3   | 5,6   | 3,7   | 4,5   |
| RL15 ortalama | 19,0         | 193,0 | 23,0  | 193,0 | 27,3  | 193,0 |
| cv            | 0,0          | 0,0   | 4,4   | 0,0   | 7,6   | 0,0   |
| RL16 ortalama | 65,0         | 80,3  | 72,3  | 90,7  | 78,7  | 100,0 |
| cv            | 2,7          | 5,2   | 3,5   | 4,2   | 2,7   | 5,2   |
| RR1 ortalama  | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| cv            |              |       |       |       |       |       |
| RR2 ortalama  | 116,7        | 193,0 | 124,0 | 193,0 | 126,7 | 193,0 |
| cv            | 3,0          | 0,0   | 1,4   | 0,0   | 2,0   | 0,0   |
| RR3 ortalama  | 111,0        | 173,7 | 121,7 | 193,0 | 132,3 | 193,0 |
| cv            | 2,4          | 1,5   | 2,1   | 0,0   | 2,3   | 0,0   |
| RR4 ortalama  | 168,7        | 47,3  | 182,0 | 59,3  | 193,0 | 69,3  |
| cv            | 0,3          | 28,8  | 0,6   | 28,8  | 0,0   | 28,5  |
| RR5 ortalama  | 116,7        | 193,0 | 125,7 | 193,0 | 133,3 | 193,0 |
| cv            | 2,5          | 0,0   | 3,0   | 0,0   | 3,1   | 0,0   |
| RR6 ortalama  | 68,3         | 193,0 | 78,0  | 193,0 | 84,3  | 193,0 |
| cv            | 3,1          | 0,0   | 2,6   | 0,0   | 0,7   | 0,0   |
| RR7 ortalama  | 13,3         | 14,7  | 15,7  | 17,3  | 17,7  | 22,7  |
| cv            | 8,7          | 14,2  | 9,8   | 14,5  | 6,5   | 33,7  |
| RR8 ortalama  | 162,7        | 193,0 | 175,0 | 193,0 | 184,7 | 193,0 |
| cv            | 2,3          | 0,0   | 2,7   | 0,0   | 2,5   | 0,0   |
| RR9 ortalama  | 141,0        | 193,0 | 150,3 | 193,0 | 157,3 | 193,0 |
| cv            | 2,6          | 0,0   | 3,1   | 0,0   | 2,6   | 0,0   |

**Çizelge 4.4.(Devam) b) 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 20, 25, 30 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)**

| <b>Kumaş Kodu</b> | <b>Süre(dakika)</b> |              |              |              |              |              |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | <b>20</b>           |              | <b>25</b>    |              | <b>30</b>    |              |
|                   | <b>Dikey</b>        | <b>Yatay</b> | <b>Dikey</b> | <b>Yatay</b> | <b>Dikey</b> | <b>Yatay</b> |
| RR10ortalama      | 96,7                | 193,0        | 102,0        | 193,0        | 107,3        | 193,0        |
| cv                | 3,6                 | 0,0          | 4,5          | 0,0          | 2,3          | 0,0          |
| RR11ortalama      | 83,7                | 193,0        | 90,7         | 193,0        | 96,0         | 193,0        |
| cv                | 5,6                 | 0,0          | 2,3          | 0,0          | 3,1          | 0,0          |
| RR12ortalama      | 165,7               | 193,0        | 178,0        | 193,0        | 138,7        | 193,0        |
| cv                | 2,0                 | 0,0          | 1,3          | 0,0          | 0,8          | 0,0          |
| RR13ortalama      | 179,7               | 193,0        | 187,3        | 193,0        | 189,7        | 193,0        |
| cv                | 2,5                 | 0,0          | 0,3          | 0,0          | 0,3          | 0,0          |
| RR14ortalama      | 18,7                | 77,3         | 21,0         | 100,3        | 22,7         | 121,7        |
| cv                | 21,7                | 9,5          | 17,2         | 8,9          | 16,7         | 6,9          |
| RR15ortalama      | 0                   | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| cv                |                     |              |              |              |              |              |
| RR16ortalama      | 113,7               | 193,0        | 122,0        | 193,0        | 130,3        | 193,0        |
| cv                | 4,4                 | 0,0          | 3,0          | 0,0          | 3,8          | 0,0          |
| AS1 ortalama      | 108,3               | 157,7        | 119,7        | 179,0        | 130,0        | 193,0        |
| cv                | 2,1                 | 4,8          | 1,7          | 6,8          | 0,8          | 0,0          |
| AS2 ortalama      | 86,7                | 117,0        | 98,3         | 139,7        | 108,3        | 159,0        |
| cv                | 3,7                 | 15,2         | 2,1          | 10,4         | 3,2          | 7,25         |
| AS3 ortalama      | 112,0               | 157,7        | 126,3        | 179,7        | 137,3        | 193,0        |
| cv                | 3,2                 | 3,8          | 2,6          | 2,8          | 1,6          | 0,0          |
| AS4 ortalama      | 88,0                | 53,3         | 99,3         | 68,7         | 108,3        | 84,3         |
| cv                | 7,1                 | 13,3         | 6,1          | 8,8          | 6,2          | 4,8          |
| AS1Şortalama      | 118,0               | 190,0        | 128,7        | 193,0        | 140,3        | 193,0        |
| cv                | 4,2                 | 2,7          | 4,0          | 0,0          | 4,1          | 0,0          |
| AS2Şortalama      | 91,7                | 139,3        | 100,3        | 161,0        | 113,7        | 177,0        |
| cv                | 4,1                 | 2,2          | 2,1          | 2,7          | 5,6          | 3,5          |
| AS3Şortalama      | 129,0               | 169,7        | 139,7        | 190,7        | 149,0        | 193,0        |
| cv                | 1,6                 | 4,3          | 1,5          | 2,1          | 1,8          | 0,0          |
| AS4Şortalama      | 57,7                | 17,3         | 67,7         | 22,3         | 76,3         | 27,3         |
| cv                | 2,7                 | 6,7          | 3,1          | 9,3          | 1,5          | 11,2         |



## 4.2. İkinci Grup Kumaş Numunelerinin Deney Sonuçları

**Çizelge 4.5.** Kuru halde 200 Pa ,24 °C, %50 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b> |          | $\lambda \cdot 10^{-3}$<br>W/mK | $a \cdot 10^{-6}$<br>m <sup>2</sup> /s | $b$<br>Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K | $r \cdot 10^{-3}$<br>m <sup>2</sup> K/W | $h$<br>mm | $P$<br>q <sub>max</sub> /q | $q \cdot 10^{-3}$<br>W/m <sup>2</sup> |
|-------------------|----------|---------------------------------|--|--|---|-----------|----------------------------|---------------------------------------|
| C1                | ortalama | 52,9                            | 0,14                                   | 139,5                                      | 20,25                                   | 1,07      | 2,07                       | 0,98                                  |
|                   | cv       | 1,44                            | 3,79                                   | 5,66                                       | 1,54                                    | 0,89      | 5,22                       | 6,69                                  |
| C2                | ortalama | 54,43                           | 0,13                                   | 150,25                                     | 19,80                                   | 1,08      | 2,12                       | 1,05                                  |
|                   | cv       | 1,45                            | 10,30                                  | 5,76                                       | 2,37                                    | 1,17      | 7,95                       | 9,04                                  |
| C3                | ortalama | 45,05                           | 0,26                                   | 88,65                                      | 45,73                                   | 2,06      | 2,97                       | 0,7                                   |
|                   | cv       | 4,7                             | 18,35                                  | 12,35                                      | 7,33                                    | 7,34      | 10,56                      | 16,98                                 |
| PP1               | ortalama | 47,40                           | 0,10                                   | 147,25                                     | 18,18                                   | 0,86      | 2,23                       | 1,18                                  |
|                   | cv       | 1,64                            | 5,33                                   | 4,24                                       | 3,37                                    | 4,48      | 3,31                       | 0,81                                  |
| PP2               | ortalama | 49,50                           | 0,09                                   | 162,75                                     | 15,60                                   | 0,77      | 2,09                       | 1,27                                  |
|                   | cv       | 1,06                            | 6,27                                   | 4,12                                       | 2,28                                    | 1,63      | 1,87                       | 2,97                                  |
| PP3               | ortalama | 37,28                           | 0,23                                   | 78,43                                      | 44,55                                   | 1,67      | 3,74                       | 0,85                                  |
|                   | cv       | 2,73                            | 21,20                                  | 12,92                                      | 7,93                                    | 9,39      | 37,76                      | 44,37                                 |
| P1                | ortalama | 38,28                           | 0,16                                   | 104,08                                     | 17,38                                   | 0,66      | 1,78                       | 0,98                                  |
|                   | cv       | 1,99                            | 26,40                                  | 4,81                                       | 2,37                                    | 0,75      | 2,08                       | 3,28                                  |
| P2                | ortalama | 39,55                           | 0,13                                   | 108,00                                     | 16,80                                   | 0,66      | 1,77                       | 1,00                                  |
|                   | cv       | 1,92                            | 3,6                                    | 2,00                                       | 2,43                                    | 0,75      | 1,90                       | 1,05                                  |
| P3                | ortalama | 36,08                           | 0,18                                   | 85,35                                      | 22,13                                   | 0,80      | 1,92                       | 0,86                                  |
|                   | cv       | 2,94                            | 18,12                                  | 9,08                                       | 4,93                                    | 2,41      | 17,30                      | 16,77                                 |
| CP1               | ortalama | 36,63                           | 0,16                                   | 90,70                                      | 18,55                                   | 0,68      | 1,67                       | 0,87                                  |
|                   | cv       | 1,05                            | 7,48                                   | 3,43                                       | 0,93                                    | 0,73      | 2,73                       | 2,64                                  |
| CP2               | ortalama | 37,15                           | 0,16                                   | 93,63                                      | 17,95                                   | 0,67      | 1,64                       | 0,88                                  |
|                   | cv       | 2,31                            | 3,17                                   | 1,73                                       | 1,33                                    | 1,43      | 1,82                       | 2,52                                  |
| CP3               | ortalama | 35,45                           | 0,22                                   | 76,30                                      | 23,80                                   | 0,84      | 1,85                       | 0,77                                  |
|                   | cv       | 10,45                           | 16,93                                  | 5,01                                       | 4,19                                    | 7,59      | 4,87                       | 6,49                                  |

**Çizelge 4.6.** % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbanslık (24 °C, %50 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta), Hava Geçirgenliği (Wira) Ölçüm Sonuçları

| <b>Kumaş Kodu</b> |          | <b>Su Buharı Geçirgenliği</b><br>% | $b_{nem}$<br>Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K | <b>Hava Geçirgenliği</b><br>litre/m <sup>2</sup> sn |                   |
|-------------------|----------|------------------------------------|--|---|-------------------|
| C1                | ortalama | 67,05                              | 623,00   | 459.32  |                   |
|                   | cv       | 13,86                              | 6,44   | 7.14  |                   |
| C2                | ortalama | 53,83                              | 664,67   | 328.08  |                   |
|                   | cv       | 24,55                              | 4,07   | 2.5   |                   |
| C3                | ortalama | 50,42                              | 594,67   | 820.21  | (2 Katlı ) 434.71 |
|                   | cv       | 20,62                              | 2,84   | 0   | 1.89              |
| PP1               | ortalama | 81,82                              | 716,00   | 820.21  | (6 Katlı ) 453.85 |
|                   | cv       | 4,43                               | 17,23  | 0   | 6.84              |
| PP2               | ortalama | 79,31                              | 566,00   | 820.21  | (4 Katlı ) 626.09 |
|                   | cv       | 2,39                               | 2,08   | 0   | 10.18             |

**Çizelge 4.6.(Devam) % Su Buharı Geçirgenliği (Permetest), Nem Absorbanslık (24 °C, %50 Bağıl Nem Şartlarında Alambeta), Hava Geçirgenliği (Wira) Ölçüm Sonuçları**

| Kumaş Kodu |                | Su Buharı Geçirgenliği % | $b_{nem}$<br>$Ws^{1/2}/m^2K$ | Hava Geçirgenliği<br>litre/m <sup>2</sup> sn |                           |
|------------|----------------|--------------------------|------------------------------|--|---------------------------|
| PP3        | ortalama<br>cv | 69,28<br>4,92            | 589,00<br>7,99               | 820.21<br>0                                  | (6 Katlı ) 806.54<br>2.12 |
| P1         | ortalama<br>cv | 78,21<br>11,86           | 684,00<br>7,06               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 593.29<br>0.8  |
| P2         | ortalama<br>cv | 81,27<br>7,29            | 652,33<br>6,29               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 582.35<br>3.73 |
| P3         | ortalama<br>cv | 81,77<br>8,21            | 732,25<br>9,10               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 672.57<br>2.44 |
| CP1        | ortalama<br>cv | 68,91<br>15,76           | 680,67<br>4,68               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 609.69<br>2.05 |
| CP2        | ortalama<br>cv | 73,08<br>19,08           | 634,00<br>6,23               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 574.15<br>5.71 |
| CP3        | ortalama<br>cv | 75,05<br>9,41            | 602,00<br>7,75               | 820.21<br>0                                  | (2 Katlı ) 727.25<br>3.63 |

**Çizelge 4.7. a) 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 2, 5, 10, 15 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)**

| Kumaş Kodu | Süre (dakika)  |                |                |                |                |                |                |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            | 2              |                | 5              |                | 10             |                | 15             |                |                |
|            | Dikey          | Yatay          | Dikey          | Yatay          | Dikey          | Yatay          | Dikey          | Yatay          |                |
| C1         | ortalama<br>cv | 80,67<br>2,58  | 103,00<br>1,94 | 107,33<br>1,42 | 156,67<br>1,33 | 132,67<br>1,15 | 196,00<br>0,00 | 151,33<br>1,01 | 196,00<br>0,00 |
| C2         | ortalama<br>cv | 77,67<br>3,72  | 99,0<br>2,67   | 106,33<br>3,02 | 151,33<br>0,76 | 131,33<br>1,16 | 196,00<br>0,00 | 148,33<br>1,03 | 196,00<br>0,00 |
| C3         | ortalama<br>cv | 92,00<br>2,17  | 142,00<br>6,14 | 125,33<br>4,09 | 196,00<br>0,00 | 149,00<br>2,01 | 196,00<br>0,00 | 163,33<br>2,15 | 196,00<br>0,00 |
| PP1        | ortalama<br>cv | 0<br>0,00      | 1,00<br>0,00   | 2,67<br>21,65  | 3,33<br>34,64  | 8,00<br>33,07  | 6,00<br>16,67  | 13,67<br>30,46 | 7,67<br>7,53   |
| PP2        | ortalama<br>cv | 1,00<br>0,00   | 1,00<br>0,00   | 5,33<br>28,64  | 3,33<br>34,64  | 15,33<br>30,12 | 5,67<br>26,96  | 27,67<br>21,18 | 7,17<br>28,20  |
| PP3        | ortalama<br>cv | 12,33<br>23,41 | 6,67<br>22,91  | 25,33<br>18,65 | 17,33<br>14,52 | 42,33<br>13,01 | 32,00<br>35,22 | 57,00<br>7,65  | 47,33<br>13,58 |
| P1         | ortalama<br>cv | 48,33<br>3,16  | 120,33<br>7,45 | 76,00<br>1,32  | 185,33<br>6,32 | 93,00<br>5,38  | 196,00<br>0,00 | 103,67<br>9,52 | 196,00<br>0,00 |
| P2         | ortalama<br>cv | 42,00<br>4,76  | 68,33<br>8,32  | 65,67<br>5,77  | 139,33<br>2,19 | 80,00<br>5,45  | 196,00<br>0,00 | 89,00<br>2,97  | 196,00<br>0,00 |
| P3         | ortalama<br>cv | 52,33<br>13,01 | 64,33<br>6,28  | 80,67<br>7,47  | 143,33<br>5,93 | 93,00<br>2,15  | 196,00<br>0,00 | 103,33<br>2,01 | 196,00<br>0,00 |
| CP1        | ortalama<br>cv | 45,00<br>10,18 | 54,67<br>6,42  | 65,67<br>9,18  | 136,00<br>1,27 | 84,33<br>10,69 | 196,00<br>0,00 | 91,33<br>11,02 | 196,00<br>0,00 |
| CP2        | ortalama<br>cv | 54,67<br>9,21  | 85,00<br>1,18  | 75,67<br>5,50  | 170,00<br>1,18 | 95,00<br>4,59  | 196,00<br>0,00 | 106,33<br>5,18 | 196,00<br>0,00 |
| CP3        | ortalama<br>cv | 50,00<br>4,00  | 51,33<br>14,75 | 71,67<br>2,13  | 142,67<br>6,62 | 79,67<br>1,45  | 196,00<br>0,00 | 86,33<br>2,67  | 196,00<br>0,00 |

**Çizelge 4.7. b)** 24 °C, %65 Bağıl Nem Şartlarında 20, 25, 30 dakika için Kılcallık (yatay ve dikey) Testi Ölçüm Sonuçları (mm. su sütunu)

| <b>Kumaş Kodu</b> | <b>Süre(dakika)</b> |              |              |              |              |              |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | <b>20</b>           |              | <b>25</b>    |              | <b>30</b>    |              |
|                   | <b>Dikey</b>        | <b>Yatay</b> | <b>Dikey</b> | <b>Yatay</b> | <b>Dikey</b> | <b>Yatay</b> |
| C1 ortalama       | 161,67              | 196,00       | 171,67       | 196,00       | 179,00       | 196,00       |
| cv                | 1,29                | 0,00         | 1,21         | 0,00         | 0,56         | 0,00         |
| C2 ortalama       | 157,67              | 196,00       | 169,67       | 196,00       | 178,00       | 196,00       |
| cv                | 0,97                | 0,00         | 0,90         | 0,00         | 1,49         | 0,00         |
| C3 ortalama       | 173,00              | 196,00       | 183,67       | 196,00       | 192,67       | 196,00       |
| cv                | 1,53                | 0,00         | 2,57         | 0,00         | 1,82         | 0,00         |
| PP1 ortalama      | 16,33               | 8,00         | 20,33        | 9,00         | 23,67        | 9,33         |
| cv                | 33,72               | 12,50        | 35,58        | 11,11        | 39,26        | 12,37        |
| PP2 ortalama      | 38,67               | 8,33         | 47,33        | 9,67         | 56,00        | 11,00        |
| cv                | 28,84               | 30,20        | 28,13        | 29,86        | 28,35        | 18,18        |
| PP3 ortalama      | 67,00               | 66,33        | 77,33        | 91,00        | 86,33        | 105,33       |
| Cv                | 9,32                | 1,74         | 4,16         | 5,04         | 9,00         | 4,78         |
| P1 ortalama       | 110,33              | 196,00       | 116,00       | 196,00       | 121,67       | 196,00       |
| cv                | 7,71                | 0,00         | 9,94         | 0,00         | 7,90         | 0,00         |
| P2 ortalama       | 98,33               | 196,00       | 104,67       | 196,00       | 111,33       | 196,00       |
| cv                | 4,81                | 0,00         | 4,90         | 0,00         | 4,95         | 0,00         |
| P3 ortalama       | 111,67              | 196,00       | 117,00       | 196,00       | 123,00       | 196,00       |
| cv                | 2,59                | 0,00         | 2,26         | 0,00         | 3,54         | 0,00         |
| CP1 ortalama      | 97,00               | 196,00       | 100,00       | 196,00       | 103,33       | 196,00       |
| cv                | 10,91               | 0,00         | 9,64         | 0,00         | 10,07        | 0,00         |
| CP2 ortalama      | 112,67              | 196,00       | 118,00       | 196,00       | 123,00       | 196,00       |
| cv                | 4,89                | 0,00         | 5,08         | 0,00         | 4,07         | 0,00         |
| CP3 ortalama      | 90,00               | 196,00       | 92,67        | 196,00       | 96,00        | 196,00       |
| cv                | 2,22                | 0,00         | 2,49         | 0,00         | 3,76         | 0,00         |

### 4.3. Yapay Sinir Ağı Yönteminin Uygulama Sonuçları

**Çizelge 4.8.**Alambeta Cihazından alınan termal iletkenlik ( $\lambda$ ) ve termal absorbanlık ( $b$ ) sonuçları ile yapay sinir ağı kullanılarak bulunan sonuçlar

| Y.Sinir Ağı No | Kumaş Kodu | Alambeta $\lambda \cdot 10^3$ W/mK | Alambeta $b$ $Ws^{1/2}/m^2K$ | Y.Sinir A. $\lambda \cdot 10^3$ W/mK | Y.Sinir A. $b$ $Ws^{1/2}/m^2K$ |
|----------------|------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 0              | RL1        | 64.580000                          | 250.500000                   | 61.230271                            | 244.469074                     |
| 1              | RL2        | 64.680000                          | 256.750000                   | 61.238307                            | 244.455846                     |
| 2              | RL3        | 74.800000                          | 295.000000                   | 61.240445                            | 244.730457                     |
| 3              | RL4        | 72.380000                          | 287.750000                   | 72.156810                            | 280.576767                     |
| 4              | RR6        | 48.950000                          | 144.750000                   | 47.683302                            | 138.742942                     |
| 5              | RR7        | 48.830000                          | 139.500000                   | 47.440425                            | 137.176694                     |
| 6              | RR8        | 51.900000                          | 124.500000                   | 52.040551                            | 151.579555                     |
| 7              | RR9        | 48.130000                          | 136.250000                   | 51.767983                            | 164.591224                     |
| 8              | RR1        | 70.530000                          | 244.000000                   | 72.367848                            | 270.180851                     |
| 9              | RL6        | 57.850000                          | 244.750000                   | 60.737621                            | 244.865279                     |
| 10             | RL8        | 51.700000                          | 205.750000                   | 61.243498                            | 245.502529                     |
| 11             | RL11       | 73.980000                          | 229.000000                   | 72.200388                            | 260.762135                     |
| 12             | RL12       | 68.230000                          | 266.250000                   | 65.122158                            | 254.492820                     |
| 13             | RL13       | 64.230000                          | 242.750000                   | 61.234092                            | 244.488968                     |
| 14             | RL7        | 46.350000                          | 145.000000                   | 47.234411                            | 136.057486                     |
| 15             | RR10       | 42.400000                          | 142.500000                   | 43.256165                            | 139.052844                     |
| 16             | RR2        | 40.530000                          | 102.780000                   | 41.934214                            | 112.326012                     |
| 17             | RL5        | 39.300000                          | 102.500000                   | 42.529663                            | 113.917786                     |
| 18             | RR15       | 61.430000                          | 177.000000                   | 63.007803                            | 159.694830                     |
| 19             | RR16       | 46.930000                          | 149.750000                   | 47.365163                            | 136.745905                     |
| 20             | RR11       | 46.730000                          | 117.250000                   | 47.692160                            | 138.421686                     |
| 21             | RL10       | 41.300000                          | 105.750000                   | 42.347984                            | 118.271761                     |
| 22             | RL9        | 62.580000                          | 224.500000                   | 59.518462                            | 239.818640                     |
| 23             | RR12       | 55.400000                          | 161.750000                   | 50.307704                            | 149.548862                     |
| 24             | AS2        | 53.580000                          | 144.000000                   | 53.695736                            | 151.340990                     |
| 25             | AS2Ş       | 42.700000                          | 91.580000                    | 40.830982                            | 115.226713                     |
| 26             | RR5        | 50.930000                          | 157.250000                   | 52.666427                            | 169.800987                     |
| 27             | RR14       | 63.330000                          | 214.750000                   | 55.644226                            | 187.121508                     |
| 28             | RL16       | 65.930000                          | 274.250000                   | 60.684513                            | 238.787710                     |
| 29             | RR13       | 61.780000                          | 166.000000                   | 54.886716                            | 180.008295                     |
| 30             | RL14       | 51.850000                          | 193.750000                   | 49.975145                            | 191.487363                     |
| 31             | RL15       | 58.900000                          | 188.250000                   | 58.311208                            | 235.411188                     |
| 32             | RR3        | 58.600000                          | 172.750000                   | 55.934075                            | 186.346808                     |
| 33             | RR4        | 57.280000                          | 171.500000                   | 53.922023                            | 176.566992                     |
| 34             | AS1        | 55.930000                          | 153.000000                   | 51.857425                            | 150.702524                     |
| 35             | AS1Ş       | 47.680000                          | 90.700000                    | 40.823865                            | 115.929146                     |

Kumaş içindeki pamuk/polyester karışım oranları tam olarak hesaplanamayan AS3, AS3Ş, AS4 ve AS4Ş kodlu kumaşlar kullanılmamıştır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

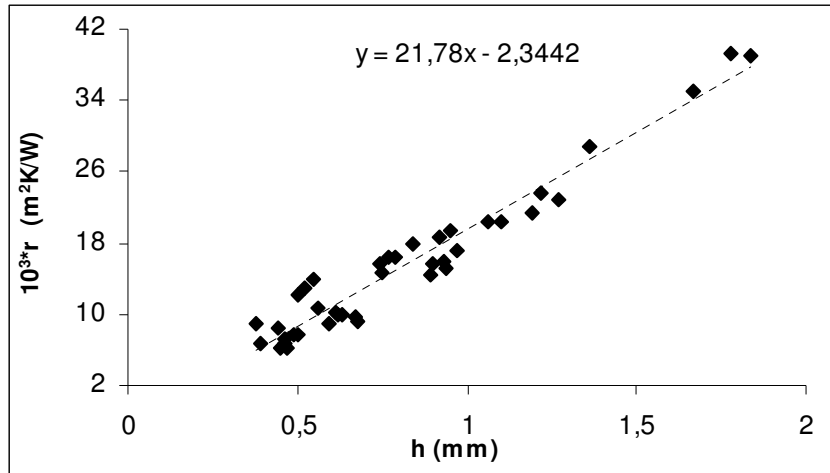
### 5.1. I.Grup Kumaşların Değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada kullanılan I.grup kumaşlara ait ölçüm sonuçları, kumaş türleri ve lif tipleri için değerlendirilmiş ve çeşitli başlıklar altında sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, spor giysilik örme kumaşların termal özellikleri hakkında genel yaklaşımlarda bulunulmuştur.

#### 5.1.1. Termal İletkenlik $\lambda$ (W /mK) ve Termal Direnç $r$ ( $m^2K/W$ )

Termal iletkenlik ve termal direnç, kolay ölçülebilen ve kumaşların termal özelliklerini değerlendirmekte yaygın olarak kullanılan iki parametredir. Kaynak araştırmasında verildiği gibi bu konuda yapılan çalışmalar, kuru haldeki bir kumaşın termal direncinin özellikle kalınlığa bağlı olduğunu göstermiştir. Kumaş yapısı ve lif iletkenliğinin etkisi çok daha azdır. Bir kumaş hangi lif tipinden imal edilmiş olursa olsun yeteri derecede kalın ve uygun bir şekilde imal edilmiş ise istenen değerde ısı yalıtkanlığına sahip olabilir.

I. grup kumaşlardan alınan ölçüm sonuçları, bu ifadeyle uyumlu şekilde termal direnç ile kumaş kalınlığı arasındaki kuvvetli ilişkiyi göstermektedir. Tüm kumaş tipleri için termal direnç ve kalınlık arasında korelasyon katsayısı 0.972 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1. I.grup kumaşların  $r / h$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : 0.972

2-iplik astar örgülü kumaşlar, kalın yapıları nedeniyle yüksek termal direnç değerleri verirken; yakın kalınlığa sahip, ancak polyester, pamuk, poliamid esaslı Meryl veya Tactel gibi farklı liflerden mamul (RL veya RR örgüde) kumaşlar, yakın termal direnç değerleri vermiştir.

Örgü tiplerine göre termal direnç ve kalınlık arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Kalınlığın termal dirence etkisi astar örgülü kumaşlarda en büyük çıkmıştır. Bu değerler şu şekilde yorumlanabilir: Kalınlıklarda eşit oranda bir artış yapıldığında, astar örgülü kumaşın termal direncindeki artış oranı RR ve RL örgülü kumaşlardan, RR örgülü kumaşta ki artış ta RL örgülü olandan daha fazla olacaktır.

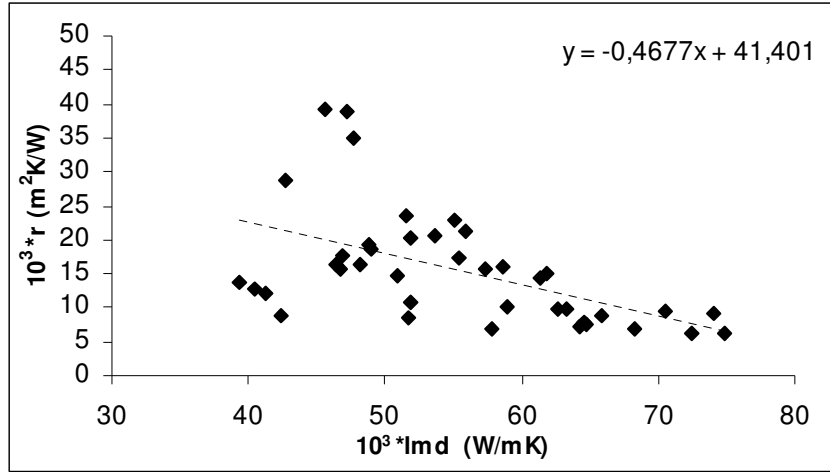
**Çizelge 5.1.** Örgü tiplerine göre  $r/h$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,727                |
| RR         | 0,838                |
| Astar örgü | 0,989                |

Termal direncin kalınlığa bölünmesi ile elde edilen normalize edilmiş termal direnç (birim kalınlığın direnci  $r/h$ ) değerleri incelendiğinde, en düşük  $r/h$  değerlerini RL3, RL11, RL4, RR1 ve RL12 kodlu poliamid esaslı liflerden üretilen kumaşlar sağlarken, en yüksek değerleri RL5, RR2, RL10, RR10, RL7 polyester esaslı liflerden üretilmiş kumaşlar vermiştir. Polyester esaslı kumaşların birim kalınlıkların termal dirençlerinin 2-iplik astar örgülülerden daha yüksek olmasına karşın, astar örmelerde kullanılan yüksek iplik numarası ve şardonlama neticesinde elde edilen yüksek kalınlık, bu tip kumaşlara daha yüksek termal yalıtım özelliği kazandırmaktadır. Bu durum, örgü karakteristiklerinin kumaşların termal direncine etkili olduğunu göstermektedir.

Kumaşların termal direnç ve termal iletkenlik değerleri arasındaki ilişki Şekil 5.2'de görülmektedir. İki değer arasındaki düşük korelasyon katsayısı (-0,538), termal direncin iletkenlikten, kalınlığa göre daha az etkilendiğini göstermektedir. Şekil 5.2 incelendiğinde, hemen hemen aynı termal direnci gösteren kumaşların çok farklı termal iletkenlik değerleri sergilediği görülmektedir. Bu durumun, I.grup kumaşlarda benzer yapısal değerlere sahip

ama farklı liflerden üretilmiş numunelerin bulunmasından kaynaklandığı açıktır. Yine de örgü tipine göre termal direnç ve termal iletkenlik arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 5.2'de verilmiştir. RL ve astar örgülü kumaşlarda termal direncin termal iletkenliğe etkisi daha büyük görülmektedir.



**Şekil 5.2.** I.grup kumaşların  $r / \lambda$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : - 0.538

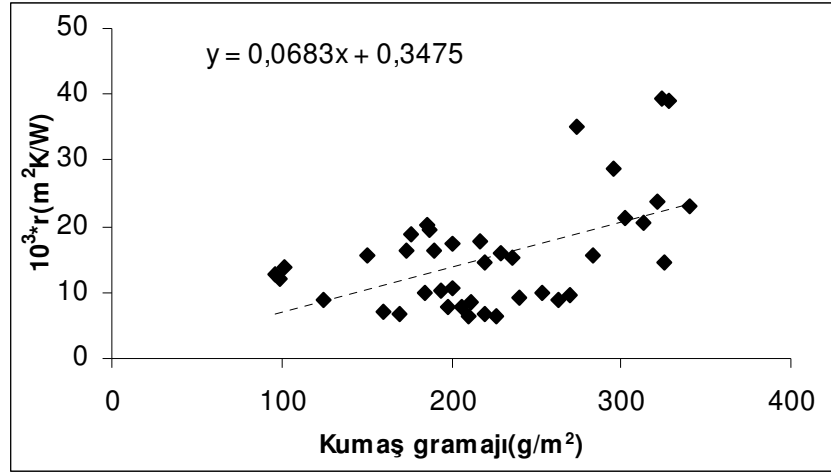
**Çizelge 5.2.** Örgü tiplerine göre  $r / \lambda$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,776               |
| RR         | -0,272               |
| Astar örgü | -0,762               |

Çizelge 4.1. ve 4.2.'deki ölçüm sonuçları, ölçüm esnasında Alambeta cihazının uyguladığı basıncın artırılmasının kumaş kalınlığındaki azalmaya (sıkışmaya) paralel olarak ölçülen termal direnç değerlerini azalttığını, buna bağlı olarak da termal iletkenlik değerlerini arttırdığını göstermektedir.

Kumaşların birim alanının ağırlığı demek olan gramaj ile termal yalıtım özelliği arasında kuvvetli bir ilişki olmamakla birlikte, gramaj artışının kumaşların termal direnç değerinde hafif bir yükselmeye yol açtığı görülmektedir. Gramajın oldukça yüksek olduğu kumaşlarda ( $>300 \text{ g/m}^2$ ) bu etki kuvvetlenmektedir

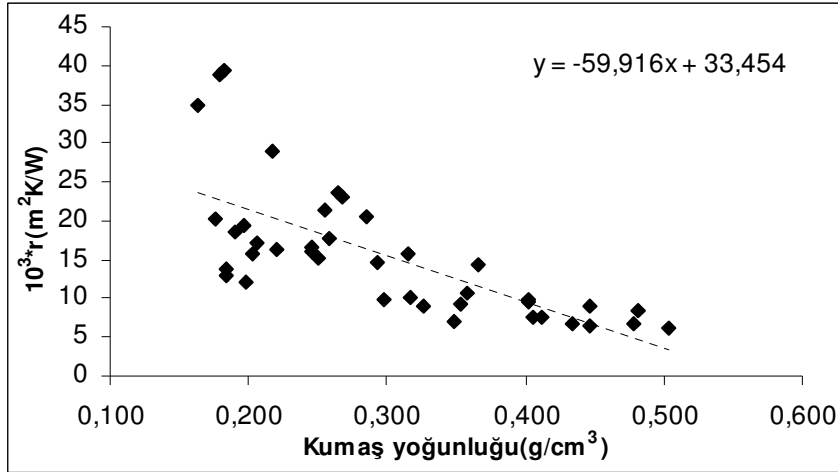
(Şekil 5.3). Örgü tiplerine göre inceleme yapıldığında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



**Şekil 5.3.** I.grup kumaşların r / kumaş gramajı ilişkisi Korelasyon katsayısı : 0.532

Kumaş yoğunluğu, gramajın kalınlığa oranı olarak belirlenmiştir. Bu ifade, örgü tipinin, iplik numarasının veya lif tipinin değişiminin termal özelliklerine etkisini, gramaj veya kalınlıkta meydana gelen değişime bağlı olarak değerlendirmekte kullanılmıştır. Kumaş yoğunluğunun termal dirence etkisi Şekil 5.4'te verilmiştir. Kumaş yoğunluğu attıkça termal direncin azaldığı görülmektedir. Daha önce belirtildiği üzere kumaş yoğunluğu düştükçe kumaş içindeki boşluklara hapsedilen hava miktarı artacak, havanın tekstil liflere nazaran oldukça yüksek olan termal direnç değeri kumaştaki toplam ısı transferini azaltıp yüksek termal direnç kazandıracaktır.





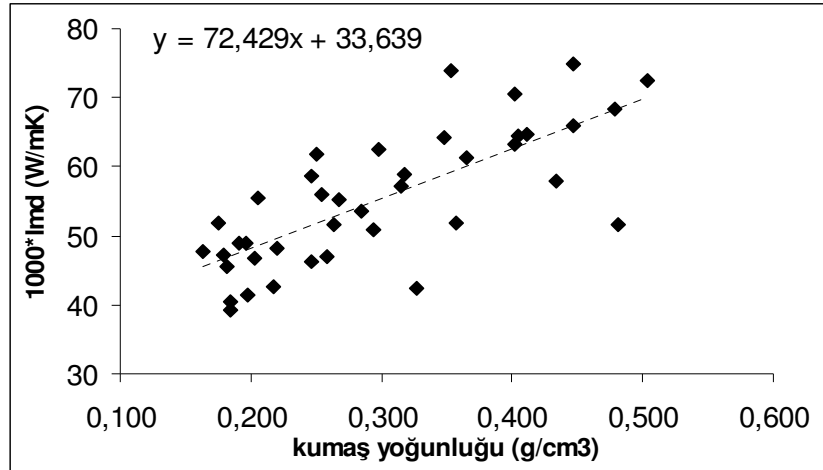
**Şekil 5.4.** I.grup kumaşların r / kumaş yoğunluğu ilişkisi Korelasyon katsayısı :-0,714

Örgü tipine göre termal direnç ve kumaş yoğunluğu arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, astar örgülü kumaşlarda yoğunluk artışının termal direnci daha fazla düşüreceği görülmektedir.

**Çizelge 5.3.** Örgü tiplerine göre r/ yoğunluk arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,837               |
| RR         | -0,760               |
| Astar örgü | -0,946               |

Kumaşların termal iletkenlikleri ile kumaş yoğunlukları arasındaki ilişki ise Şekil 5.5'te verilmiştir. Kumaş yoğunluğundaki artışın kumaş bünyesindeki hava miktarının azalmasına paralel olarak termal iletkenliği arttırdığı görülmektedir. Yoğunluğun termal iletkenlik üzerinde etkisi, termal dirençteki eğilimle aynı şekilde astar örgülü kumaşlarda en fazla bulunmuştur.

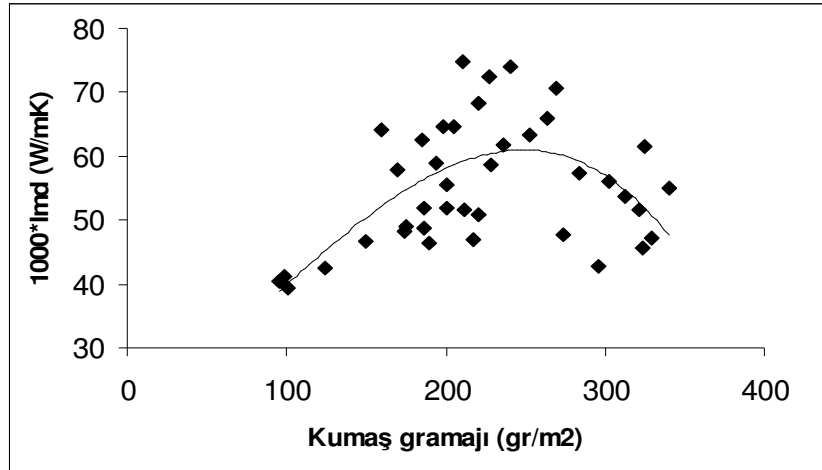


**Şekil 5.5.** I.grup kumaşların  $\lambda$  /kumaş yoğunluğu ilişkisi Korelasyon katsayısı :0,751

**Çizelge 5.4.** Örgü tiplerine göre  $\lambda$  /yoğunluk arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,713                |
| RR         | 0,642                |
| Astar örgü | 0,746                |

Kumaş gramajı ile termal iletkenlik arasında, düşük gramajlı kumaşlarda ( $<260 \text{ g/m}^2$ ), termal iletkenliğin gramaj artışı ile arttığı şeklinde zayıf bir ilişki bulunmuştur. Ancak yüksek gramaj değerlerinde (kumaşlardaki yüksek kalınlık nedeniyle) bu etki görülmemiştir. Gramaj ile termal iletkenlik arasında, en kuvvetli ilişki RR örgülü kumaşlarda bulunmuştur.



**Şekil 5.6.** I.grup kumaşların  $\lambda$  / kumaş gramajı ilişkisi

**Çizelge 5.5.** Örgü tiplerine göre  $\lambda$  / kumaş gramajı arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,744                |
| RR         | 0,840                |
| Astar örgü | 0,304                |

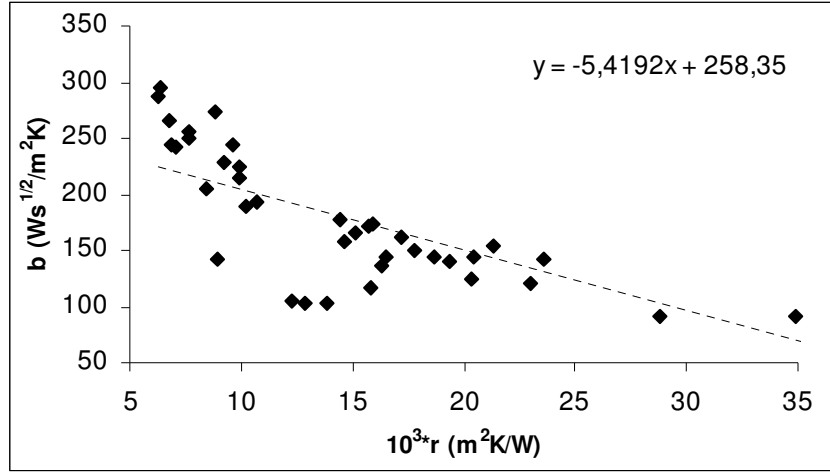
Farklı liflerinin bir arada kullanıldığı I. Grup kumaşlarda, kumaş kalınlığı ile termal iletkenlik arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir.

### 5.1.2. Termal Absorbtivite $b$ ( $Ws^{1/2} / m^2K$ )

I. grup kumaşlara ait Çizelge 4.1 ve 4.2'deki ölçüm sonuçları, farklı kumaş tiplerinin farklı termal absorbtivite değeri verdiğini göstermektedir. Genel olarak yüksek doğal nem değerine sahip pamuklu, viskon ve polyamid kumaşlar, daha yüksek termal absorbtivite değeri vermiştir ve bu durum, giyim esnasında bu liflerden yapılan kumaşların daha soğuk his vereceği anlamına gelmektedir. Polyester, Coolmax gibi nem değerleri düşük liflerden yapılan kumaşların termal absorbtivite değerleri daha düşük çıkmıştır ki bu da bu tip kumaşların giyim esnasında daha sıcak his vereceği anlamına gelir.

Çizelge 4.1 ve 4.2'deki ölçüm sonuçlarından, ölçüm esnasında uygulanan temas basıncının artırılmasının kumaşların termal absorbtivite değerini arttırdığı görülmüştür. Alambeta cihazında kumaşa uygulanan temas basıncı, insan elinin kumaşı dokunarak hissetmesini simule eder. Kullanıcının kumaş/giysi değerlendirmesi esnasında uyguladığı basıncın duyumsayacağı termal temas hissini etkileyeceği, yüksek basınç uygulayarak sağlanan temas sonunda kumaşın daha soğuk his vereceği anlaşılmaktadır.

Kumaşların termal absorbtivite  $b$  değerleri ile termal direnç  $r$  değerleri arasındaki negatif ilişki Şekil 5.7'de görülmektedir. Her iki termal kumaş özelliği arasında korelasyon katsayısı  $-0,760$  olarak bulunmuştur.



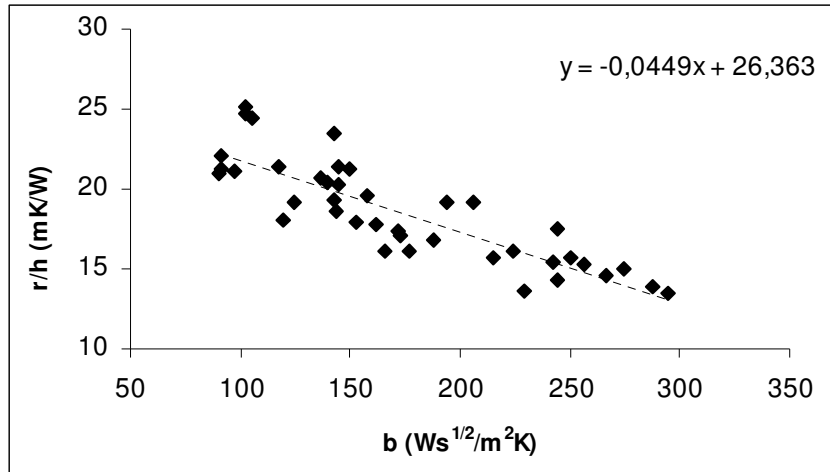
**Şekil 5.7.** I.grup kumaşların  $b / r$  ilişkisi Korelasyon katsayısı  $:-0,760$

Bu sonuç, termal absorbtiviteyi yüksek kumaşların düşük termal direnç verdiği ve giyim esnasında iyi termal yalıtım sağlamadığı anlamına gelmektedir. Bu liflerden yapılan kumaşlar, kullanım esnasında vücuttan daha yüksek oranda ısı enerjisi absorblayarak kullanıcıya soğuk hissi verecektir. Örgü tiplerine göre korelasyon katsayıları incelendiğinde, RL ve astar örgülü kumaşlarda termal absorbtivite ile termal direnç arasında ilişkinin kuvvetli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.6.** Örgü tiplerine göre b / r arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,870               |
| RR         | -0,506               |
| Astar örgü | -0,857               |

Normalize edilmiş termal direnç (birim kalınlığın direnci  $r/h$ ) ile b değerleri arasında ise daha kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. (Şekil 5.8, korelasyon katsayısı : -0,853). Birim kalınlığının direnci yüksek / termal absorbtivite değeri düşük kumaşlar serin/soğuk iklim; birim kalınlığının direnci düşük / termal absorbtivite değeri yüksek kumaşlar sıcak iklim şartlarına uygun olarak değerlendirilmiştir. I. grup kumaşlar arasında poliamid (RL1, RL2, RL4, RL12) ve viskon (RL16) liflerinden üretilenler sıcak hava; şardonlu 2-iplik astarlılar ve polyester esaslı (RL5, RR2, RL10) olanlar serin / soğuk hava şartlarına en uygun giysilikler olarak belirlenmiştir.

**Şekil 5.8.** I.grup kumaşların b / (r/h) ilişkisi Korelasyon katsayısı :-0,853

Birim kalınlığının direnci ile termal absorbtivite arasında en kuvvetli negatif ilişki Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi RL örgüde bulunmuştur. Bu sonuç, sıcak iklim şartları için gerekli birim kalınlığının direnci düşük / termal absorbtivite değeri

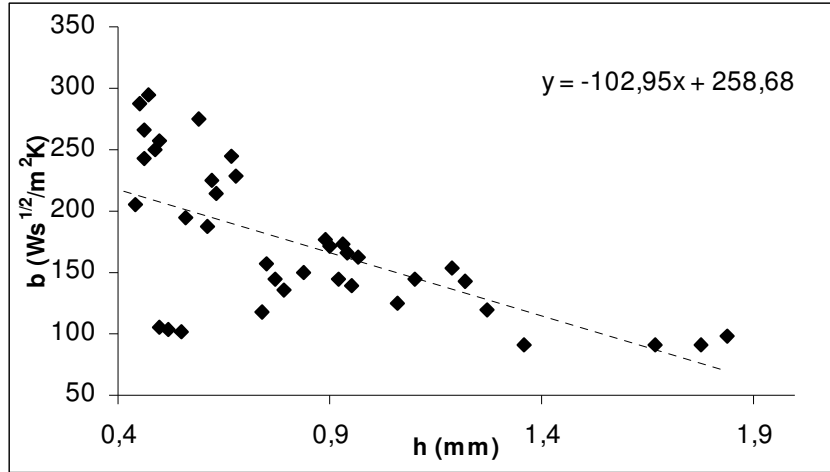
yüksek kumaş eldesinin RL örgü kullanımıyla daha kolay olduğu şeklinde yorumlanabilir.

**Çizelge 5.7.** Örgü tiplerine göre  $b / (r/h)$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,939               |
| RR         | -0,849               |
| Astar örgü | -0,875               |

Kumaşların örgü karakterinin termal absorbtivite özelliğine etkisini değerlendirmek için kalınlık ( $h$  mm), gramaj ( $W$  g/m<sup>2</sup>) ve kumaş yoğunluğu ( $\rho_{\text{kumaş}}$ , g/cm<sup>3</sup>) değerleri de ölçüm sonuçları ile ilişkilendirilmiştir.

Kumaş kalınlığı ile termal absorbtivite değeri arasındaki ilişki Şekil 5.9'ta verilmiştir. Şekil 5.9 incelendiğinde, daha ince kumaş yapılarının daha yüksek termal absorbtiviteye sahip olduğu ve kullanım esnasında daha soğuk hissi verdiği görülmektedir. Bu durum, sıcak havalarda ince giysilerin neden daha konforlu hissettirdiğini açıklamaktadır. Düşük kalınlıktaki kumaşların termal dirençleri de düşük olmakta, bu kumaştan mamul giysiler vücuttan daha yüksek oranda ısı enerjisi kaybına izin vermektedirler. Yakın kalınlık değerine sahip kumaşlar arasında, %100 poliamid içeren Meryl ve Tactel kumaşların en yüksek, %100 pamuk ve viskon/PES esaslı kumaşların da %100 PES olanlara göre daha yüksek termal absorbtivite değeri verdiği görülmüştür. Örgü tiplerine göre gruplandırma yapıldığında ise RR örgülerde kalınlık artışının termal absorbtivite üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

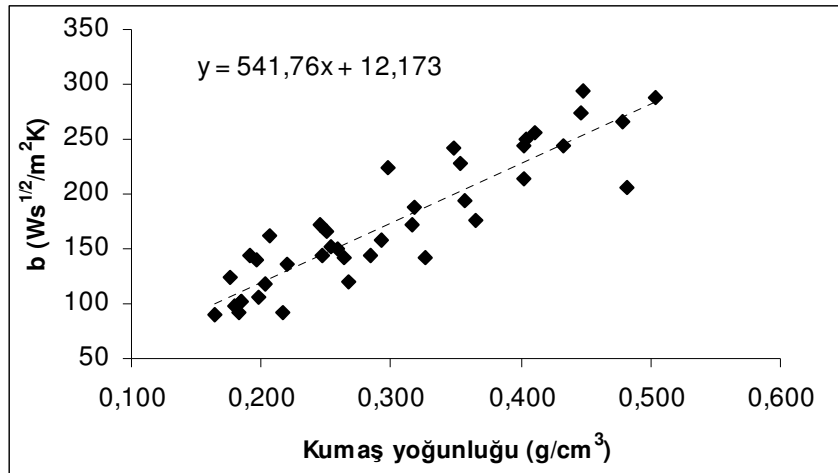


**Şekil 5.9.** I.grup kumaşların b / h ilişkisi Korelasyon katsayısı :-0,644

**Çizelge 5.8.** Örgü tiplerine göre b / h arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,583               |
| RR         | -0,021               |
| Astar örgü | -0,822               |

Ölçüm sonuçları, kumaş yoğunluğu ile termal absorbtivite değeri arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir (Şekil 5.10) Kumaş yoğunluğu arttıkça, termal absorbtivitenin de arttığı bulunmuştur. Bu ifade şu şekilde yorumlanabilir: Tekstil malzemelerinde ısı iletimi, yoğunluğun artması ile artar. Düşük yoğunluklu kumaşlarda, kumaş içindeki boşluklara hapsedilen hava miktarı fazla olacaktır. Havanın düşük ısı iletimi özelliği nedeniyle de bu tür kumaşlar yüksek termal yalıtım ve buna bağlı olarak düşük termal absorbtivite değeri gösterecektir. Çalışmada kullanılan kumaşlarda RL örgüye sahip olanlar, genellikle daha yüksek yoğunluk ve termal absorbtivite değeri sergilemiştir. En düşük yoğunluk değerleri astarlı örgülerde görülmüş, bu kumaşların beklendiği üzere en düşük termal absorbtiviteye sahip oldukları bulunmuştur. %100 Meryl ve Tactel kumaşlar ise en yüksek yoğunluk ve termal absorbtivite değerleri vermiştir. Kumaş yoğunluğunun arttırılmasının termal absorbtiviteye etkili olduğu tüm örgü tiplerinde görülmektedir.



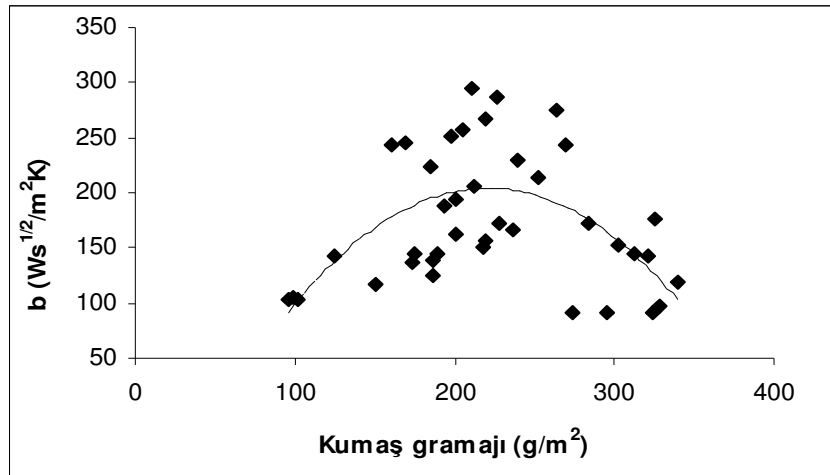
**Şekil 5.10.** I.grup kumaşların b / kumaş yoğunluğu ilişkisi Korelasyon katsayısı :0,906

**Çizelge 5.9.** Örgü tiplerine göre b / kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,883                |
| RR         | 0,831                |
| Astar örgü | 0,862                |

Kumaş gramajı ve termal absorbtivite arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 5.11). Deney sonuçları lif bazında incelendiğinde, %100 polyester örme kumaşların soğuk iklim şartları için gerekli olan düşük termal absorbtivite özelliğine, daha düşük gramaj (daha az malzeme kullanımı) ile sahip olduğu görülmektedir. Kumaş gramajı ile termal absorbtivite arasında, termal iletkenlikte olduğu gibi düşük gramajlı kumaşlarda (<240-250 g/m<sup>2</sup>), termal absorbtivitenin gramaj artışı ile arttığı şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Burada belirtilen gramaj değerinin altında kumaşlardan oluşan RL ve RR örgü gruplarında benzer ilişki görülmektedir. Yakın gramaj değerlerinde RL örgülü kumaşlar (daha yüksek yoğunluk değerleri nedeniyle) daha yüksek termal absorbtivite değerleri vermiştir.



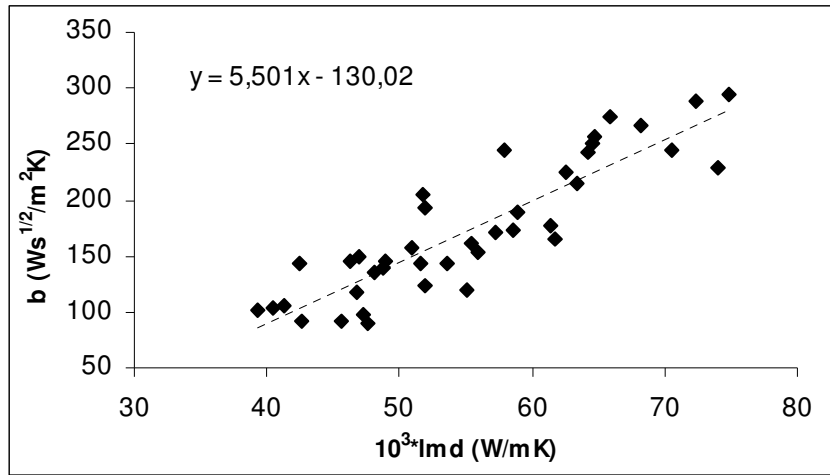


**Şekil 5.11.** I.grup kumaşların b / kumaş gramajı ilişkisi

**Çizelge 5.10.** Örgü tiplerine göre b / kumaş gramajı arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,755                |
| RR         | 0,755                |
| Astar örgü | 0,205                |

Kumaşların termal iletkenliği ile termal absorbtivitesi arasındaki kuvvetli ilişki Şekil 5.12'de görülmektedir. Higroskopik liflerden (pamuk, viskon, poliamid) mamul termal absorbtiviteyi yüksek kumaşlar, genellikle yüksek termal iletkenlik değerleri vermiştir. Bu durum, tekstil liflerinin nem içeriği arttıkça termal iletkenliğinin artma eğiliminde olmasıyla (Warner 1995) açıklanabilir. Ölçüm sonuçlarına göre RL3, RL4, RR1, RL11 ve RL12 kodlu poliamid esaslı kumaşlar, yığın içindeki dağılım dışında kalan en yüksek termal iletkenlik değerlerini verirken, RR10, RR2, RL5, RL10 ve AS2 kodlu polyester esaslı kumaşlar en düşük termal iletkenlik değerlerini vermiştir. Bu sonuçlara göre lif tipi, kumaşların termal absorbtivite özelliğini belirleyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Termal iletkenlikle termal absorbtivite arasında kuvvetli ilişki tüm örgü tiplerinde görülmüştür.

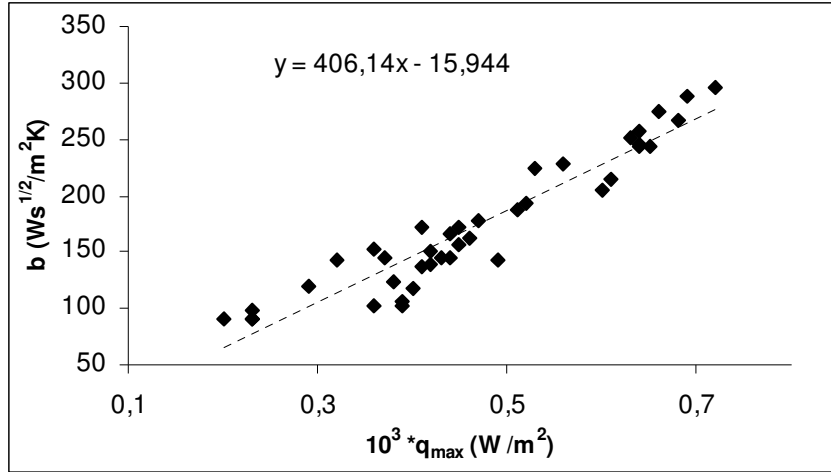


**Şekil 5.12.** I.grup kumaşların  $b / \lambda$  ilişkisi Korelasyon katsayısı :0,887

**Çizelge 5.11.** Örgü tiplerine göre  $b / \lambda$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,919                |
| RR         | 0,897                |
| Astar örgü | 0,858                |

Termal absorbtivite ile ifade edilen, kumaştan insan vücuduna doğru olan ısı akış oranı, temasın ilk saniyelerinde oldukça yüksektir; bir süre sonra azalır ve durgun bir hale kavuşur. Kumaşların ısı akış yoğunluğu değeri  $q_{maks}$ , ısı akışının maksimum olduğu bölgedeki ölçülen ısı akış miktarıdır ve iyi bir termal iletkenlik gösteren liflerden yapılan kumaşlarda bu değer yüksektir. Yüksek  $q_{maks}$  değeri veren kumaşlar, vücuttan daha çok ısı soğurur ve giyim esnasında daha soğuk his verir. Bu sebeple kumaşların termal değerlendirilmesinde  $q_{maks}$  ve  $b$  değeri birbirlerinin yerine kullanılabilir. Ölçüm sonuçları  $b$  ve  $q_{maks}$  değeri arasında yüksek korelasyon katsayısı ortaya koymaktadır (Şekil 5.13).



**Şekil 5.13.** I.grup kumaşların  $b / q_{\max}$  ilişkisi Korelasyon katsayısı :0,947

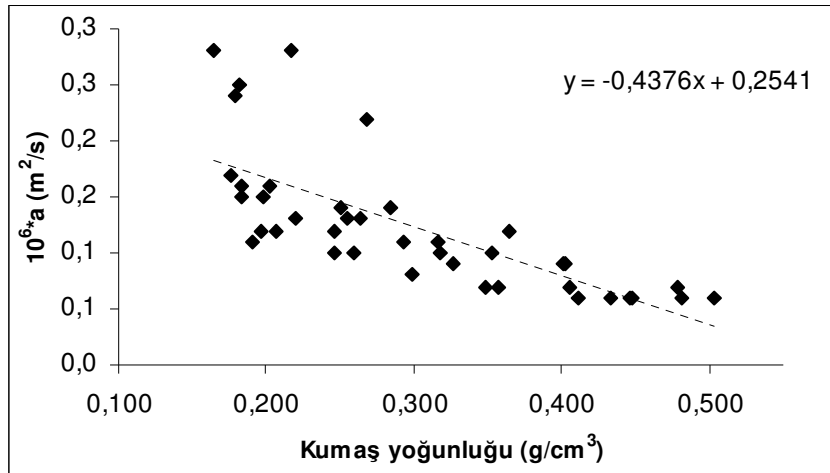
### 5.1.3. Termal Difüzyon $a$ (m<sup>2</sup>/s)

Termal difüzyon (veya ısı yayılımı), kumaş içindeki sıcaklık yayılımı oranını belirler ve ısının kumaş içinde yayılma alanı ve hızını tanımlar. Hes (1999), termal difüzyon ile termal absorbtivite arasında Eşitlik 5.1 ve 5.2'deki şu matematiksel bağıntıları vermiştir:

$$b = \frac{\lambda}{\sqrt{a}} \quad (5.1)$$

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (5.2)$$

Burada  $\lambda$  termal iletkenlik (W /mK),  $\rho$  kumaş yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>) ve  $c$  lifin spesifik ısı kapasitesidir (J/kgK). Malzemelerin ısı formunda enerji saklama kabiliyeti olarak tanımlanan spesifik ısı kapasitesi arttıkça, ısının yayılımı esnasında soğurulan miktarı artacak ve ısının yayılma alanı azalacaktır. Benzer şekilde, kumaş yoğunluğu arttıkça termal difüzyon değerinin azalması beklenir bir sonuç olacaktır. Bu sonuç Şekil 5.14'te görülmektedir. Bu ilişki, tüm örgü tiplerinde bulunmuştur.



**Şekil 5.14.** I.grup kumaşların a/kumaş yoğunluğu ilişkisi Korelasyon katsayısı : -0,738

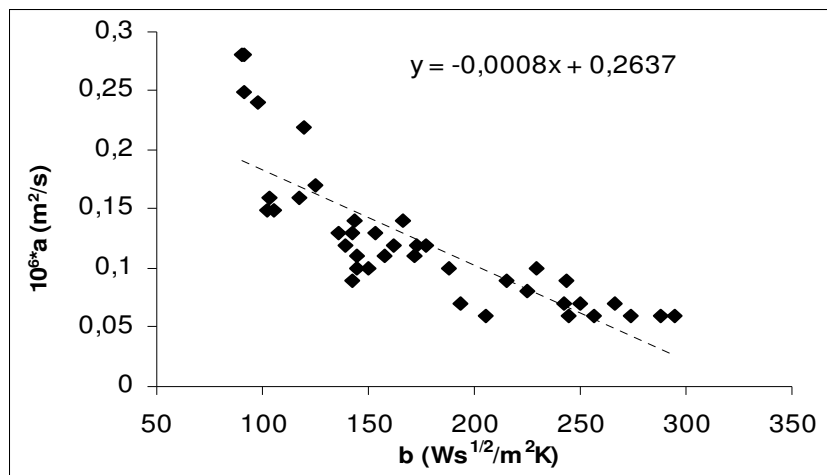
**Çizelge 5.12.** Örgü tiplerine göre a / kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,886               |
| RR         | -0,715               |
| Astar örgü | -0,792               |

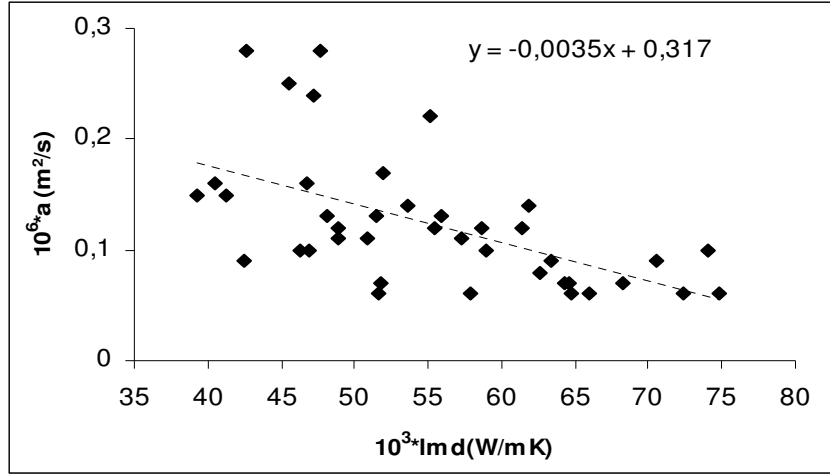
Kumaşların termal difüzyon ile termal absorbtivite değerleri arasında, Eşitlik 5.1'de verilen ifadeye uygun şekilde, negatif ve kuvvetli bir ilişki bulunmuştur (Şekil 5.15, korelasyon katsayısı : -0,814). Termal absorbtivite değeri yüksek, yani soğuk temas hissi veren kumaşların düşük termal difüzyon değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç aynı zamanda, bu kumaşların spesifik ısı kapasitelerinin yüksek olduğuna işaret eder. Belirli bir ısı enerjisi verildiğinde, spesifik ısı kapasitesi yüksek malzemelerin sıcaklık değişimleri düşük olacak, bununla birlikte bu malzemeler daha çabuk ısınır ve daha çabuk soğuyacaktır. Bu durumda, termal absorbtivite yüksek / termal difüzyonları düşük kumaşların vücutla temasında, soğuk temas hissi verecek şekilde deri sıcaklığında yüksek sıcaklık düşüşüne sebep olacağı, deriden kumaşa doğru olan ısı akışı neticesinde ise kendi yüzey sıcaklıklarının deri sıcaklığındaki değişimden daha az oranda artacağı sonucu çıkarılabilir. Benzer şekilde, termal absorbtivite yüksek ince kumaşların, düşük termal difüzyon özelliğine sahip olacağı, bu sebeple daha çabuk ısınır ve daha çabuk soğuyacağı

anlaşılmaktadır. Termal difüzyonu düşük malzemelerin sürekli ısı rejimine daha çabuk geçeceği düşünülürse, bu özellikteki kumaşların (Şekil 2.7’de görüldüğü gibi) tipik bir ısı akış eğrisinde durağan hale kavuştuğu süre daha kısa olacak demektir.

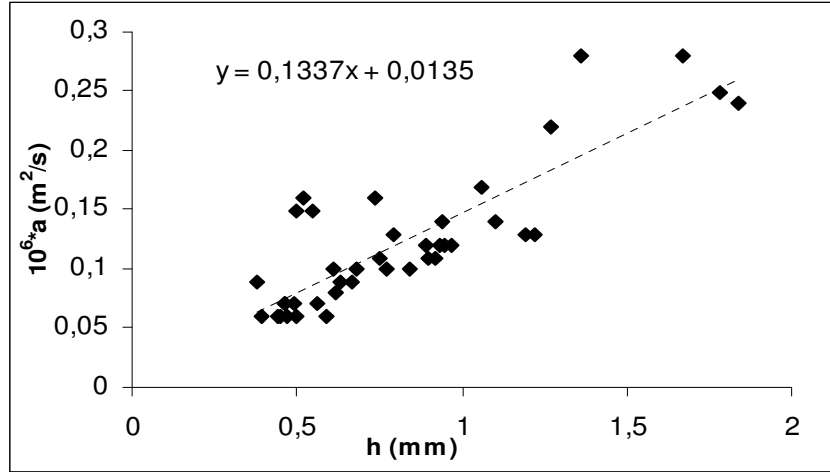
Termal difüzyon ile termal absorbtivite arasında kuvvetli ilişki olmasından dolayı, termal absorbtiviteyi etkileyen her parametrenin (lif tipi, kumaş konstrüksiyonu, yüzey özellikleri vb.) kumaşların termal difüzyon özelliğini de etkileyeceği söylenebilir. Şekil 5.16 ise ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve termal difüzyon arasındaki ilişkiyi sunmaktadır. Bu ilişki, Eşitlik 5.2’deki matematiksel ifadeyle uyumlu ve anlamlı çıkmamıştır. Bu durumda, termal difüzyonu belirleyen ana faktörün lif tipi değil kumaş konstrüksiyonu olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 5.17, bu sonucu destekleyen termal difüzyon /kumaş kalınlığı ilişkisini göstermektedir. Kumaş kalınlığı arttıkça, azalan kumaş yoğunluğu nedeniyle termal difüzyon değerleri artış göstermiş; iki özellik arasında yüksek korelasyon katsayısı bulunmuştur. Kalınlığa bağlı olduğu için kumaşların termal direnci ile termal difüzyon değerleri arasında benzer bir ilişki Şekil 5.18’de görülmektedir. Düşük termal dirence sahip farklı tip kumaşların termal difüzyonları birbirine yakınken, termal direnç arttıkça termal difüzyon değerleri farklılaşmaktadır. Termal difüzyon ile kumaş gramajı arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



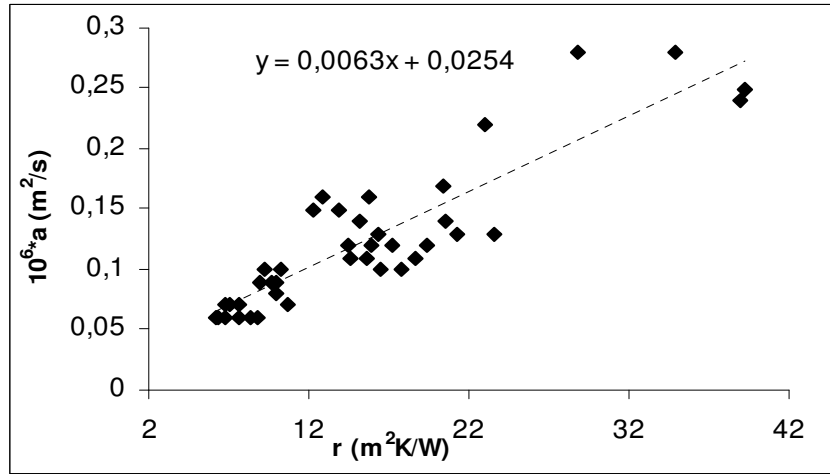
**Şekil 5.15.** I.grup kumaşların a/b ilişkisi Korelasyon katsayısı : -0,814



Şekil 5.16. I.grup kumaşların  $a/\lambda$  ilişkisi. Korelasyon katsayısı : -0,569



Şekil 5.17. I.grup kumaşların  $a/h$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : 0,844



Şekil 5.18. I.grup kumaşların  $a/r$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : 0,891

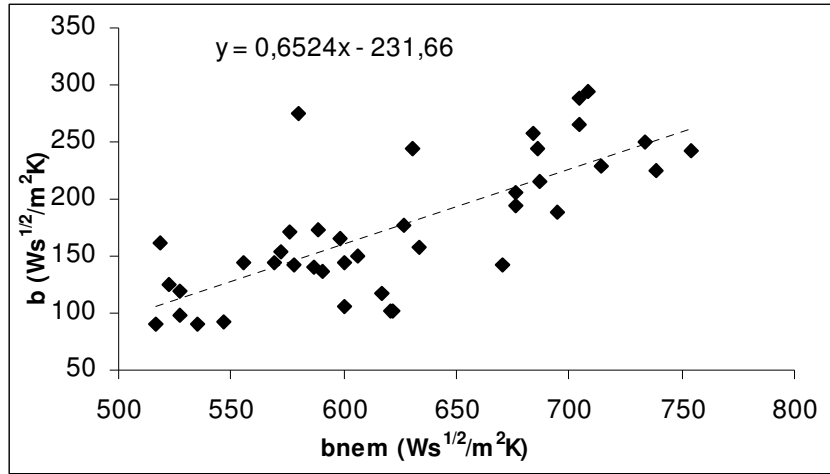
#### 5.1.4. Nem Absorbtivitesi $b_{nem}$ ( $Ws^{1/2}/m^2K$ )

Islak deri ile temas eden bir kumaşın verdiği termal temas hissini objektif olarak değerlendirmek için, Alambeta cihazı ile ıslak halde ölçüm yöntemi ile nem absorbtivitesi  $b_{nem}$  değerleri bulunmuştur. Ölçüm için, terlemiş deriyi simule edecek şekilde ıslatılan çok ince, özel bir ara kumaş kullanılmıştır. Bu kumaşın, termal temas değerlendirmesi yapılan kumaşın termal kapasitesini etkilemeyecek kadar ince ancak üzerine enjekte edilen bir miktar sıvıyı absorblayacak ve hızlı ve düzgün şekilde yayacak karakterde olması gerekir.

Nem absorbtivitesi ölçümü için ara kumaş (ölçümlerde %100 Coolmax örme kumaş kullanılmıştır) üzerine enjekte edilen sıvının yayılımı durunca, ara kumaş ıslak yüzeyi ölçüm yapılacak kumaşa temas edecek şekilde, kumaş ile Alambeta cihazının ölçme kafası arasına yerleştirilir. Birkaç saniye içinde ölçülen kumaş ara kumaştan az veya çok sıvı absorblar; ara kumaş az veya çok kurur. Kumaş ve sıvının termal iletkenliği ve termal kapasiteleri arasında basit bir paralel kombinasyon kurulursa, Alambeta cihazının bu durumda ölçtüğü termal absorbtivite değeri nem absorblama özelliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Ölçülen kumaşın düşük absorbsiyon göstermesi durumunda, ara kumaşın termal kapasitesi bünyesindeki sıvı varlığı nedeniyle yüksek olacak, buna göre cihazdan okunan termal absorbtivite değeri oldukça yüksek çıkacaktır. Bu durum, ölçülen kumaşın düşük nem absorbtiviteye sahip olduğunu gösterir. Ölçülen kumaşın kalınlığı boyunca hızla sıvı dağılımı olduğu durumda ise ara kumaş neredeyse tamamen kurur, cihaz daha düşük termal absorbtivite değeri ölçer. Bu durum da ölçülen kumaşın iyi bir nem absorbtivitesine sahip olduğunu gösterir ki kumaşların ıslak hallerinde konfor hissi için istenen özellik budur.

Çizelge 4.3'te verilen sonuçlar, kumaşların ıslak halde ölçülen termal absorbtivitelerinin kuru haldeki değerlerine göre oldukça arttığını göstermektedir. Oldukça yüksek termal absorbtivite değerleri, tüm kumaş tipleri için ter veya benzeri sebeplerle oluşan ıslak halin konforsuzluk demek

olduğunun göstergesidir. I. grup kumaşların kuru ve ıslak haldeki termal absorbtivite değerleri arasındaki ilişki Şekil 5.19'da verilmiştir.



**Şekil 5.19.** I.grup kumaşların  $b / b_{nem}$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : 0,743

Şekil 5.19, kuru hallerinde düşük termal absorbtivite değerlerine sahip kumaşların, ıslakken de düşük termal absorbtivite, yani yüksek nem absorbtivite değeri verdiğini göstermektedir. Yüksek nem absorbtivitesi, ıslak durumdaki konforsuzluk hissini azaltılması olarak yorumlanmaktadır. Deney sonuçlarına göre, ıslak haldeki en iyi konfor hissini şardonlu, 2-iplik astar örgülü kumaşlar (AS1Ş, AS2Ş, AS3Ş ve AS4Ş) sağlamıştır. Islak haldeki en yüksek termal absorbtivite değerleri RL13, RL1 ve RL9 başta olmak üzere konfor amaçlı kullanılan modifiye sentetik liflerden üretilen kumaşlar vermiştir. Bu kumaş yapılarının ıslak durum için yeterli konfor hissini sağlamadığı görülmektedir. Termal absorbtivite ile nem absorbtivitesi arasındaki en kuvvetli ilişki astar örgülü kumaşlarda görülmektedir. (Çizelge 5.13)

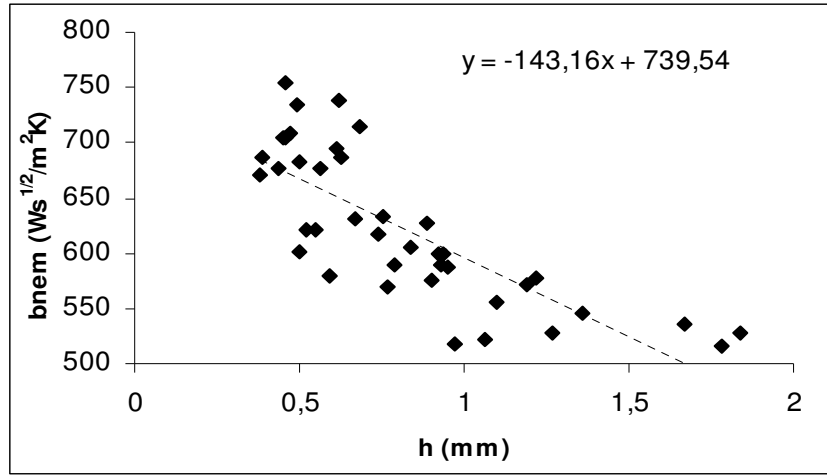
**Çizelge 5.13.** Örgü tiplerine göre  $b / b_{nem}$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,551                |
| RR         | 0,531                |
| Astar örgü | 0,802                |



Kumaşların nem absorbtivitesi değerleri ile kumaş konstrüksiyonu arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Özellikle kumaş kalınlığının nem absorbtivitesi üzerinde kuvvetli bir etkisi olduğu görülmektedir (Şekil 5.20).

Kumaşların kalınlık ile nem absorbtivite değerleri arasında korelasyon katsayısı -0,786 olarak bulunmuştur. Ölçüm sonuçlarına göre, tüm kumaş tiplerinde kalınlığının artırılması nem absorbtivitesi değerini iyileştirmektedir. Bu etki RR ve astar örgülü kumaşlarda daha kuvvetli çıkmıştır. Bu sonuç, kumaş kalınlığı arttıkça suyun kumaş yapısına katılacağı bölge oranının ve yapıya katılan su miktarının artacağı, ıslak deriden daha fazla sıvı absorblayarak yüksek nem absorbtivite değeri sergileyeceği şeklinde açıklanabilir. Konfor amaçlı ipliklerden (Meryl, Coolmax, Tactel, Aquator) mamul kumaşlarda, kalınlığının artırılmasının ıslak haldeki konfor hissinde iyileşmeye sebep olacağı, örgü tipi ve iplik numarası gibi faktörlerin bu tespite uygun olarak seçilmesi gerektiği bulunmuştur.

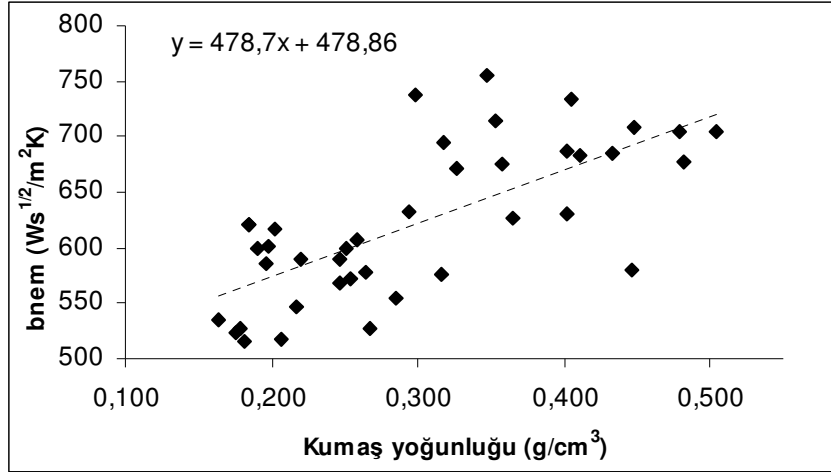


Şekil 5.20. I.grup kumaşların  $h / b_{nem}$  ilişkisi Korelasyon katsayısı : -0,786

Çizelge 5.14. Örgü tiplerine göre  $h / b_{nem}$  arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,391               |
| RR         | -0,791               |
| Astar örgü | -0,752               |

Kumaş yoğunluğu ile nem absorbtivitesi arasındaki ilişki ise Şekil 5.21’de verilmiştir. Şekil 5.21, kumaş konstrüksiyonunun nem absorbtivitesi üzerindeki etkisini, “kumaş yoğunluğu arttıkça ıslak halde ölçülen termal absorbtivite değeri ( $b_{nem}$ ) artar yani nem absorbtivitesi azalır ve kumaşın ıslakken verdiği konfor hissi kötüleşir” şeklinde göstermektedir. Yoğunlukla nem absorbtivitesi arasındaki bu ilişki RR ve astar örgülerde daha kuvvetli çıkmıştır.



**Şekil 5.21.** I.grup kumaşların  $b_{nem}$ /kumaş yoğunluğu ilişkisi Korelasyon katsayısı 0,703

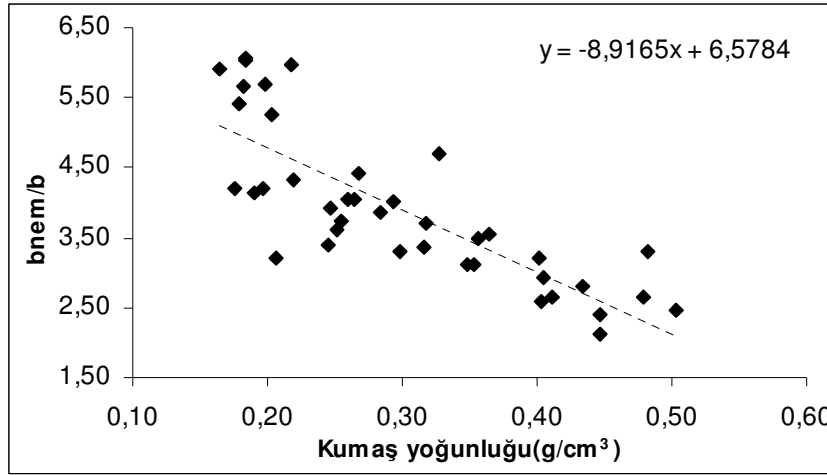
**Çizelge 5.15.** Örgü tiplerine göre  $b_{nem}$  / kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | 0,400                |
| RR         | 0,650                |
| Astar örgü | 0,627                |

Kumaşların ter ve benzeri sebeplerle ıslandığında sergileyeceği davranışı yorumlamak için  $b_{nem}/b$  (ıslak ve kuru halde bulunan termal absorbtivite değerleri) oranları hesaplanmıştır. Geraldes ve ark. (2001) çalışmalarında, kumaşların hidrofobik içeriğinin yüzdesi arttıkça bu oranın arttığını bulmuşlardır. Kumaşların hidrofil içeriği arttıkça ise oran küçülme eğiliminde olacaktır. Bu durumda,  $b_{nem}/b$  oranı küçüldükçe kumaşın deriden uzaklaştıracağı su (ter) miktarı artacaktır.

I.grup kumaşların  $b_{nem}/b$  oranları incelendiğinde RL5, RR10, RR2, RL10, RL11 kodlu polyester esaslı kumaşların en yüksek, RL1, RL2, RL3, RL4, RR1, RL12 kodlu poliamid esaslı kumaşların da en düşük değerleri verdiği görülmüştür. Bu sonuçlar lif tipinin etkili olduğunu göstermektedir; poliamid esaslı kumaşlar, daha higroskopik bir lif olan pamuk esaslı kumaşlardan genel olarak daha düşük değerler vermiştir.

Kumaş yapısal özellikleri ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki incelendiğinde, kumaş yoğunluğu ile kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Şekil 5.22’de görülen bu ilişkiye göre kumaş yoğunluğu arttıkça  $b_{nem}/b$  oranı azalmakta ve kumaşın suyu deriden uzaklaştırma eğilimi artmaktadır. Bu ilişki, RL ve astar örgülü kumaşlarda daha kuvvetli çıkmıştır.



**Şekil 5.22.** I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) / kumaş yoğunluğu ilişkisi

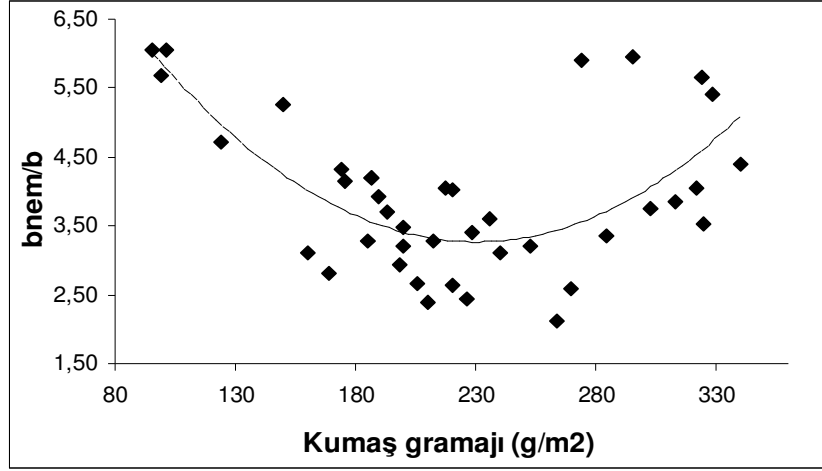
Korelasyon katsayısı -0,816

**Çizelge 5.16.** Örgü tiplerine göre ( $b_{nem}/b$ ) / kumaş yoğunluğu arasındaki sayısal veriler

| Örgü tipi  | Korelasyon katsayısı |
|------------|----------------------|
| RL         | -0,872               |
| RR         | -0,584               |
| Astar örgü | -0,876               |

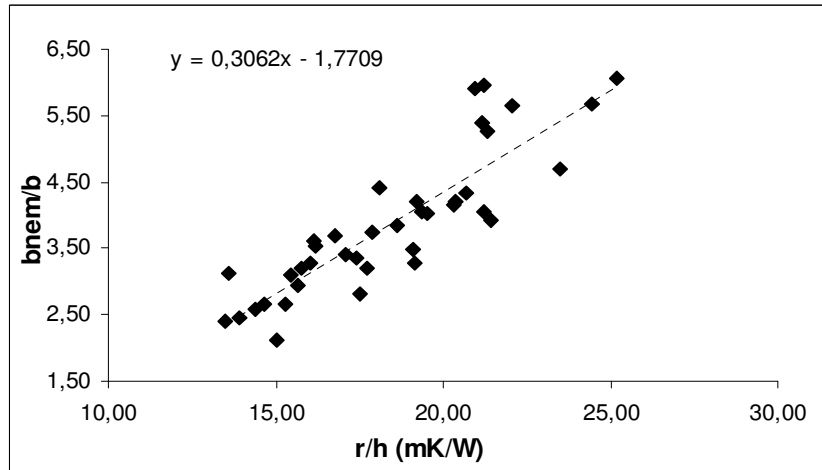
Şekil 5.23’ deki kumaş gramajı ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki incelendiğinde ise bir optimum gramaj değeri ortaya çıkmaktadır. Kumaşların

suyu uzaklaştırma eğilimi yaklaşık 230-240 g/m<sup>2</sup> değerine kadar artmakta, bu değerden sonra ise azalmaktadır. Bu değer, termal absorbtivitenin gramajla ilişkilendirildiği Şekil 5.11'de termal absorbtivitenin artış eğiliminin sona erdiği gramaj değeriyle benzer olması dikkat çekicidir.



**Şekil 5.23.** I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ )/kumaş gramajı ilişkisi

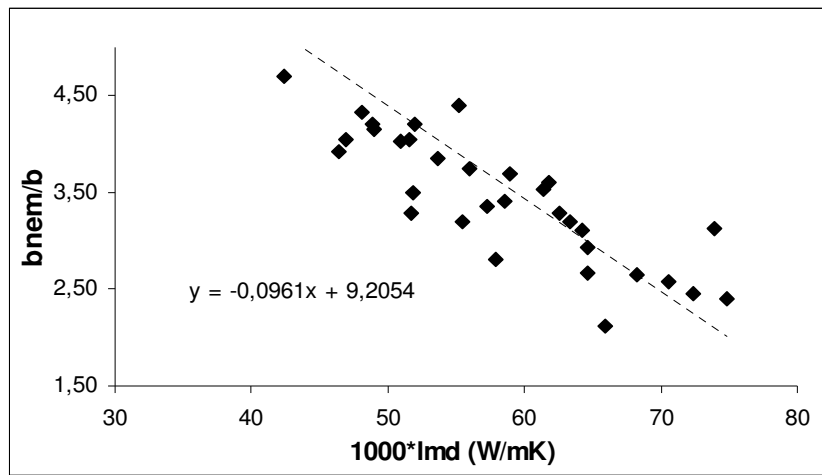
Normalize edilmiş termal direnç ile  $b_{nem}/b$  oranı arasında da kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Şekil 5.24'te görüldüğü gibi birim kalınlığın termal direnci düşük kumaşlarda bu oran düşüktür.



**Şekil 5.24.** I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ )/(r/h) ilişkisi Korelasyon katsayısı 0,874

Bu sonuçlara göre birim kalınlığının direnci daha düşük veya yoğunluğu daha yüksek bir kumaşın deriden suyu uzaklaştırma eğilimi, daha higroskopik liften üretilmiş kumaştan fazla olabilir.

Kumaşların termal iletkenliği ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki ise, beklenildiği üzere daha düşük orana sahip (daha hidrofil) kumaşların daha yüksek termal iletkenliğe sahip olduğu şeklinde bulunmuştur. Termal iletkenlik ile  $b_{nem}/b$  arasındaki ilişki Şekil 5.25'te görülmektedir.



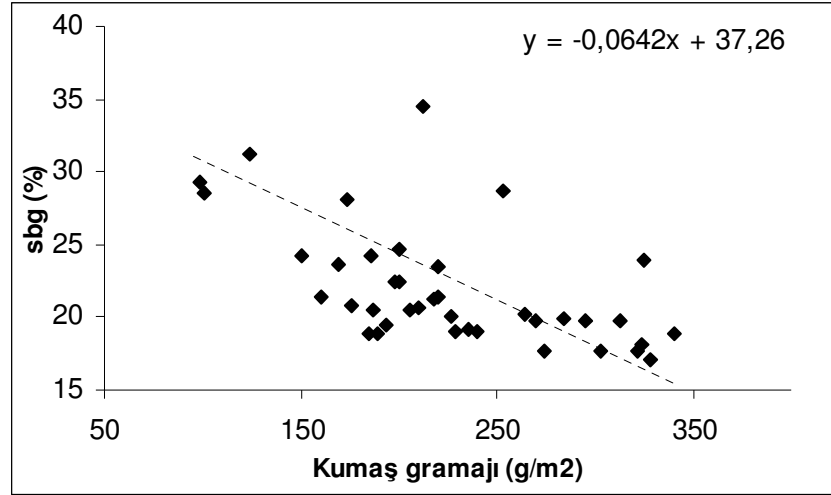
Şekil 5.25. I.grup kumaşların ( $b_{nem}/b$ ) /  $\lambda$  ilişkisi Korelasyon katsayısı -0,857

### 5.1.5. Su Buharı Geçirgenliği sbg (%) ve Hava Geçirgenliği hg (litre /m<sup>2</sup>sn)

Çizelge 4.3'te verilen I. grup kumaşlara ait su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları, tüm kumaş tiplerinin giysilik kullanıma uygun, yeterli su buharı geçirgenliğine işaret eden %15'ten daha fazla su buharı geçirgenliğine sahip olduğunu (Hes 1999) göstermektedir.

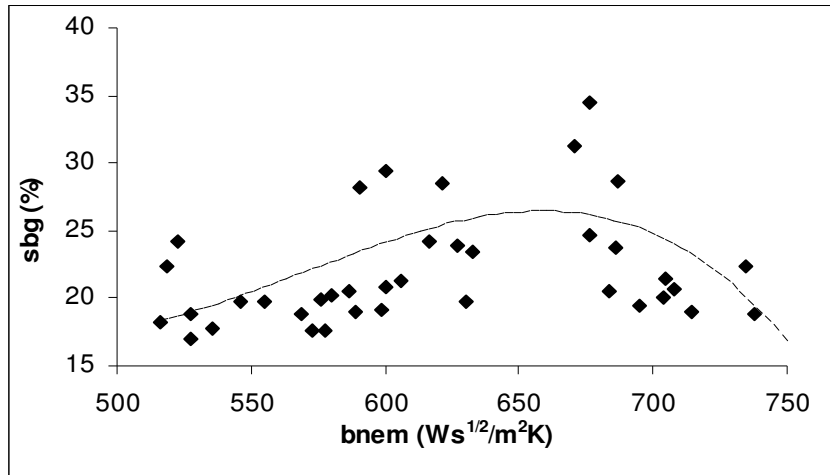
Ölçüm sonuçları, su buharı geçirgenliğinin yani bir kumaşın içinden gerçekleşen su buharı hareketliliğinin lif tipine (liflerin su buharı absorblayabilmesi özelliğine) bağlı olduğunu göstermektedir. Higroskopik olmayan polyester lifinden üretilen kumaşlar, higroskopik viskon, poliamid ve pamuk kumaşlardan yüksek su buharı geçirgenliği değerleri vermiştir.

Kumaşların yapısal özellikleri ile su buharı geçirgenliği arasındaki ilişki incelendiğinde, su buharı geçirgenliğinin özellikle gramajdan etkilendiği görülmüştür. Kumaşların su buharı geçirgenliği ile yoğunluğu arasında bir ilişki görülmezken, gramaj artışının su buharı geçirgenliğini azalttığı bulunmuştur (Şekil 5.26).



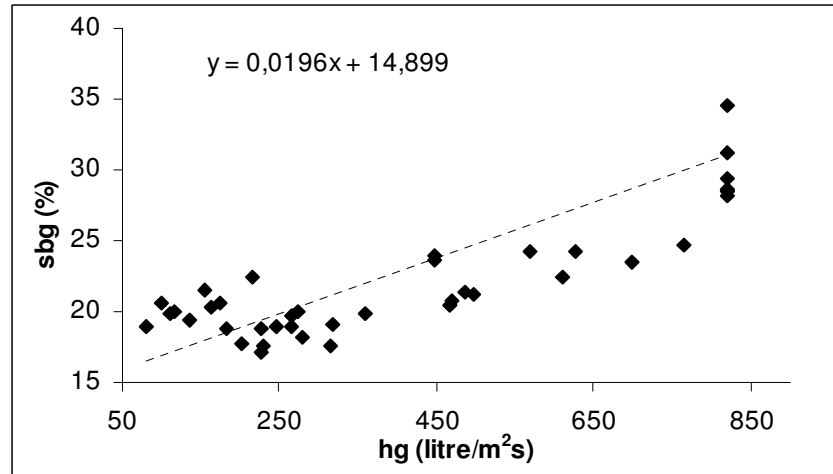
**Şekil 5.26.** I.grup kumaşların sbg / W ilişkisi. Korelasyon katsayısı : -0,555

Kumaş yüzeyinin ıslanabilirliğinin, su buharı konsantrasyonu farkı oluşturması sebebiyle, kumaş içinden gerçekleşen su buharı geçişine etkisi olacağı açıktır. Bu etkinin belirlenmesi için kumaşların su buharı geçirgenlikleri ile nem absorbtiviteyi arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 5.27). Buna göre,  $b_{nem}$  değeri arttıkça kumaşların su buharı geçirgenliği özelliği bir sınır değerine kadar artmakta, bu değerden sonra ise azalmaktadır. Şekil 5.27'de verilen grafikte bu sınır değeri yaklaşık  $650 \text{ Ws}^{1/2} / \text{m}^2\text{K}$  olarak görülmektedir. Yüksek  $b_{nem}$  değerinin düşük nem absorbtivitesi özelliğine işaret ettiği göz önünde tutulduğunda, kumaşların nem absorbtivitesinin aşırı düşük olmasının su buharı geçirgenliğini düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.



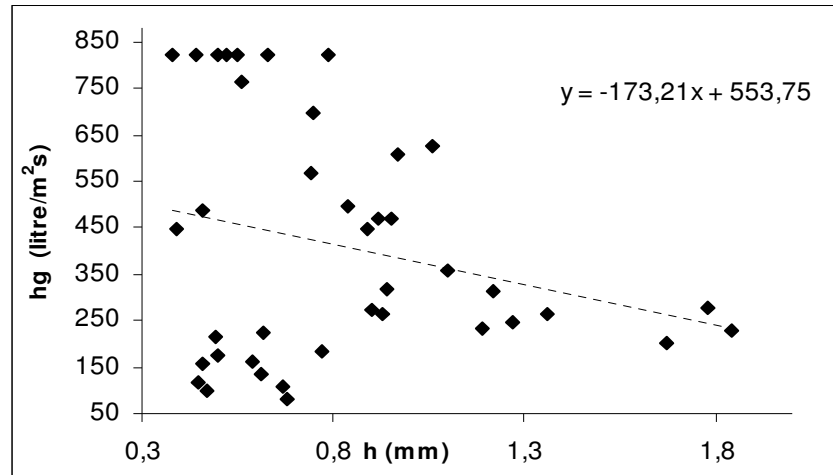
**Şekil 5.27.** I.grup kumaşların sbg /  $b_{nem}$  ilişkisi

Kumaşların hava geçirgenliği ile su buharı geçirgenliği arasındaki paralellik Şekil 5.28'de görülmektedir. Yüksek su buharı geçirgenliğine sahip kumaşlar yüksek hava geçirgenliği özelliği de sergilemiştir.

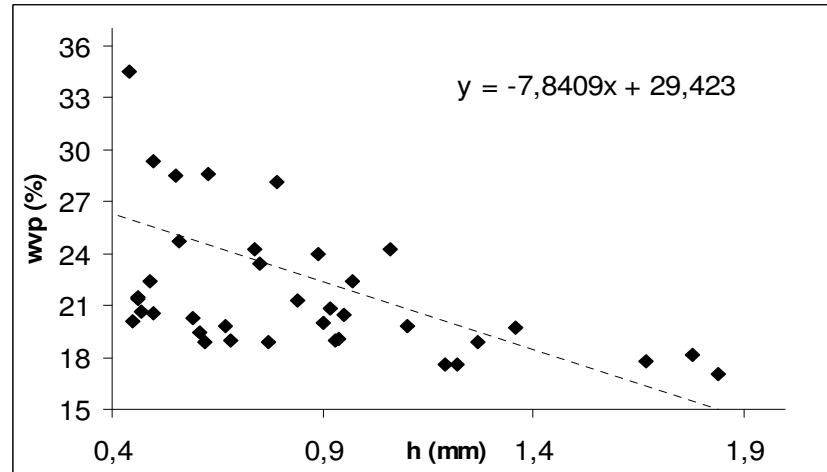


**Şekil 5.28.** I.grup kumaşların sbg / hg ilişkisi. Korelasyon katsayısı : 0,659

Kumaş konstrüksiyonunun hava ve su buharı geçirgenlikleri üzerine etkisi incelendiğinde, genel olarak ince kumaşların daha yüksek hava geçirgenliğine sahip oldukları bulunmuştur (Şekil 5.29). RL1, RL2, RL3, RL4, RL11, RL13 ve RL9 kodlu poliamid esaslı konfor amaçlı ipliklerden üretilmiş kumaşlar bu ifadeye uymamaktadır. Şekil 5.30'da ise kumaş kalınlığı ile su buharı geçirgenliği arasındaki negatif bir ilişki görülmektedir.



**Şekil 5.29.** I.grup kumaşların  $hg / h$  ilişkisi. Korelasyon katsayısı : -0,256



**Şekil 5.30.** I.grup kumaşların  $sbg / h$  ilişkisi. Korelasyon katsayısı : -0,389

### 5.1.6. Yatay ve Dikey Kılcallık (mm)

Şekil 5.32, 5.33 ve 5.34, suyun I. grup kumaşlarda yatay ve dikey yönde sırasıyla 10, 20 ve 30 dakika sonunda kat ettiği mesafeleri (mm) göstermektedir. Mesafe ne kadar uzunsa kumaşın kılcallık özelliği o denli yüksektir.

Kumaşlardaki kapılar boşluklar düzgün bir dağılım göstermeyeceğinden ve su bazı boşluklara diğerlerinden daha önce nüfuz edeceğinden, suyun kumaş içindeki yayılımı düz bir çizgi şeklinde gerçekleşmeyecektir. Ölçülen



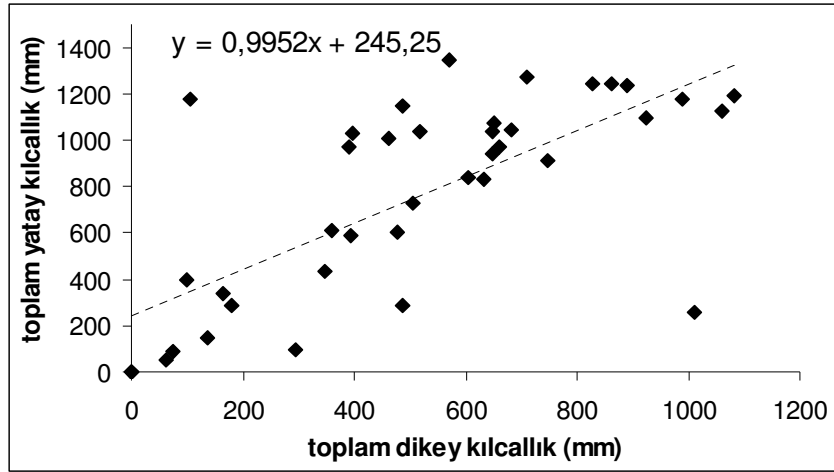
kılcallık mesafeleri, kumaştaki ıslak bölgenin en uç noktası üzerinden değil, bir önceki ölçümden sonra gözlenen en uzak ve en yakın ıslanma noktasının ortalaması şeklinde belirlenmiştir. Tüm ölçümler, standart atmosfer şartlarda tamamlandığından, her ölçümde suyun buharlaşma miktarının eşit olduğu ve ölçümleri etkilemediği kabul edilmiştir.

Çizelge 4.4.a ve b’de verilen sonuçlar, kumaşların ön ve arka yüzlerinden alınan ölçümlerin aritmetik ortalamalarıdır.

Şekil 5.32, 5.33 ve 5.34’deki sonuçlar, kumaş içerisindeki suyun hareketi üzerine yerçekiminin etkili olduğunu göstermektedir. Dikey yönde kılcallık esnasında, yerçekimi suyun ilerlemesine engel olmaktadır. Dikey kapılar boşluklar içinde su hareketi başladığında absorbe edilen su, su kaynağına (burada beher içindeki distile su) oldukça yakındır ve bu konumdayken yerçekiminin etkisi ihmal edilebilir. Ancak, daha uzun süre ve kılcallık mesafelerinde yerçekiminin etkisi artarak büyür. Eğer, dikey yönde suyun hareketi yeterince uzun bir mesafeye ulaşırsa, kapılar etki yerçekimince dengelenir ve suyun ilerleyişi yavaşlar. Çizelge 4.4a ve b’deki ölçüm sonuçları, yerçekimi etkisinin 5 dakika daldırma süresi sonrasında önemli olduğunu göstermektedir.

I. grup kumaşların yatay ve dikey yönde kılcallık değerleri arasındaki farklar, kumaş türlerine göre değişim göstermektedir. Tüm kumaş türleri bir arada değerlendirildiğinde, yatay ve dikey kılcallık değerlerinin birbirine oranı 1.489 olarak bulunmuştur. Yani yatay yönde suyun ilerleme mesafesi, dikeye göre 1.489 kat fazladır.

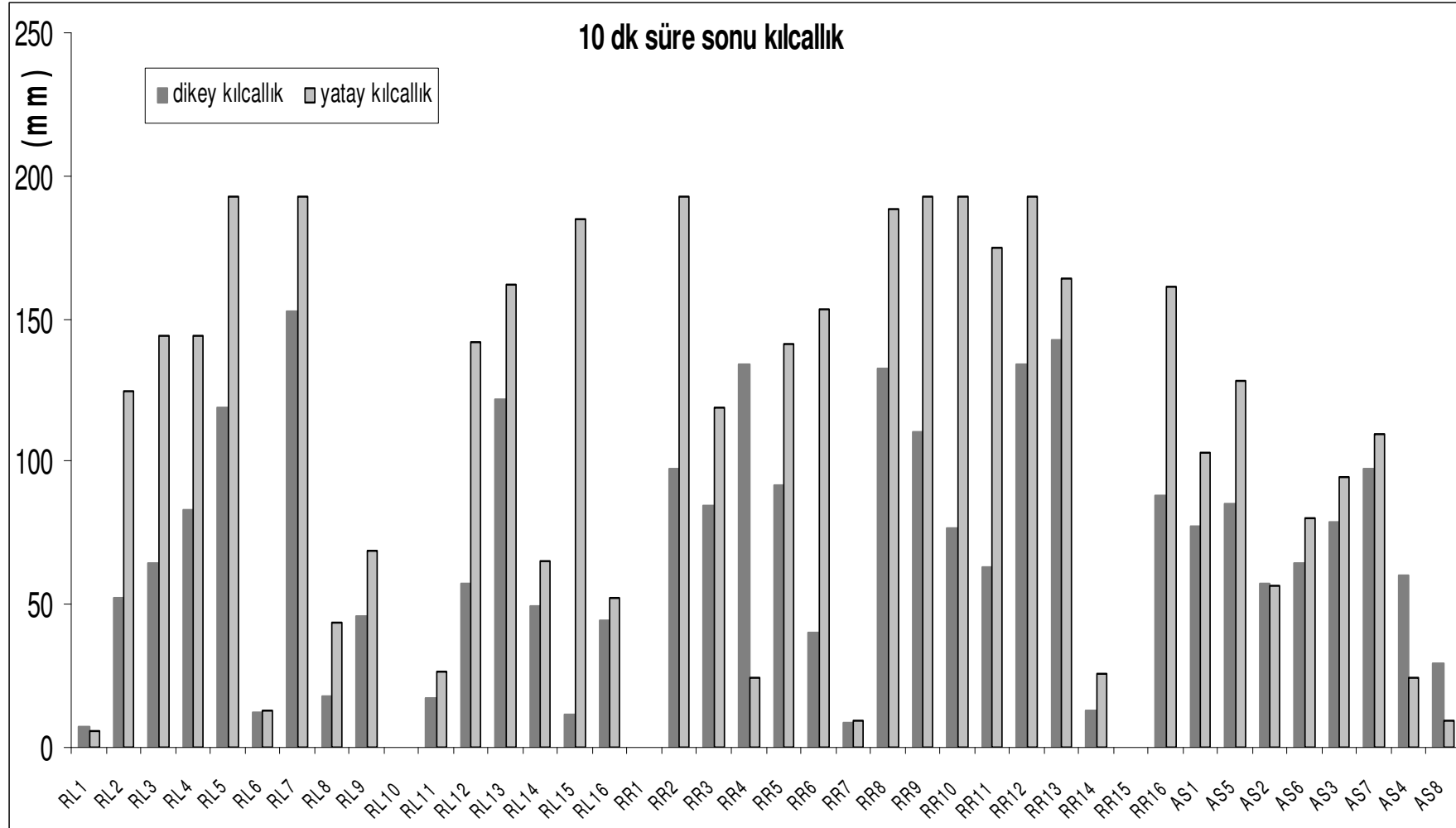
Belirli süreler sonunda bulunan kılcallık değerlerinin toplamları “toplam kılcallık” olarak tanımlanabilir. Kumaşların yatay ve dikey yönde toplam kılcallık değerleri arasındaki ilişki Şekil 5.31’de görülmektedir. Buna göre yatay yönde yüksek kılcallık özelliği gösteren kumaş, dikey yönde de yüksek kılcallığa sahip demektir.



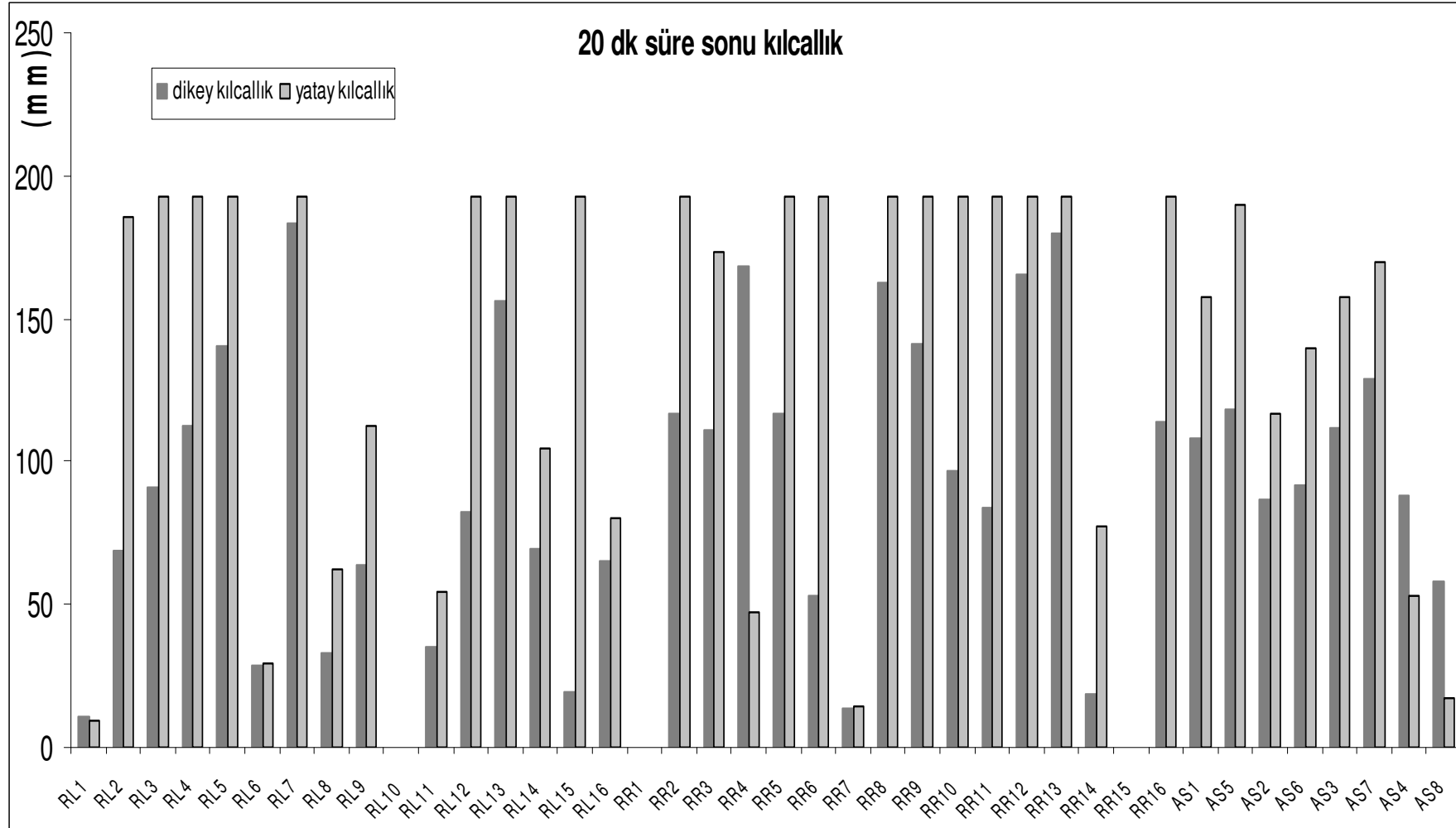
**Şekil 5.31.** I.grup kumaşların yatay kılcallık / dikey kılcallık ilişkisi.

Korelasyon katsayısı : 0,715

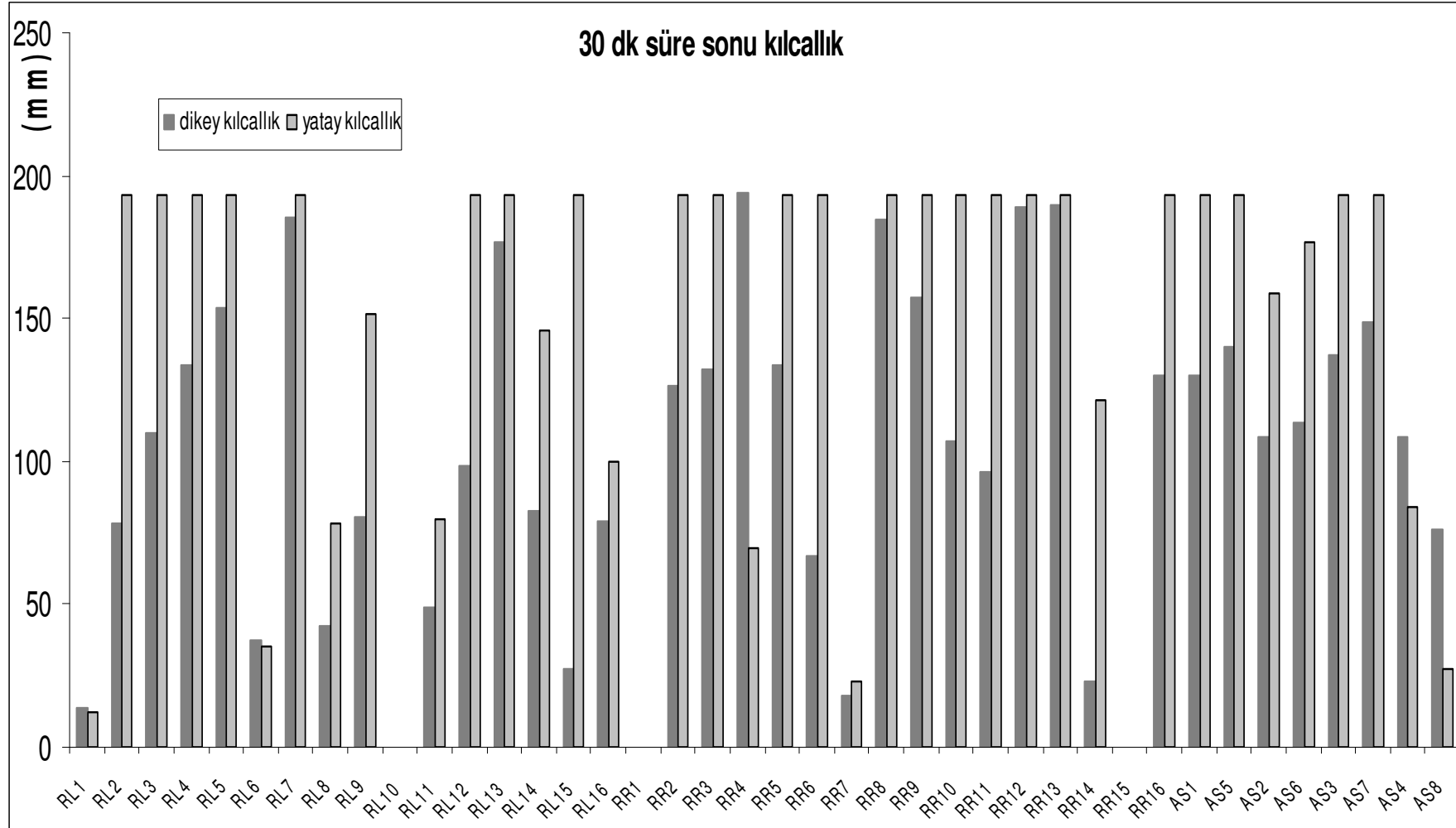
Şekil 5.32, 5.33 ve 5.34'te verilen kılcallık değerleri, kumaş türleri arasında farklılıklar göstermektedir. Kılcallık değerleri ile termal özellikler (termal iletkenlik, termal direnç, termal absorbtivite vb.) ve kumaş yapısal özellikleri (kalınlık, gramaj ve yoğunluk) arasında ilişki bulunamamıştır.



**Şekil 5.32.** I grup kumaşların 10 dakika sonunda kılcılık değerleri (suyun ilerleme mesafeleri)



**Şekil 5.33.** I grup kumaşların 20 dakika sonunda kılcılık değerleri (suyun ilerleme mesafeleri)



**Şekil 5.34.** I grup kumaşların 30 dakika sonunda kılcılık değerleri (suyun ilerleme mesafeleri)

### 5.1.1. 2– İplik Astar Örgülü Kumaşların Değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada kullanılan I.grup kumaşlar arasında yer alan 2 iplik astar örgülü kumaşlar, 32” E 22 yuvarlak örme makinesinde kontrollü olarak üretilmiştir. Astar örgülü kumaşların ayrı bir bölümde incelenmesi, spor giysilik örme kumaşlar arasında yaygın olarak kullanılan bu yapının termal konfor özellikleri üzerine, astar ve zemin ipliği yapısı ile tipik astar örgülü kumaşların üretiminde yapılan şardonlama işleminin etkilerinin değerlendirilebilmesini sağlamıştır.

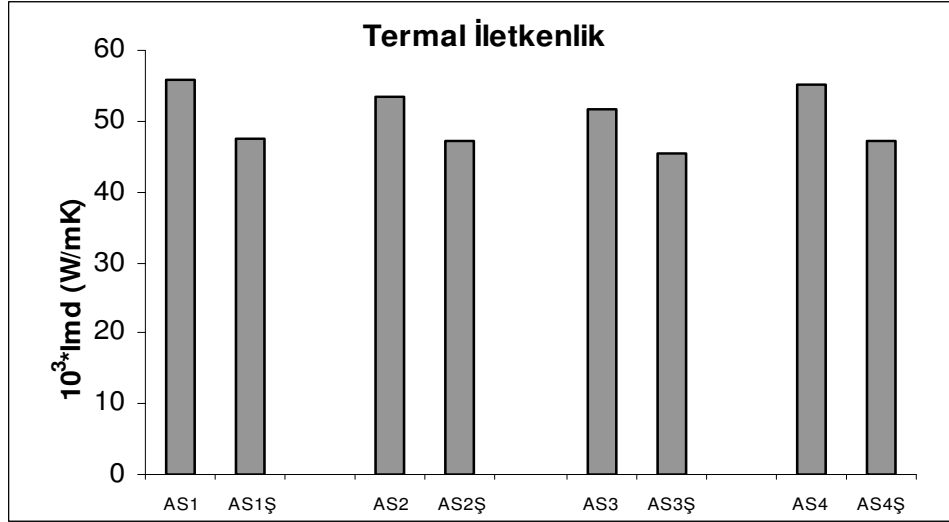
#### 5.1.1.1. Termal İletkenlik $\lambda$ (W /mK) ve Termal Direnç $r$ (m<sup>2</sup>K/W)

Astar örgülü kumaşların termal iletkenlik değerleri Şekil 5.35'te görülmektedir. Ölçüm sonuçları, şardonlama öncesinde zemin ve astar iplikleri farklı liflerden üretilmiş olan kumaşların (burada pamuk ve polyester) yakın termal iletkenliklere sahip olduğunu göstermektedir. Polyester lifinin termal iletkenliği (0,141 W/mK), pamuk lifinden (0,461 W/mK) yaklaşık 3 kat daha küçük olmasına karşın, astar örgülü kumaşların yüksek kalınlık ve düşük yoğunlukları yapıya katılan hava miktarının yüksek olmasına sebep olmakta ve lif iletkenliğinin etkisini azaltmaktadır.

Şardonlama işleminin, kumaşların termal iletkenliklerini azalttığı görülmektedir. Bu durum, şardonlama ile elde edilen tüylü ve hacimli yapının hapsettiği hava miktarının daha da artmasından kaynaklanan beklenen bir sonuçtur.

Astar örgülü kumaşların termal iletkenliği üzerine, zemin ve astar ipliği (iç ve dış kısımlar) değişimini ifade eden kumaş tipinin ve şardonlama işleminin etkisini değerlendirmek için yapılan iki faktörlü varyans analizi Çizelge 5.17'de verilmiştir. Varyans analizi, şardonlama işleminin termal iletkenlik üzerinde kumaş tipinden çok daha fazla etkili olduğunu göstermiştir. Astar örgülü kumaşlar arasındaki istatistiksel farkı görebilmek için yapılan, kumaş tipinin tek faktör olduğu SNK analizi de, şardonlama sonrasında kumaşların termal iletkenliklerinin şardonlama öncesine göre farklı seviyede olduğu; birbirleri

arasında ise ayırt edici fark olmadığı sonucunu vermiştir (Çizelge 5.18). Şardonlama sonrasında, astar örgülü kumaşların zemin ve astar ipliklerinin lif içeriğinin aynı veya farklı olmasının termal iletkenlik üzerinde etkisi çıkmamıştır. Bu sonuç, lif içeriği farklı fakat aynı numarada zemin ve astar ipliği kullanımının, tipik (şardonlanmış) astar örgülü kumaşların termal iletkenlikleri üzerinde etkisi olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.



**Şekil 5.35.** Astar örgülü kumaşların termal iletkenlikleri

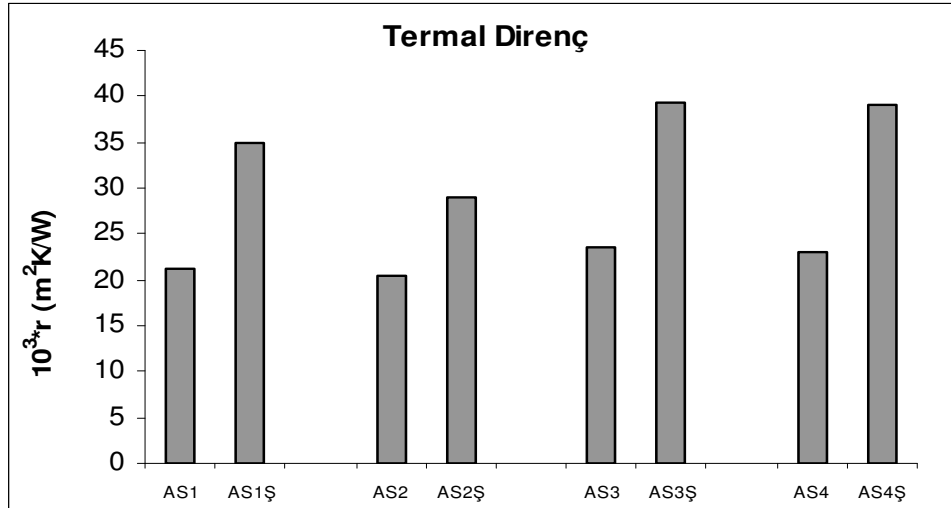
**Çizelge 5.17.** Astar örgülü kumaşların termal iletkenliğine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms      | F n,df,0,05 | Fs      |
|-------------------------|---------|-------------|---------|
| Kumaş tipi              | 15,973  | 3,24        | 11,628  |
| Şardonlama              | 406,838 | 4,49        | 296,173 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 2,527   | 3,24        | 1,839   |

**Çizelge 5.18.** Astar örgülü kumaşların termal iletkenliğine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS1        | a          |
| 2        | AS4        | a          |
| 3        | AS2        | a          |
| 4        | AS3        | b          |
| 5        | AS1Ş       | c          |
| 6        | AS2Ş       | c          |
| 7        | AS3Ş       | c          |
| 8        | AS4Ş       | c          |

Astar örgülü kumaşların termal dirençleri ise Şekil 5.36'da verilmiştir. Ölçümler, şardonlama işlemi sonrasında, kumaşlarda kalınlık artışına paralel olarak termal direnç değerlerinin de arttığını göstermektedir. Çizelge 5.19'da görülen varyans analizi, şardonlama işleminin astar örgülü kumaşların termal direnci üzerinde etkili olduğunu kumaş tipine kıyasla açık bir biçimde ortaya koymaktadır.



Şekil 5.36. Astar örgülü kumaşların termal dirençleri

Çizelge 5.19. Astar örgülü kumaşların termal direncine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms       | F n,df,0,05 | Fs      |
|-------------------------|----------|-------------|---------|
| Kumaş tipi              | 77,964   | 3,24        | 14,259  |
| Şardonlama              | 1439,161 | 4,49        | 263,211 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 74,594   | 3,24        | 4,498   |

Çizelge 5.20'de görülen SNK analizi, şardonlama öncesinde kumaşların termal dirençleri arasında fark görülmediğini, şardonlama sonrasında ise termal dirençteki sıralamayı kumaş kalınlığının belirlediğini göstermektedir. Zemin ve astar ipliği özdeş olan yapılar (AS1Ş ve AS2Ş), daha düşük termal direnç değerleri vermiştir.

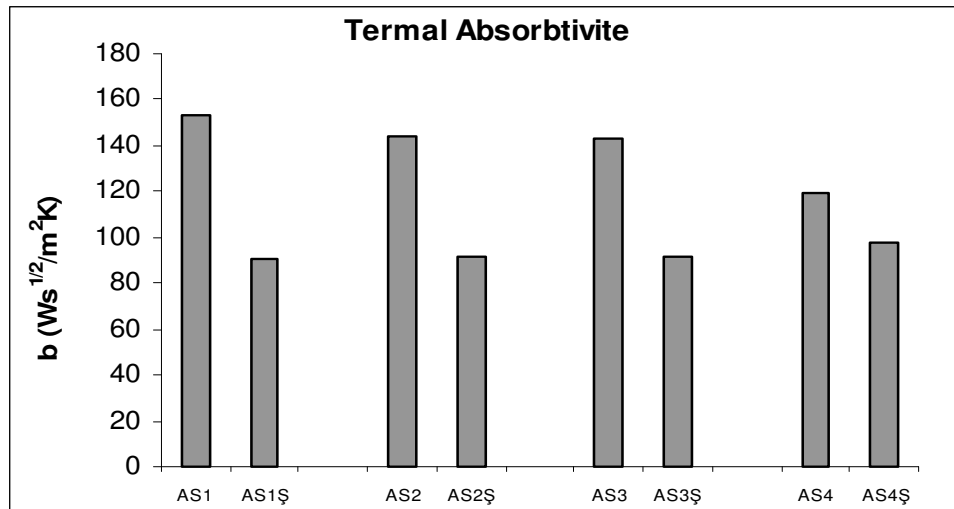


**Çizelge 5.20.** Astar örgülü kumaşların termal direncine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS3Ş       | a          |
| 2        | AS4Ş       | a          |
| 3        | AS1Ş       | b          |
| 4        | AS2Ş       | c          |
| 5        | AS3        | d          |
| 6        | AS4        | d          |
| 7        | AS1        | d          |
| 8        | AS2        | d          |

### 5.1.1.2. Termal Absorbtivite $b$ ( $Ws^{1/2}/m^2K$ )

Astar örgülü kumaşların termal absorbtiveleri Şekil 5.37'de görülmektedir. İlk olarak, ölçüm sonuçları zemin ve astar ipliği %100 pamuk AS1 kumaşının en yüksek termal absorbtiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Bu kumaş, en soğuk termal temas hissini verecektir. İkinci olarak, zemin ve astar ipliği lif içeriği bakımından özdeş olan kumaşların (AS1 ve AS2), diğerlerinden daha yüksek termal absorbtiviteye sahip oldukları görülmektedir. Son olarak, şardonlama işlemi termal absorbtivite değerlerini oldukça düşürmekte ve şardonlama sonrasında kumaşlar benzer termal absorbtivite değerlerine sahip olmaktadır.

**Şekil 5.37.** Astar örgülü kumaşların termal absorbtiveleri

Çizelge 5.21’de verilen varyans analizi, termal absorbtivite üzerine şardonlama işleminin çok etkili olduğunu göstermektedir. Kumaş tipinin düşük Fs değeri, bu faktörün termal absorbtivite üzerinde etkisinin zayıf olduğu anlamına gelmektedir.

**Çizelge 5.21** Astar örgülü kumaşların termal absorbtivitesine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms        | F n,df,0,05 | Fs      |
|-------------------------|-----------|-------------|---------|
| Kumaş tipi              | 243,925   | 3,24        | 3,957   |
| Şardonlama              | 17700,211 | 4,49        | 287,185 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 599,542   | 3,24        | 9,727   |

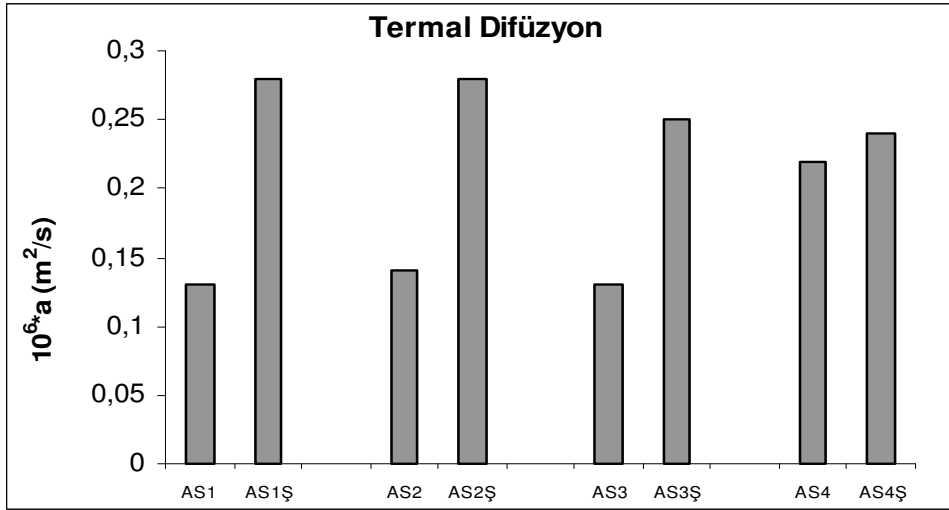
Astar örgülü kumaşların etki seviyelerini görmek için yapılan SNK analizi, kumaşların vücutla temas eden yüzünde iplik tipinin değişiminin termal absorbtivite üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Astar ipliği pamuk/polyester karışımı olan AS3 kodlu kumaşın termal absorbtivitesi, %100 pamuk astar ipliğinin kullanıldığı AS4 kodlu kumaştan yüksek ve istatistiksel olarak farklı çıkmıştır. Şardonlanmış kumaşların termal absorbtivite aralarında ise fark görülmemektedir.

**Çizelge 5.22.** Astar örgülü kumaşların termal absorbtivitesine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS1        | a          |
| 2        | AS2        | a          |
| 3        | AS3        | a          |
| 4        | AS4        | b          |
| 5        | AS4Ş       | c          |
| 6        | AS2Ş       | c          |
| 7        | AS3Ş       | c          |
| 8        | AS1Ş       | c          |

### 5.1.1.3. Termal Difüzyon a ( $m^2/s$ )

Astar örgülü kumaşların termal difüzyonları Şekil 5.38’de görülmektedir. Ölçüm sonuçları, şardonlama sonrasında kumaşların termal difüzyonlarının arttığını göstermektedir. Şardonlama sonrasında azalan kumaş yoğunluğu, ısının bir bölgedeki lifleri ısıtıp ilerleme hızını arttırmış böylece termal enerji (ısı) daha kısa zamanda daha geniş alana yayılmıştır.



**Şekil 5.38.** Astar örgülü kumaşların termal difüzyonları

Termal difüzyon için yapılan varyans analizi, astar örgülü kumaşların bu termal özelliği üzerine kumaş tipinin etkisi olmadığını, şardonlamanın ise etkili olduğunu göstermektedir (Çizelge 5.23). Çizelge 5.24'deki SNK analizi de, şardonlama öncesinde ve sonrasında kumaşların termal difüzyonları arasında genel olarak fark görülmediğini göstermiştir.

**Çizelge 5.23.** Astar örgülü kumaşların termal difüzyonlarına ait varyans analizi

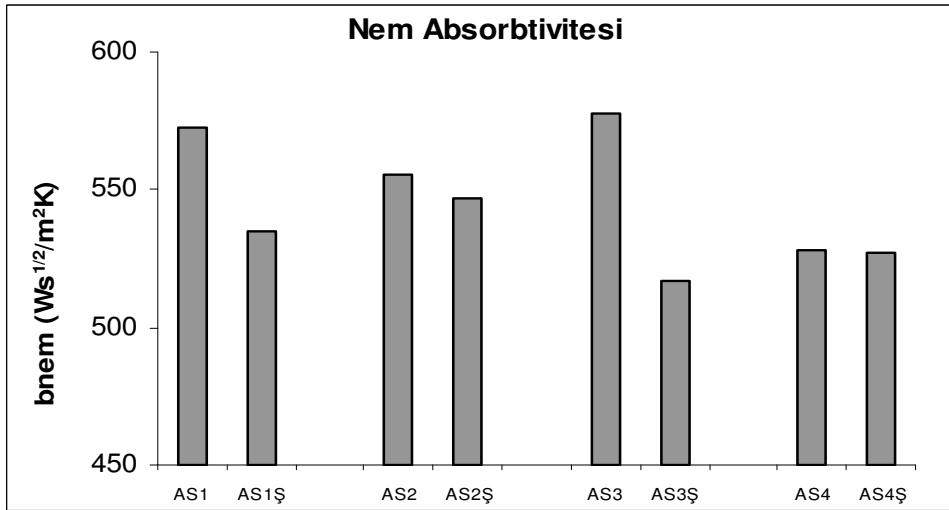
| Faktörler               | Ms    | F n,df,0,05 | Fs     |
|-------------------------|-------|-------------|--------|
| Kumaş tipi              | 0,002 | 3,24        | 1,346  |
| Şardonlama              | 0,089 | 4,49        | 70,031 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 0,007 | 3,24        | 5,380  |

**Çizelge 5.24.** Astar örgülü kumaşların termal difüzyonlarına ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS1Ş       | a          |
| 2        | AS2Ş       | a          |
| 3        | AS3Ş       | a          |
| 4        | AS4Ş       | a          |
| 5        | AS4        | a          |
| 6        | AS2        | b          |
| 7        | AS1        | b          |
| 8        | AS3        | b          |

#### 5.1.1.4. Nem Absorbtivitesi $b_{nem}$ ( $Ws^{1/2}/m^2K$ )

Astar örgülü kumaşların ıslak ölçüm yöntemiyle bulunan termal absorbtivite değerleri ( $b_{nem}$ ) Şekil 5.39'da verilmiştir. Ölçümler, şardonlama sonrasında kumaşların daha düşük değerler verdiğini göstermektedir. Daha düşük değerlerin daha iyi nem absorbtivitesi anlamına gelmesinden dolayı, şardonlanmış astar örgülü kumaşların ıslak halde daha iyi konfor hissi vereceği anlaşılmaktadır. SNK analizi, kumaş tiplerinin  $b_{nem}$  değerleri arasındaki farkın istatistiksel bir anlamı olmadığını göstermiştir (Çizelge 5.26). Çizelge 5.25'te verilen varyans analizi ise  $b_{nem}$  değerleri üzerine kumaş tipinin etkisi olmadığını, şardonlamanın ise etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.39. Astar örgülü kumaşların nem absorbtiviteleeri

Çizelge 5.25. Astar örgülü kumaşların nem absorbtiviteleerine ait varyans analizi

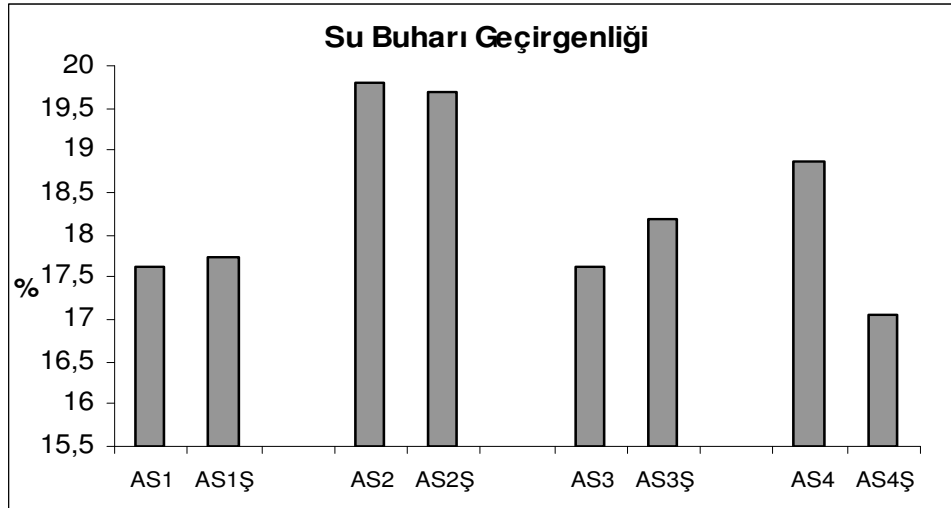
| Faktörler               | Ms       | F n,df,0,05 | Fs    |
|-------------------------|----------|-------------|-------|
| Kumaş tipi              | 1006,032 | 3,24        | 1,178 |
| Şardonlama              | 6699,031 | 4,49        | 7,847 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 4096,594 | 3,24        | 1,599 |

**Çizelge 5.26.**Astar örgülü kumaşların nem absorbtivelerine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS3        | a          |
| 2        | AS1        | a          |
| 3        | AS2        | a          |
| 4        | AS2Ş       | a          |
| 5        | AS1Ş       | a          |
| 6        | AS4        | a          |
| 7        | AS4Ş       | a          |
| 8        | AS3Ş       | a          |

#### 5.1.1.5.Su Buharı Geçirgenliği sbg (%) ve Hava Geçirgenliği hg (litre /m<sup>2</sup>sn)

Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenlikleri Şekil 5.40'de verilmiştir. Gerek ölçüm sonuçları gerekse Çizelge 5.27'de görülen varyans analizi, şardonlama işleminin su buharı geçirgenliği üzerinde etkisi olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, su buharı geçirgenliğinin kumaş yüzey karakteristiklerinden önemli ölçüde etkilenmediği şeklinde yorumlanmıştır.

**Şekil 5.40.** Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenlikleri

Ölçüm sonuçları, astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliği üzerinde lif tipinin etkisini de açığa çıkarmaktadır. Yüksek oranda, su absorbanslığı zayıf, polyester içeren AS2 kodlu kumaşların şardonlama öncesinde ve sonrasında en yüksek su buharı geçirgenliği değerleri verirken,

%100 pamuk olan AS1 kodlu kumaşların en düşük su buharı geçirgenliğine sahip olduğu bulunmuştur. Her iki kumaş tipi arasında istatistiki fark olduğu Çizelge 5.28'deki SNK analizinde de görülmektedir. Zemin ve astar iplikleri farklı kompozisyona sahip astar örgülü kumaşlarda ise, vücutla temas eden astar kısmı polyester içeren AS3 kodlu kumaşın şardonlama sonrasında daha yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olduğu bulunmuştur.

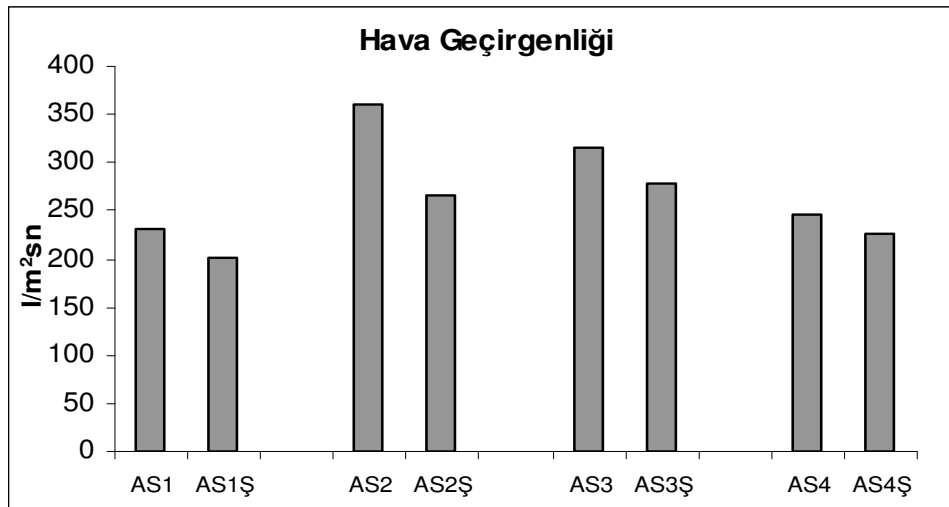
**Çizelge 5.27.** Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliklerine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms    | F n,df,0,05 | Fs    |
|-------------------------|-------|-------------|-------|
| Kumaş tipi              | 7,188 | 3,24        | 5,963 |
| Şardonlama              | 0,915 | 4,49        | 0,759 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 2,083 | 3,24        | 1,728 |

**Çizelge 5.28.** Astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliklerine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS2        | a          |
| 2        | AS2Ş       | a          |
| 3        | AS4        | ab         |
| 4        | AS3Ş       | ab         |
| 5        | AS1Ş       | ab         |
| 6        | AS1        | ab         |
| 7        | AS3        | ab         |
| 8        | AS4Ş       | b          |

Astar örgülü kumaşların hava geçirgenlikleri Şekil 5.41'de görülmektedir.



**Şekil 5.41.** Astar örgülü kumaşların hava geçirgenlikleri

AS2 kodlu kumaşlar, su buharı geçirgenliğine paralel olarak hava geçirgenliğinde de en yüksek değerleri, AS1 kodlu kumaşlar da en düşük değerleri vermiştir. Zemin ve astar iplikleri birbirinden farklı kumaşlar arasında ise AS3 kodlu, polyester/pamuk karışım astar ipliğine sahip olan kumaşın, hava geçirgenliği daha yüksek bulunmuştur. Farklı tipte astar örgülü kumaşların hava geçirgenliklerinin şardonlama öncesinde farklı seviyelerde olduğu SNK analizinden görülmektedir (Çizelge 5.30).

Ölçüm sonuçları, şardonlama işleminin kumaşların hava geçirgenliğini azalttığını göstermektedir. Şardonlama, kumaşların kalınlık, yüzey boyutları, açıklık gibi fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Bu işlemin, hava geçirgenliği üzerinde de etkili olacağı açıktır. Bu etki Çizelge 5.29'daki varyans analizinde de görülmektedir.

**Çizelge 5.29.** Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms     | F n,df,0,05 | Fs     |
|-------------------------|--------|-------------|--------|
| Kumaş tipi              | 15,797 | 3,24        | 59,501 |
| Şardonlama              | 14,647 | 4,49        | 55,172 |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 2,106  | 3,24        | 7,933  |

**Çizelge 5.30.** Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliklerine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS2        | a          |
| 2        | AS3        | b          |
| 3        | AS3Ş       | bc         |
| 4        | AS2Ş       | cd         |
| 5        | AS4        | cd         |
| 6        | AS1        | de         |
| 7        | AS4Ş       | de         |
| 8        | AS1Ş       | e          |

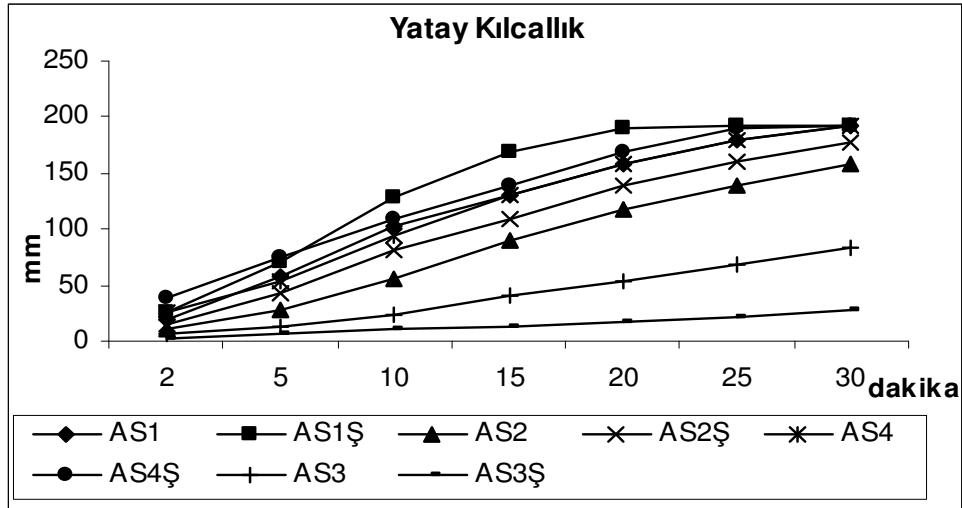
Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği arasında doğrusal fakat zayıf bir ilişki (korelasyon katsayısı 0.342) bulunmuştur. Bu sonuç, astar örgülü kumaşların kütle transferi özelliği göz önüne tutulduğunda, su buharı ve hava geçirgenliğini özellikleri arasında RR ve RL gibi

temel örgü kumaşlara nazaran (I. grup kumaşlar arasında yer alan) daha düşük bağımlılık olduğunu göstermektedir.

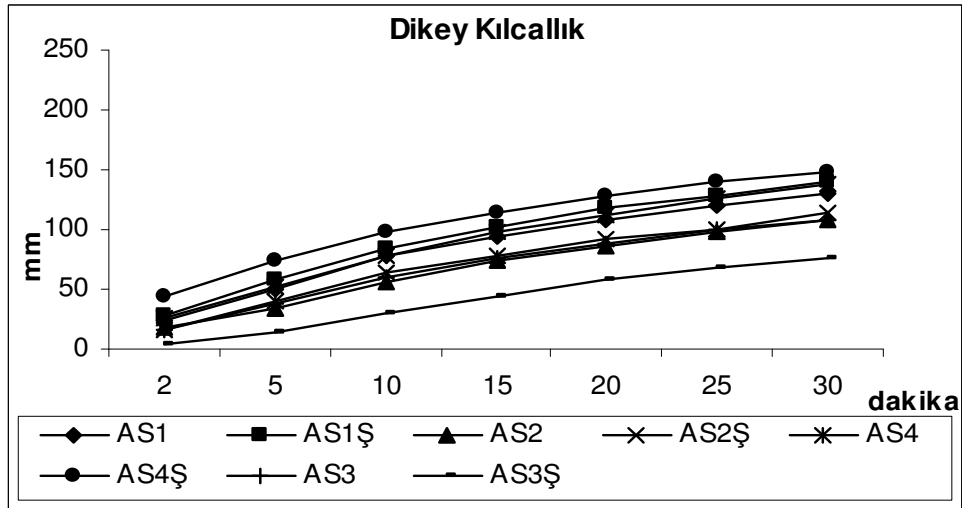
#### **5.1.1. 6. Yatay ve Dikey Kılcallık (mm)**

Astar örgülü kumaşların, zamana bağlı yatay ve dikey kılcallık değerleri Şekil 5.42'de görülmektedir. Şardon öncesi astar örgülü kumaşların kılcallık değerleri her iki yüzden alınan ölçümlerin ortalaması iken, şardonlu kumaşlarda sıvı yükselişi düz (şardonsuz) yüzde görüldüğünden ölçümler bu taraftan alınmıştır. Bu durum, şardonlu yüzde kapılar boşlukların şardonlama neticesinde sıvı yükselişini sağlamayacak şekilde genişlemesiyle açıklanabilir. Şardonsuz tarafta kapılar basınç ise daha yüksek olacaktır.





(a)



(b)

**Şekil 5.42.** Astar örgülü kumaşların a) Yatay kılcallık b) Dikey kılcallık değerleri

Şekil 5.42'deki ölçüm sonuçları, I grup kumaşların değerlendirmesinde bulunduğu gibi, astar örgülü kumaşların dikey ve yatay kılcallık özellikleri arasında yerçekiminin etkisinden kaynaklanan fark olduğunu göstermektedir. Yerçekimi, 5 dakika daldırma süresi aşıldıktan sonra etkisini arttırmakta ve dikey yönde kılcallık özelliğini kötüleştirmektedir.

Ölçüm sonuçlarından, astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yönde kılcallık özellikleri üzerine kumaş tipinin etkili olduğu; AS1 ve AS4Ş kodlu, vücuda temas eden kısmı pamuk olan kumaşların kılcallık özelliğinin daha iyi

olduğu görülmektedir. Bu durum, şardonlama sonrasında da değişmemiştir. Çizelge 5.31 ve 5.33’de görülen varyans analizleri de, şardonlama işleminin astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yöndeki kılcallık özelliği üzerinde etkili olmadığını göstermiştir. Varyans analizlerinde, yatay ve dikey yöndeki “toplam kılcallık değerleri” kullanılmıştır.

Astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yöndeki toplam kılcallık değerleri arasında 0.891’lik korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Kumaşların kılcallık özellikleri ile su buharı veya hava geçirgenliği arasında ise ilişki bulunamamıştır.

**Çizelge 5.31.** Astar örgülü kumaşların yatay kılcallık özelliğine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms         | F n,df,0,05 | Fs      |
|-------------------------|------------|-------------|---------|
| Kumaş tipi              | 644917,444 | 3,24        | 338,332 |
| Şardonlama              | 8362,667   | 4,49        | 4,387   |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 3511,889   | 3,24        | 18,420  |

**Çizelge 5.32.** Astar örgülü kumaşların yatay kılcallık özelliğine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS1Ş       | a          |
| 2        | AS4Ş       | ab         |
| 3        | AS1        | b          |
| 4        | AS4        | b          |
| 5        | AS2Ş       | c          |
| 6        | AS2        | d          |
| 7        | AS3        | e          |
| 8        | AS3Ş       | f          |

**Çizelge 5.33.** Astar örgülü kumaşların dikey kılcallık özelliğine ait varyans analizi

| Faktörler               | Ms         | F n,df,0,05 | Fs      |
|-------------------------|------------|-------------|---------|
| Kumaş tipi              | 110399,444 | 3,24        | 197,774 |
| Şardonlama              | 24,000     | 4,49        | 0,043   |
| Kumaş tipi x Şardonlama | 27179,223  | 3,24        | 48,460  |

**Çizelge 5.34.** Astar örgülü kumaşların dikey kılcallık özelliğine ait SNK analizi

| Sıralama | Kumaş Kodu | ns aralığı |
|----------|------------|------------|
| 1        | AS4Ş       | a          |
| 2        | AS1Ş       | b          |
| 3        | AS4        | bc         |
| 4        | AS1        | c          |
| 5        | AS2Ş       | d          |
| 6        | AS3        | d          |
| 7        | AS2        | d          |
| 8        | AS3Ş       | e          |

## 5.2. II.Grup Kumaşların Değerlendirilmesi

Deneyisel çalışmada kullanılan II.grup kumaşlara ait ölçüm sonuçları, istatistiki analizler yardımıyla değerlendirilmiş ve çeşitli başlıklar altında sunulmuştur.

### 5.2.1. Termal İletkenlik $\lambda$ (W /mK) ve Termal Direnç r ( $m^2K/W$ )

II. grup kumaşlarda kullanılan lif tipi ve kumaş yapısının (gramaj farkı ve desen) termal iletkenlik üzerine etkisini gösteren varyans analizi Çizelge 5.35'de görülmektedir. Varyans analizine göre, lif tipi ve yapısal değişim termal iletkenlik üzerinde etkilidir ve hem beklenen varyans değerleri ( $M_s$ ), hem de F istatistik ( $F_s$ ) değerleri lif tipinin termal iletkenlik üzerinde etkisinin daha büyük olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 5.35.** Termal iletkenliğe ait varyans analizi

| Faktörler       | $M_s$   | $F_{n,df,0,05}$ | $F_s$   |
|-----------------|---------|-----------------|---------|
| Lif tipi        | 526,039 | 2,888           | 257,031 |
| Kumaş Yapısı    | 198,758 | 3,284           | 97,116  |
| Lif tipi x Yapı | 28,603  | 2,388           | 13,976  |

En yüksek termal iletkenlik değerleri pamuk kumaşlarda elde edilmiştir. Tüm kumaş yapılarından alınan ölçümlere göre lif tipi için yapılan SNK analizi,

II.grup kumaşlarda kullanılan dört lif tipinin termal iletkenlik üzerinde etkisinin farklı seviyelerde olduğunu göstermiştir. SNK analizi Çizelge 5.36'da verilmiştir.

Kumaşlarda ilmek uzunluğunu azaltarak elde edilen gramaj artışı tüm lif tipleri için termal iletkenliği artırırken, iğne iptalli çalışma ise termal iletkenliği azaltan bir etki göstermiştir. Çünkü yapıda hapsedilen hava miktarı daha fazladır. Coolplus ve polipropilen kumaşlarda yapısal değişiklikler termal iletkenlik üzerinde ayırt edici etkilere sebep olmuştur. Kumaş yapısı için yapılan SNK analizleri ise Çizelge 5.37'de verilmiştir.

**Çizelge 5.36.** Lif tipinin termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Termal İletkenlik<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
|----------|--------------|---|------------|
| 1        | Pamuk        | 50,79   | a          |
| 2        | Polipropilen | 44,76   | b          |
| 3        | Polyester    | 37,97   | c          |
| 4        | Coolplus     | 36,48   | d          |

**Çizelge 5.37.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal iletkenliğe etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |   |            | Polipropilen |   |            |
|----------|------------|---|------------|--------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal İletkenlik<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Termal İletkenlik<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
| 1        | C2         | 54,43   | a          | PP2          | 49,50   | a          |
| 2        | C1         | 52,90   | a          | PP1          | 47,40   | b          |
| 3        | C3         | 45,05   | b          | PP3          | 37,28   | c          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |   |            | Coolplus   |   |            |
|----------|------------|---|------------|------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal İletkenlik<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Termal İletkenlik<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
| 1        | P2         | 39,55   | a          | CP2        | 37,15   | a          |
| 2        | P1         | 38,28   | a          | CP1        | 36,63   | b          |
| 3        | P3         | 36,08   | b          | CP3        | 35,45   | c          |

Lif tipi ve kumaş yapısının termal direnç üzerine etkisine ait varyans analizi Çizelge 5.38'te verilmiştir. Lif tipinin termal dirence etkisini değerlendiren

Fs değeri, kumaş yapısı için bulunan değerden daha küçük çıkmıştır. Bu durum, kumaş yapısının termal direnç üzerine daha etkili olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 5.38.** Termal dirence ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms       | F n,df,0,05 | Fs      |
|-----------------|----------|-------------|---------|
| Lif tipi        | 264,511  | 2,888       | 118,276 |
| Kumaş Yapısı    | 1361,223 | 3,284       | 608,270 |
| Lif tipi x Yapı | 203,965  | 2,388       | 91,203  |

Çizelge 5.39'te verilen SNK analizi, lif tiplerinin kumaşların termal direnci üzerinde etkisinin farklı seviyelerde olduğunu göstermektedir. Kumaş yapısı için yapılan ve Çizelge 5.40'da görülen SNK analizinde ise, kullanılan dört lif tipinde de iğne iptalli desen ile elde edilen 3 kodlu kumaş yapısının termal direncinin diğer iki yapıdan yüksek ve ayırt edilir seviyede olduğu bulunmuştur. 1 ve 2 kodlu kumaşların arasında gramaj farkı olmasına karşın birbirine yakın kalınlıklarda olmaları nedeniyle, termal dirençleri arasında istatistiki fark bulunmamıştır.

**Çizelge 5.39.** Lif tipinin termal dirence etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Termal Direnç<br>(W/mK)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
|----------|--------------|---|------------|
| 1        | Pamuk        | 28,54   | a          |
| 2        | Polipropilen | 26,11   | b          |
| 3        | Coolplus     | 20,10   | c          |
| 4        | Polyester    | 18,77   | d          |

**Çizelge 5.40.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal dirence etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |   |            | Polipropilen |   |            |
|----------|------------|---|------------|--------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal Direnç<br>(m <sup>2</sup> K/W)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Termal Direnç<br>(m <sup>2</sup> K/W)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
| 1        | C3         | 45,73   | a          | PP3          | 44,55   | a          |
| 2        | C1         | 20,25   | b          | PP1          | 18,18   | b          |
| 3        | C2         | 19,80   | b          | PP2          | 15,60   | b          |

**Çizelge 5.40.(Devamı)** b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal dirence etkisine ait SNK analizi

(b)

| Sıralama | Polyester  |   |            | Coolplus   |   |            |
|----------|------------|---|------------|------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal İletkenlik<br>(m <sup>2</sup> K/W)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Termal İletkenlik<br>(m <sup>2</sup> K/W)x 10 <sup>3</sup> | ns aralığı |
| 1        | P3         | 22,13   | a          | CP3        | 23,80   | a          |
| 2        | P1         | 17,38   | b          | CP1        | 18,55   | b          |
| 3        | P2         | 16,80   | b          | CP2        | 17,95   | b          |

### 5.2.2. Termal Absorbtivite b (Ws<sup>1/2</sup> /m<sup>2</sup>K)

Lif tipi ve kumaş yapısının termal absorbtivite üzerine etkisini değerlendiren varyans analizi sonucu Çizelge 5.41'de verilmiştir. Varyans analizi değerleri, kumaş yapısının termal absorbtivite üzerine daha etkili olduğunu göstermektedir. Lif tipi için yapılan ve Çizelge 5.42'de görülen SNK analizi ise polipropilen ve pamuk kumaşların en yüksek termal absorbtivite değerlerini verdiğini ortaya koymaktadır. Bu kumaşlar daha soğuk termal temas hissi verecektir. Polyester ve Coolplus kumaşların termal absorbtivite değerlerinin ise diğerlerinden ve birbirlerinden ayırt edilebilir seviyede düşük olduğu bulunmuştur. Polipropilen kumaşların daha yüksek yoğunlukları, termal absorbtivite değerlerinin yüksek olmasında etkili olmuştur.

**Çizelge 5.41.** Termal absorbtiviteye ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms       | F n,df,0,05 | Fs      |
|-----------------|----------|-------------|---------|
| Lif tipi        | 5140,934 | 2,888       | 110,251 |
| Kumaş Yapısı    | 9890,243 | 3,284       | 212,104 |
| Lif tipi x Yapı | 1177,131 | 2,388       | 25,244  |

**Çizelge 5.42.** Lif tipinin termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Termal Absorbtivite<br>(Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K) | ns aralığı |
|----------|--------------|---|------------|
| 1        | Polipropilen | 129,31  | a          |
| 2        | Pamuk        | 126,13  | a          |
| 3        | Polyester    | 99,14   | b          |
| 4        | Coolplus     | 86,87   | c          |

Çizelge 5.43'de görülen kumaş yapısı için yapılan SNK analizi, gramajı yüksek 2 kodlu kumaşların daha yüksek termal absorbtivite değerleri verdiğini göstermektedir. Bu kumaşlarda gramaj artışı için üretim esnasında makine ayarları değiştirilmiş ve bunun kumaş yapısına etkisi azalan ilmek boyu olmuştur. Bu şekilde kumaşların yoğunlukları arttırılmıştır. Yoğunluk artışının termal absorbtiviteyi arttırdığı I. grup kumaşlara ait ölçüm sonuçlarından bulunmuştur. Kumaş yoğunluğundaki artışın termal iletkenliği de arttırdığı Çizelge 5.37'te görülmektedir. Ayrıca örme kumaşlarda ilmek boyunun azaltılmasının kumaşların yüzey düzgünlüğünü arttırdığı bilinmektedir (Pac 2001). Artan yüzey düzgünlüğünün vücutla kumaş arasındaki temas alanını arttırdığı, bu sayede kumaşın vücuttan daha fazla ısı enerjisi absorblayacağı düşünülrse, ilmek boyunun kısaltılmasının termal absorbtiviteyi arttıran bir faktör olduğu sonucu çıkartılabilir. Çizelge 5.43'daki değerler bu sonucu desteklemektedir. Buna ek olarak, iğne iptalli çalışmanın da vücutla kumaş arasındaki temas noktalarının sayısını (toplam temas alanını) azaltacağı, bu sayede kumaşların termal absorbtivite değerlerini düşüreceği beklenir. Ölçüm sonuçları ve SNK analizi, bu beklentiye uyumlu şekilde 3 kodlu kumaşların daha düşük termal absorbtivite değerleri verdiğini göstermektedir. Tüm lif tiplerinde 3 kodlu kumaşların termal absorbtivite değerleri ayırt edilebilir seviyede farklı bulunmuştur.

**Çizelge 5.43.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |  |            | Polipropilen |  |            |
|----------|------------|--|------------|--------------|--|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal Absorbtivite ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Termal Absorbtivite ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı |
| 1        | C2         | 150,25                                       | a          | PP2          | 162,75                                       | a          |
| 2        | C1         | 139,50                                       | a          | PP1          | 147,25                                       | b          |
| 3        | C3         | 88,65  | b          | PP3          | 78,43  | c          |

**Çizelge 5.43.(devamı)** b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal absorbtiviteye etkisine ait SNK analizi

(b)

| Sıralama | Polyester  |  |            | Coolplus   |  |            |
|----------|------------|--|------------|------------|--|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal Absorbtivite ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Termal Absorbtivite ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı |
| 1        | P2         | 108,00                                       | a          | CP2        | 93,63  | a          |
| 2        | P1         | 104,08                                       | a          | CP1        | 90,70  | a          |
| 3        | P3         | 85,35  | b          | CP3        | 76,30  | b          |

### 5.2.3. Termal Difüzyon a ( $m^2/s$ )

Çizelge 5.44'da görülen varyans analizi, termal difüzyon üzerine kumaş yapısının etkisinin lif tipine göre çok daha fazla olduğunu göstermektedir. Çizelge 5.46'de verilen SNK analizi de, yoğunluğu düşük olan 3 kodlu kumaşların termal difüzyon değerlerinin tüm lif tiplerinde en yüksek olduğunu göstermektedir. Termal difüzyon, kumaş içinde ısının yayılma davranışını tanımlar. Termal difüzyon değerleri yüksek olan 3 kodlu kumaşlarda termal enerji, daha kısa sürede daha geniş alana yayılacaktır. Sadece polyester kumaşlarda, yapısal değişim termal difüzyon değeri üzerinde etkili olmamıştır. Çizelge 5.45'de lif tipi için yapılan SNK analizinde, pamuk ve Coolplus kumaşların daha yüksek termal difüzyon değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Pamuk ve Coolplus kumaşların termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerleri birbirinden istatistiki olarak farklı olmasına karşın, benzer yoğunluklara sahip olmaları termal difüzyon değerlerinin benzer olmasına sebep olmuştur.

**Çizelge 5.44.** Termal difüzyona ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms    | F n,df,0,05 | Fs     |
|-----------------|-------|-------------|--------|
| Lif tipi        | 0,004 | 2,888       | 4,623  |
| Kumaş Yapısı    | 0,042 | 3,284       | 52,094 |
| Lif tipi x Yapı | 0,003 | 2,388       | 4,209  |



**Çizelge 5.45.** Lif tipinin termal difüzyona etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Termal Difüzyon ( $m^2/s$ )<br>$\times 10^6$ | ns aralığı |
|----------|--------------|---|------------|
| 1        | Pamuk        | 0,180   | a          |
| 2        | Coolplus     | 0,179   | a          |
| 3        | Polyester    | 0,159   | ab         |
| 4        | Polipropilen | 0,144   | b          |

**Çizelge 5.46.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının termal difüzyona etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının termal difüzyona etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |                                  |            | Polipropilen |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|--------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal Difüzyon ( $m^2/s$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Termal Difüzyon ( $m^2/s$ ) | ns aralığı |
| 1        | C3         | 0,26                             | a          | PP3          | 0,23                             | a          |
| 2        | C1         | 0,14                             | b          | PP1          | 0,10                             | b          |
| 3        | C2         | 0,13                             | b          | PP2          | 0,09                             | b          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |                                  |            | Coolplus   |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Termal Difüzyon ( $m^2/s$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Termal Difüzyon ( $m^2/s$ ) | ns aralığı |
| 1        | P3         | 0,18                             | a          | CP3        | 0,23                             | a          |
| 2        | P1         | 0,16                             | a          | CP1        | 0,16                             | b          |
| 3        | P2         | 0,13                             | a          | CP2        | 0,16                             | b          |

**5.2.4. Nem Absorbtivitesi  $b_{nem}$  ( $Ws^{1/2} / m^2K$ )**

Çizelge 5.47'te verilen varyans analizi, kumaş yapısının nem absorbtivitesi üzerine etkisi olmadığını, lif tipinin ise zayıf bir etkisi olduğunu göstermektedir. Lif tipi için yapılan ve Çizelge 5.48'te görülen SNK analizi, polyester kumaşların en yüksek  $b_{nem}$  değerleri verdiğini göstermektedir.

Coolplus, pamuk ve polipropilen kumaşların b<sub>nem</sub> değerleri arasında ise istatistiki bir fark bulunmamıştır.

**Çizelge 5.47.** Nem absorbtivitesine ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms        | F n,df,0,05 | Fs    |
|-----------------|-----------|-------------|-------|
| Lif tipi        | 14503,287 | 2,888       | 9,396 |
| Kumaş Yapısı    | 3421,083  | 3,284       | 2,216 |
| Lif tipi x Yapı | 6939,898  | 2,388       | 4,496 |

Çizelge 5.49'te görülen SNK analizi ise, kumaş yapısının etkisinin lif tiplerinde farklı olduğunu göstermektedir. Kumaş yapılarının nem absorbtivitesine ayırt edici etkisi olmamakla birlikte pamuk, polipropilen ve Coolplus kumaşlarda 3 kodlu iğne iptalli kumaşların en düşük b<sub>nem</sub> değerleri verildiği bulunmuştur. Daha düşük b<sub>nem</sub> değerleri, bu kumaşlarda iğne iptalli çalışmanın ıslakken duyulan termal konfor hissini iyileştirdiğini göstermektedir. Polyester kumaşlarda ise bu sonuç görülmemiştir.

**Çizelge 5.48.** Lif tipinin nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Nem Absorbtivitesi<br>(Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K) | ns aralığı |
|----------|--------------|--|------------|
| 1        | Polyester    | 698,444  | a          |
| 2        | Coolplus     | 638,889  | b          |
| 3        | Pamuk        | 627,444  | b          |
| 4        | Polipropilen | 604,222  | b          |

**Çizelge 5.49.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için kumaş yapısının nem absorbtivitesine etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |   |            | Polipropilen |   |            |
|----------|------------|---|------------|--------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Nem Absorbtivitesi ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Nem Absorbtivitesi ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı |
| 1        | C2         | 664,667                                     | a          | PP2          | 657,667                                     | a          |
| 2        | C1         | 623   | a          | PP1          | 589   | a          |
| 3        | C3         | 594,667                                     | a          | PP3          | 566   | a          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |   |            | Coolplus   |   |            |
|----------|------------|---|------------|------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Nem Absorbtivitesi ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Nem Absorbtivitesi ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ) | ns aralığı |
| 1        | P3         | 759   | a          | CP1        | 680,667                                     | a          |
| 2        | P1         | 684   | a          | CP2        | 634   | a          |
| 3        | P2         | 652,333                                     | a          | CP3        | 602   | a          |

### 5.2.5. Su Buharı Geçirgenliği sbg (%) ve Hava Geçirgenliği hg (litre /m<sup>2</sup>sn)

II. grup kumaşların su buharı geçirgenliklerini değerlendirmek için yapılan varyans analizi, lif tipinin su buharı geçirgenliğine üzerine etkili olduğunu ama kumaş yapısının etkisi bulunmadığını göstermektedir (Çizelge 5.50). Lif tipinin etkisini yorumlamak için yapılan Çizelge 5.51'deki SNK analizine göre polyester, polipropilen ve Coolplus kumaşların su buharı geçirgenlikleri arasında anlamlılık seviyesi açısından fark yokken, higroskopisitesi yüksek olan pamuk esaslı kumaşların su buharı geçirgenliği diğer lif tiplerinden düşük ve farklı seviyede bulunmuştur.

**Çizelge 5.50.** Su buharı geçirgenliğine ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms    | F n,df,0,05 | Fs     |
|-----------------|-------|-------------|--------|
| Lif tipi        | 0,147 | 2,888       | 15,703 |
| Kumaş Yapısı    | 0,005 | 3,284       | 0,537  |
| Lif tipi x Yapı | 0,010 | 2,388       | 1,050  |

**Çizelge 5.51.** Lif tipinin su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Su Buharı Geçirgenliği (%) | ns aralığı |
|----------|--------------|---------------------------------|------------|
| 1        | Polyester    | 80,372                          | a          |
| 2        | Polipropilen | 76,567                          | a          |
| 3        | Coolplus     | 72,308                          | a          |
| 4        | Pamuk        | 55,208                          | b          |

Farklı lif tipleri için kumaş yapılarına bağlı olarak yapılan SNK analizi Çizelge 5.52'de verilmiştir. Varyans analizinde belirtildiği gibi kumaş yapısı için su buharı geçirgenliklerinde farklı sonuçlar görülmektedir. Ancak pamuk ve polipropilen kumaşlarda gramaj artışı ve iğne iptalli çalışmanın su buharı geçirgenliğini bir miktar azalttığı, polyester ve Coolplus kumaşlarda ise arttırdığı görülmektedir.

**Çizelge 5.52.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için su buharı geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |                                 |            | Polipropilen |                                 |            |
|----------|------------|---------------------------------|------------|--------------|---------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Su Buharı Geçirgenliği (%) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Su Buharı Geçirgenliği (%) | ns aralığı |
| 1        | C1         | 67,05                           | a          | PP1          | 81,22                           | a          |
| 2        | C2         | 53,83                           | a          | PP2          | 79,31                           | a          |
| 3        | C3         | 50,42                           | a          | PP3          | 74,28                           | a          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |                                 |            | Coolplus   |                                 |            |
|----------|------------|---------------------------------|------------|------------|---------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Su Buharı Geçirgenliği (%) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Su Buharı Geçirgenliği (%) | ns aralığı |
| 1        | P3         | 81,77                           | a          | CP3        | 75,05                           | a          |
| 2        | P2         | 81,27                           | a          | CP2        | 73,08                           | a          |
| 3        | P1         | 78,21                           | a          | CP1        | 68,91                           | a          |

Lif tipi ve kumaş yapısının hava geçirgenliğine etkisini değerlendiren varyans analizine göre, her iki faktörün de hava geçirgenliğine etkisi varken lif tipinin etkisi daha fazladır (Çizelge 5.53) .

Çizelge 5.54'deki lif tipi için yapılan SNK analizi ise lif tiplerinin kumaşların hava geçirgenliklerine etkisinin farklı seviyelerde olduğunu göstermektedir. Polipropilen kumaşlar en yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahipken, pamuk kumaşlar su buharı geçirgenliğinde olduğu gibi en düşük değerleri vermiştir.

Çizelge 5.55'de görülen SNK analizi, iğne iptalli çalışmanın tüm lif tiplerinde hava geçirgenliğini arttırdığını, gramaj artışının ise azalttığını göstermektedir. Bu beklenen sonuca ek olarak, pamuk kumaşlardaki yapısal değişimlerin hava geçirgenliği üzerinde ayırt edici etkisi olduğu bulunmuştur. Diğer lif tiplerinde ise gramaj artışının hava geçirgenliği üzerindeki etkisinin istatistiki olarak farklı olmadığı görülmüştür.

**Çizelge 5.53.** Hava geçirgenliğine ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms        | F n,df,0,05 | Fs       |
|-----------------|-----------|-------------|----------|
| Lif tipi        | 12323,809 | 2,888       | 1296,949 |
| Kumaş Yapısı    | 2322,997  | 3,284       | 244,470  |
| Lif tipi x Yapı | 877,154   | 2,388       | 92,311   |

**Çizelge 5.54.** Lif tipinin hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Hava Geçirgenliği<br>(litre/m <sup>2</sup> s) | ns aralığı |
|----------|--------------|--|------------|
| 1        | Polipropilen | 3355,544   | a          |
| 2        | Polyester    | 1273,326   | b          |
| 3        | Coolplus     | 1232,194   | b          |
| 4        | Pamuk        | 552,263  | c          |

**Çizelge 5.55.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için hava geçirgenliğine etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |   |            | Polipropilen |   |            |
|----------|------------|---|------------|--------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Hava Geçirgenliği (litre/m <sup>2</sup> s) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Hava Geçirgenliği (litre/m <sup>2</sup> s) | ns aralığı |
| 1        | C3         | 869,42  | a          | PP3          | 4839,24   | a          |
| 2        | C1         | 459,32  | b          | PP1          | 2723,10   | b          |
| 3        | C2         | 328,08  | c          | PP2          | 2516,36   | b          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |   |            | Coolplus   |   |            |
|----------|------------|---|------------|------------|---|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Hava Geçirgenliği (litre/m <sup>2</sup> s) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Hava Geçirgenliği (litre/m <sup>2</sup> s) | ns aralığı |
| 1        | P3         | 1345,14   | a          | CP3        | 1454,50   | a          |
| 2        | P1         | 1219,38   | b          | CP1        | 1219,38   | b          |
| 3        | P2         | 1148,30   | b          | CP2        | 1178,30   | b          |

### 5.2.6. Yatay ve Dikey Kılcallık (mm)

İstatistiksel analizde kullanılan yatay ve dikey kılcallık değerleri, I. grup kumaşların incelendiği bölümde tanımlanan toplam kılcallık değerleridir.

II. grup kumaşların yatay kılcallık özelliğine lif tipi ve kumaş yapısının etkisini inceleyen ve Çizelge 5.56'de görülen varyans analizine göre lif tipinin yatay kılcallık üzerine etkisi oldukça yüksektir; kumaş yapısal özelliklerinin etkisi çok daha azdır. Lif tipi için yapılan SNK analizi, en yüksek yatay kılcallık özelliğinin pamuk kumaşlarda sağlandığını göstermektedir; lif tipleri de birbirlerinden ayırt edilebilir düzeyde yatay kılcallık değerleri vermektedir.

**Çizelge 5.56.** Yatay kılcallığa ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms          | F n,df,0,05 | Fs        |
|-----------------|-------------|-------------|-----------|
| Lif tipi        | 2599002,451 | 2,888       | 23964,676 |
| Kumaş Yapısı    | 26873,173   | 3,284       | 247,790   |
| Lif tipi x Yapı | 32167,895   | 2,388       | 296,611   |

**Çizelge 5.57.** Lif tipinin yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Toplam Yatay Kılcallık (mm) | ns aralığı |
|----------|--------------|----------------------------------|------------|
| 1        | Pamuk        | 1262,667                         | a          |
| 2        | Polyester    | 1220,333                         | b          |
| 3        | Coolplus     | 1193,222                         | c          |
| 4        | Polipropilen | 152,667                          | d          |

Kumaş yapısının etkisini yorumlamak için yapılan SNK analizi ise (Çizelge 5.58), yapısal değişimlerin yatay kılcallık özelliğine etkisinin lif tiplerine göre önemli farklılıklar sergilediğini göstermiştir. Pamuk ve polipropilen kumaşlarda iğne iptalli çalışma yatay kılcallık özelliğini iyileştirirken, Coolplus kumaşlarda bu etki gramaj artışı ile sağlanmaktadır. Polyester kumaşlarda ise yapısal değişimler yatay kılcallık özelliğini olumsuz etkilemiş gözükmemektedir.

**Çizelge 5.58.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için yatay kılcallığa etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |                                  |            | Polipropilen |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|--------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Yatay Kılcallık (mm) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Toplam Yatay Kılcallık (mm) | ns aralığı |
| 1        | C3         | 1318,00                          | a          | PP3          | 366,00                           | a          |
| 2        | C1         | 1239,67                          | b          | PP2          | 46,17                            | b          |
| 3        | C2         | 1230,33                          | b          | PP1          | 44,33                            | b          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |                                  |            | Coolplus   |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Yatay Kılcallık (mm) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Yatay Kılcallık (mm) | ns aralığı |
| 1        | P1         | 1285,67                          | a          | CP2        | 1235,00                          | a          |
| 2        | P2         | 1187,67                          | b          | CP3        | 1174,00                          | b          |
| 3        | P3         | 1187,67                          | b          | CP1        | 1170,67                          | b          |

Kumaşların dikey kılcallık özelliği üzerine etkisini inceleyen varyans analizi ise Çizelge 5.59'da görülmektedir. Varyans analizi, yatay kılcallığa

paralel olarak lif tipinin etkisinin daha büyük olduğunu göstermiştir. En yüksek dikey kılcallık özelliği yine pamuk kumaşlarda tespit edilmiştir.

**Çizelge 5.59.** Dikey kılcallığa ait varyans analizi

| Faktörler       | Ms         | F n,df,0,05 | Fs      |
|-----------------|------------|-------------|---------|
| Lif tipi        | 983601,296 | 2,888       | 919,478 |
| Kumaş Yapısı    | 26896,444  | 3,284       | 25,934  |
| Lif tipi x Yapı | 21450,296  | 2,388       | 20,683  |

**Çizelge 5.60.** Lif tipinin dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi

| Sıralama | Lif Tipi     | Ort. Toplam Dikey Kılcallık (mm) | ns aralığı |
|----------|--------------|----------------------------------|------------|
| 1        | Pamuk        | 1010,778                         | a          |
| 2        | Polyester    | 647,000                          | b          |
| 3        | Coolplus     | 612,778                          | c          |
| 4        | Polipropilen | 214,556                          | d          |

Çizelge 5.61’de verilen SNK analizi, kumaş yapısındaki değişimlerin farklı lif tiplerinde farklı etkilere yol açtığını göstermektedir. İğne iptalli çalışma tüm lif tipleri için dikey kılcallıkta en yüksek değerleri verirken, gramaj artışı polipropilen hariç diğer lif tipleri için dikey kılcallık özelliğini azaltmıştır.

**Çizelge 5.61.** a) Pamuk ve polipropilen kumaşları için kumaş yapısının dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi b) Polyester ve Coolplus kumaşları için dikey kılcallığa etkisine ait SNK analizi

(a)

| Sıralama | Pamuk      |                                  |            | Polipropilen |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|--------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Dikey Kılcallık (mm) | ns aralığı | Kumaş Kodu   | Ort. Toplam Dikey Kılcallık (mm) | ns aralığı |
| 1        | C3         | 1079,00                          | a          | PP3          | 367,67                           | a          |
| 2        | C1         | 984,33                           | b          | PP2          | 191,33                           | b          |
| 3        | C2         | 969,00                           | b          | PP1          | 84,67                            | c          |

(b)

| Sıralama | Polyester  |                                  |            | Coolplus   |                                  |            |
|----------|------------|----------------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------|
|          | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Dikey Kılcallık (mm) | ns aralığı | Kumaş Kodu | Ort. Toplam Dikey Kılcallık (mm) | ns aralığı |
| 1        | P3         | 681,00                           | a          | CP3        | 685,33                           | a          |
| 2        | P1         | 669,00                           | a          | CP1        | 586,67                           | b          |
| 3        | P2         | 591,00                           | b          | CP2        | 566,33                           | b          |



### 5.3. Yapay Sinir Ağı Yöntemi (Artificial Neural Networks) ile Kumaş Termal Özelliklerinin Tahminlenmesi

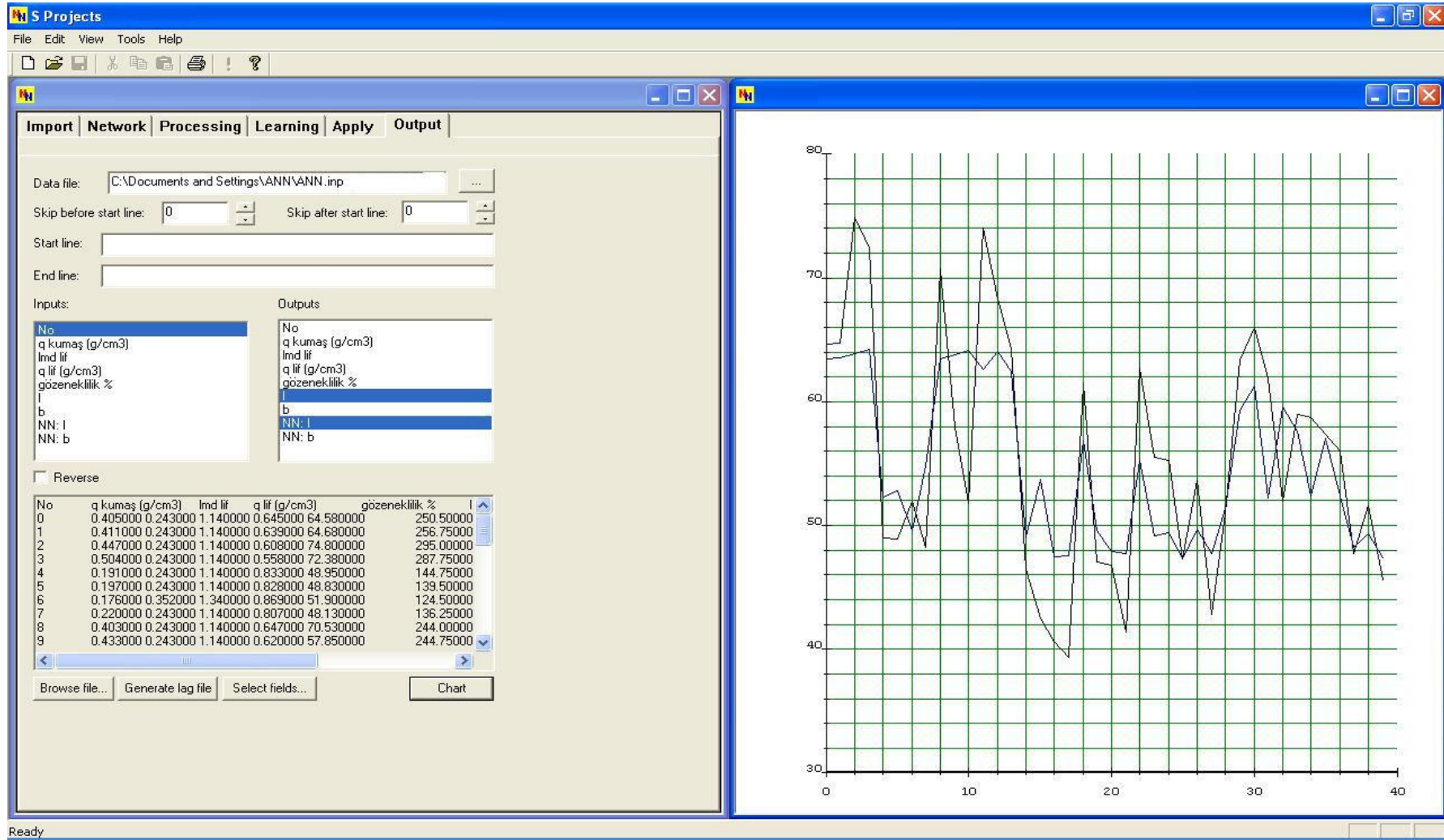
Bu kısımda, Çizelge 4.8'te sıralanan I. grup kumaşların termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerleri, yapay sinir ağı kullanarak seçilen girişlerden tahminlenmiştir.

Yapay sinir ağı olarak Cortex paket programı kullanılmış ve sinir ağı 3 katmanlı, 6 giriş (kumaş gramajı, kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu, lif iletkenliği, lif yoğunluğu, şekil faktörü), 6 gizli ve 2 çıkış (kumaş termal iletkenliği ve kumaş termal absorbtivitesi) olarak oluşturulmuştur.

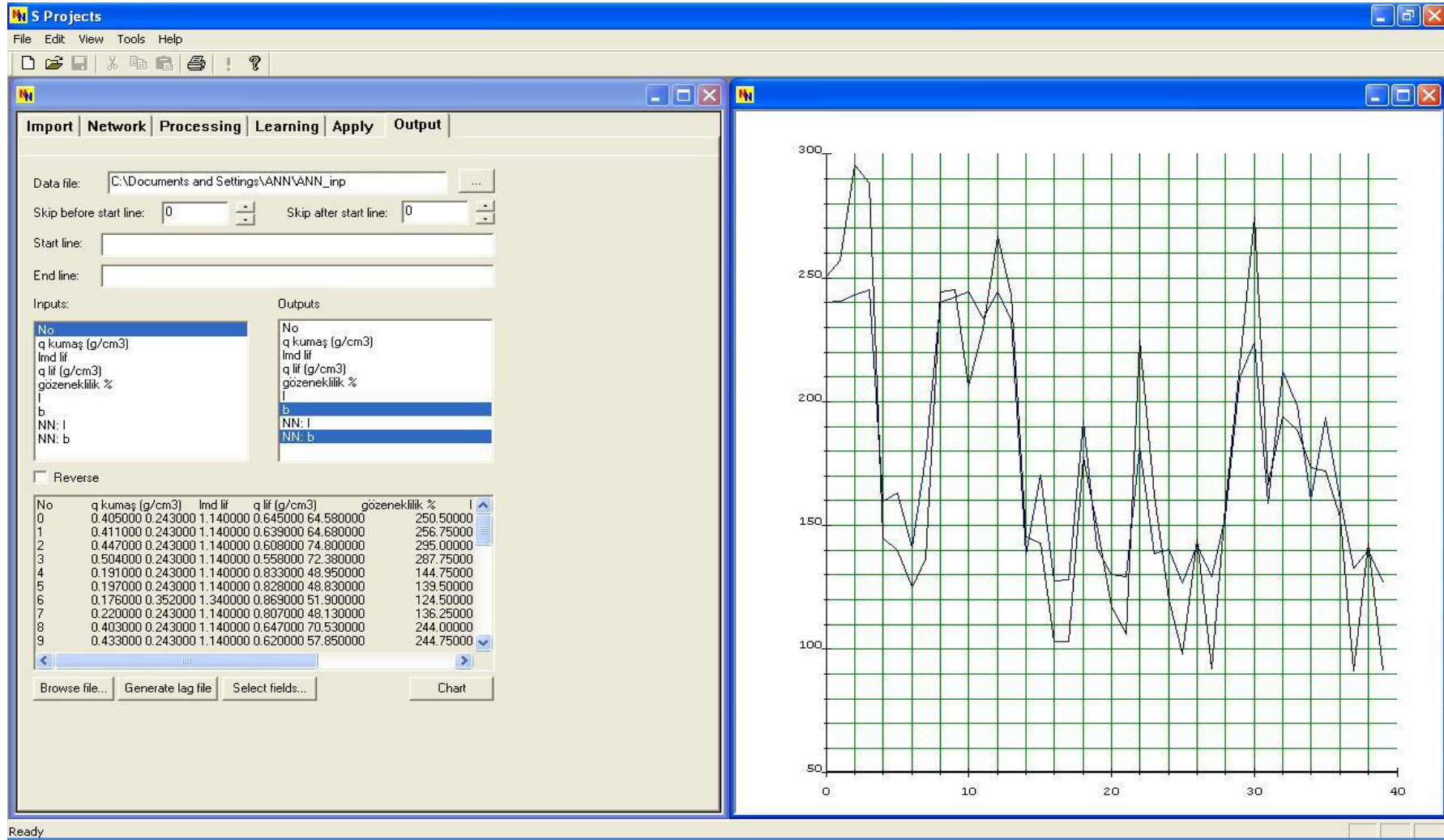
Çizelge 4.8'te görülen, yapay sinir ağı numarası 0 -19 olan 20 kumaşın giriş ve çıkış değerleri, backpropagation eğitime algoritması ve sigmoid transfer fonksiyonu ile öğrenme döngüsü için kullanılmıştır. Bağlantı ağırlıkları yenilendikçe, bir önceki değere göre farklarının ortalaması 0.01'den küçük oluncaya kadar 218452 döngü tamamlanmıştır. Öğrenme döngüsü tamamlandığında, tüm kumaşların giriş değerleri ile yapay sinir ağı çalıştırılmış ve çıkış değerleri bulunmuştur.

Cortex programının, termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerlerinin tahminlenmesi için çalıştırılması durumundaki ekran görüntüleri Şekil 5.44. ve Şekil 5.45.'de verilmiştir. Buradan tahminlenen termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerleri ile ölçülen değerler arasındaki ilişki, Şekil 5.46 ve Şekil 5.47.'de görülmektedir.

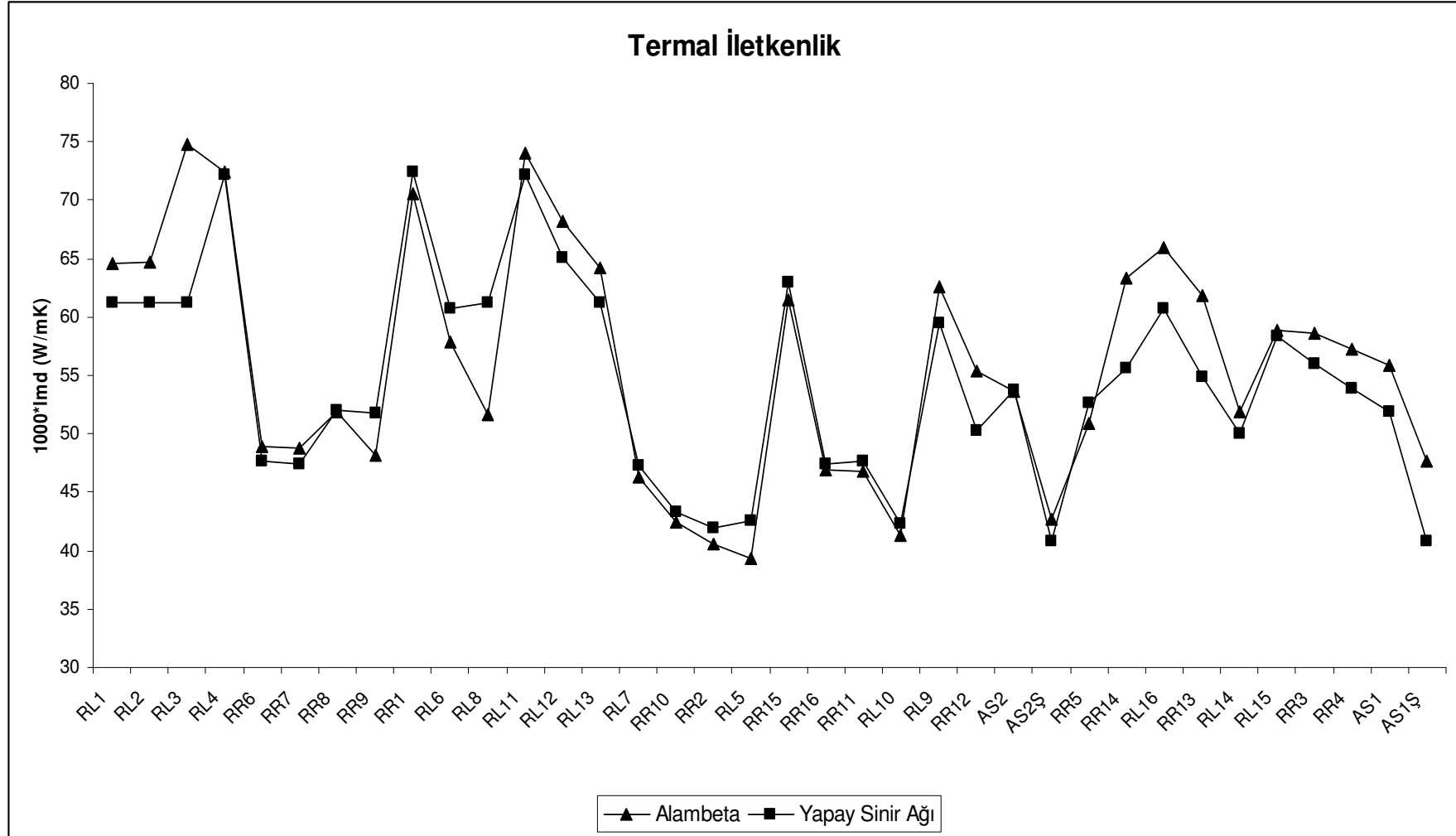
Tahminlenen ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon katsayısı, termal iletkenlik için 0.916, termal absorbtivite için 0.938 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, seçilen giriş değerlerini kullanarak yapay sinir ağı yöntemiyle kumaşların termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerlerinin yüksek doğrulukta tahminlenebileceğini göstermektedir.



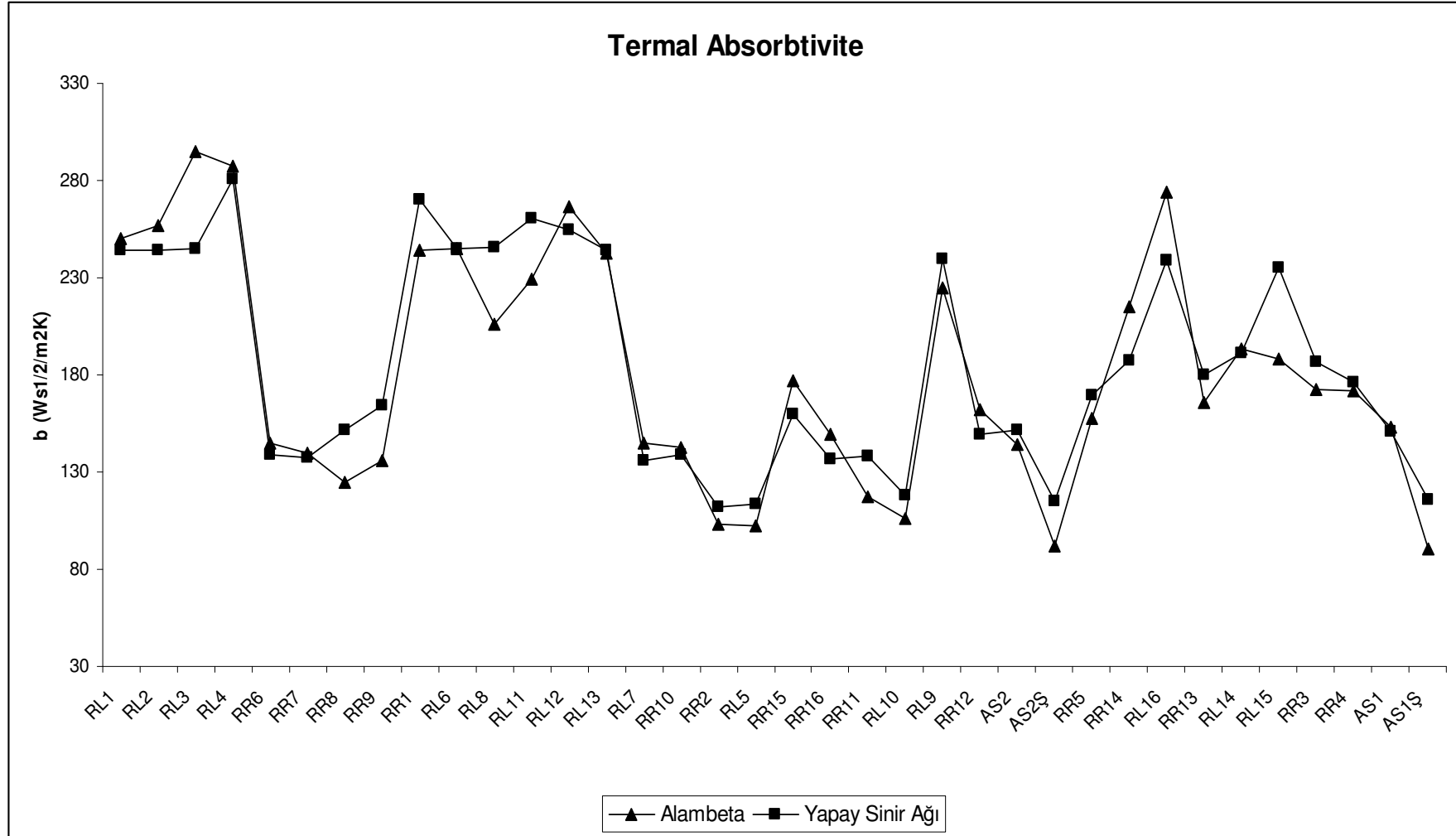
Şekil 5.43. Cortex programının termal iletkenlik tahminlemesine ait ekran görüntüsü



Şekil 5.44. Cortex programının termal absorbtivite tahminlemesine ait ekran görüntüsü



**Şekil 5.45.** Ölçülen ve tahminlenen termal iletkenlik değerleri arasındaki ilişki (Korelasyon katsayısı:0,916)



**Şekil 5.46.** Ölçülen ve tahminlenen termal absorbtivite değerleri arasındaki ilişki (Korelasyon katsayısı:0,938)

#### 5.4. Sonuç

Giyim konforu, geniş bir araştırma konusudur. Bu araştırmaların içeriği konforu tanımlamak, bileşenlerini belirlemek ve konfor-giysi ilişkisini incelemek olmuştur. Kumaşların estetik, mekanik ve termal özellikleri, giyim esnasındaki psikolojik, fiziksel ve termofizyolojik konfor algısını belirlemektedir.

Giyim konforu üzerine yapılan çeşitli araştırmalar, toplam konfor algısını belirleyen esas fonksiyonun termofizyolojik (termal) konfor olduğunu göstermiştir. Termal konforun değerlendirilmesi için, giysi ve kumaşların ısı ve kütle transfer özelliklerinin incelenmesi gerekir. Isı transferi, insan vücudunun termal dengesinin sağlanması için ilgili giysi faaliyetlerini içerirken kütle transferi hava ve suyun giysi / kumaş içinden taşınabilmesiyle ilgilidir. Suyun taşınabilmesi ise sıvı suyun ve su buharının iletimini kapsar.

Bu çalışmada, spor giysilik örme kumaşların konfor özellikleri hakkında genel yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu amaçla, öncelikle Türkiye tekstil piyasasında sık kullanılan spor giysilik kumaş tiplerinden konfeksiyon aşamasına hazır RL, RR ve astar örgülü numuneler (I. grup kumaşlar) toplanmış, bu numunelerin ilgili kumaş özellikleri ölçülmüştür. Deneysel çalışmada bu kumaşlara ait ölçüm sonuçları aralarındaki ilişkiler, kumaş türleri ve lif tipleri için değerlendirilmiştir. Daha sonra aynı ölçümler, dört farklı lif tipinden üretilmiş, değişik kumaş yapılarındaki kontrollü numuneler (II. grup kumaşlar) için tekrarlanmış ve istatistiksel analizler yapılmıştır.

Çalışma sonuçları, kumaşların termal direnç ile kalınlığı arasında kuvvetli ilişkiyi gösterirken, kalınlığın termal dirence etkisi astar örgülü kumaşlarda en büyük çıkmıştır. Termal direnç üzerine yapılan istatistiksel analiz, kumaş yapısının etkisinin lif tipinden daha fazla olduğunu göstermiştir. Aralarında örgü veya gramaj farkı bulunan yada farklı lif tiplerinden üretilmiş kumaşların birbirine yakın kalınlıklarda olmaları durumunda, termal dirençleri arasında fark olmadığı bulunmuştur. Bu sonuç, kumaş kalınlığı ile termal direnci arasındaki ilişkiyi inceleyen ve kaynak araştırmasında yer verilen bir çok çalışmayla uyumlu çıkmıştır. Holcombe ve Hoschke (1983), 31 farklı örme kumaşın termal dirençleri ile kalınlıkları arasında korelasyon katsayısını 0.976 olarak

bulmuşken, bu çalışmada 40 farklı örme kumaştan oluşan I. grup kumaşlar için bu değer 0.972 olarak hesaplanmıştır.

Farklı kalınlıklara sahip kumaşları karşılaştırmak amacıyla, termal direncin kalınlığa bölünmesi ile elde edilen normalize edilmiş termal direnç (birim kalınlığın direnci  $r/h$ ) değerleri incelenmiş ve buna göre en yüksek değerleri polyester esaslı liflerden üretilmiş kumaşlar vermiştir. Polyester esaslı kumaşların birim kalınlıkların termal dirençlerinin astar örgülülerden daha yüksek olmasına karşın, astar örgülerde kullanılan yüksek iplik numarası ve şardonlama neticesinde elde edilen yüksek kalınlık, bu tip kumaşlara daha yüksek termal yalıtım özelliği kazandırmaktadır. Bu durum, örgü karakteristiklerinin kumaşların termal direncinde etkili olduğunu göstermektedir.

Kumaş gramajı ile termal yalıtım özelliği arasında kuvvetli bir ilişki olmamakla birlikte, gramaj artışının kumaşların termal direnç değerinde hafif bir yükselmeye yol açtığı görülmüştür. Bu sonuç, Morris'in (1953) bulgusuyla örtüşmektedir (Ukponmwan 1993). Buna ek olarak, gramajın oldukça yüksek olduğu kumaşlarda ( $>300 \text{ g/m}^2$ ) bu etki kuvvetlenmektedir. Kumaş yoğunluğu attıkça termal direncin azaldığı bulunmuştur. Örgü tipine göre termal direnç ve kumaş yoğunluğu arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, astar örgülü kumaşlarda yoğunluk artışının termal direnci daha fazla düşüreceği görülmüştür.

Kumaşların termal direnç ve termal iletkenlik değerleri arasında daha zayıf bir ilişki bulunmuştur. Örgü tipine göre termal direnç ve termal iletkenlik arasındaki ilişki incelendiğinde, RL ve astar örgülü kumaşlarda termal direncin termal iletkenliğe etkisi daha büyük çıkmıştır. Termal iletkenlik için yapılan istatistiksel analiz, lif tipinin termal iletkenlik üzerinde etkisinin daha büyük olduğunu göstermiştir. Kumaşlarda ilmek uzunluğunu azaltarak elde edilen gramaj artışı tüm lif tipleri için termal iletkenliği artırırken, iğne iptalli çalışma ise termal iletkenliği azaltan bir etki göstermiştir.

Kumaşların termal iletkenlikleri ile kumaş yoğunlukları arasındaki ilişki incelendiğinde, kumaş yoğunluğundaki artışın termal iletkenliği arttırdığı görülmektedir. Bu sonuç, Hoge ve Fonseca'nın (1979) yün/polyester karışım

kumaşlarla yaptığı çalışmalarında ve Morris'in (1953) bulgularında da yer almaktadır (Ukponmwan 1993). Termal iletkenlik üzerindeki bu etki, termal dirençteki eğilimle aynı şekilde astar örgülü kumaşlarda en fazla bulunmuştur.

Kumaş gramajı ile termal iletkenlik arasında, düşük gramajlı kumaşlarda (<260 g/m<sup>2</sup>), termal iletkenliğin gramaj artışı ile arttığı şeklinde zayıf bir ilişki bulunmuştur. Ancak yüksek gramaj değerlerinde bu etki görülmemiştir. Kumaş kalınlığı ile termal iletkenlik arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir.

Termal özelliklerin ölçümü esnasında kumaşa uygulanan basıncın artırılmasının, kumaş kalınlığındaki azalmaya (sıkışmaya) paralel olarak ölçülen termal direnç değerlerini azalttığı, buna bağlı olarak da termal iletkenlik değerlerini arttırdığı görülmüştür.

I. grup kumaşlara ait ölçüm sonuçları, genel olarak yüksek doğal nem değerine sahip pamuklu, viskon ve poliamid kumaşların, daha yüksek termal absorbtivite değeri verdiğini göstermiştir. Giyim esnasında bu liflerden yapılan kumaşlar daha soğuk temas his verecektir. Termal absorbtivite için yapılan varyans analizi, kumaş yapısının termal absorbtivite üzerine daha etkili olduğunu göstermektedir. Kumaş ile vücut arasındaki temas alanı ile termal absorbtivite değeri arasındaki pozitif ilişki, gramaj artışı ve iğne iptalli çalışma ile açık bir biçimde ortaya konmuştur. Örne kumaşlarda ilmek boyunun azaltılmasının kumaşların yüzey düzgünlüğünü arttırdığı ve vücutla kumaş arasındaki temas alanını arttırdığı bilinmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan II. grup kumaşlarda gramaj artışı ile ilmek boyu azaltılmış; bu etkinin termal absorbtivite değerlerini de arttırdığı görülmüştür. İğne iptalli çalışmanın da vücutla kumaş arasındaki temas noktalarının sayısını (toplam temas alanını) azaltacağı, bu sayede kumaşların termal absorbtivite değerlerini düşüreceği beklenir. Ölçüm sonuçları, bu beklentiye uyumlu şekilde iğne iptalli kumaşların daha düşük termal absorbtivite değerleri verdiğini göstermektedir.

Kumaşların termal absorbtivite değerleri ile termal direnç değerleri arasındaki negatif ilişki görülmüştür. Örgü tiplerine göre korelasyon katsayıları incelendiğinde, RL ve astar örgülü kumaşlarda termal absorbtivite ile termal direnç arasında ilişkinin kuvvetli olduğu görülmüştür.



Kumaşların birim kalınlığının direnci ile termal absorbtivite değerleri arasında ise daha kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Birim kalınlığının direnci yüksek / termal absorbtivite değeri düşük kumaşlar serin/soğuk iklim; birim kalınlığın direnci düşük / termal absorbtivite değeri yüksek kumaşlar sıcak iklim şartlarına uygun olarak değerlendirilmiştir. I. grup kumaşlar arasında poliamid ve viskon liflerinden üretilenler sıcak hava; şardonlu 2-iplik astarlılar ve polyester esaslı olanlar serin / soğuk hava şartlarına en uygun giysilikler olarak belirlenmiştir. Birim kalınlığın direnci ile termal absorbtivite arasında en kuvvetli negatif ilişki RL örgüde bulunmuştur. Bu sonuç, sıcak iklim şartları için gerekli birim kalınlığın direnci düşük / termal absorbtivite değeri yüksek kumaş eldesinin RL örgü kullanımıyla daha kolay olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Kumaş kalınlığı ile termal absorbtivite değeri arasındaki ilişki incelendiğinde, daha ince kumaş yapılarının daha yüksek termal absorbtiviteye sahip olduğu ve kullanım esnasında daha soğuk hissi verdiği görülmüştür. Benzer kalınlık değerine sahip kumaşlar arasında, %100 poliamid içeren Meryl ve Tactel kumaşların en yüksek, %100 pamuk ve viskon/polyester esaslı kumaşların da %100 polyester olanlara göre daha yüksek termal absorbtivite değeri verdiği görülmüştür. Örgü tiplerine göre gruplandırma yapıldığında ise RR örgülerde kalınlık artışının termal absorbtivite üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur.

Ölçüm sonuçları, kumaş yoğunluğu arttıkça termal absorbtivitenin de arttığını göstermiştir. Kumaş gramajı ve termal absorbtivite arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Çalışma sonuçları lif bazında incelendiğinde, %100 polyester örme kumaşların soğuk iklim şartları için gerekli olan düşük termal absorbtivite özelliğine, daha düşük gramaj (daha az malzeme kullanımı) ile sahip olduğunu göstermiştir. Kumaş gramajı ile termal absorbtivite arasında, düşük gramajlı kumaşlarda (<240-250 g/m<sup>2</sup>), termal absorbtivitenin gramaj artışı ile arttığı şeklinde bir ilişki bulunmuştur.

Kumaşların termal iletkenliği ile termal absorbtivitesi arasındaki kuvvetli ilişki görülmüştür. Higroskopik liflerden (pamuk, viskon, poliamid) mamul termal absorbtiviteleri yüksek kumaşlar, genellikle yüksek termal iletkenlik değerleri vermiştir. Bu sonuçlara göre lif tipi, kumaşların termal absorbtivite özelliğini belirleyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır; termal absorbtivite için II. grup

kumaşların ölçümleriyle yapılan varyans analizi de lif tipinin termal absorbtivite üzerine etkisi olan bir faktör olduğunu göstermiştir.

Ölçüm esnasında uygulanan temas basıncının artırılmasının kumaşların termal absorbtivite değerini arttırdığı görülmüştür. Kullanıcının kumaş/giysi değerlendirmesi esnasında uyguladığı basıncın, duyumsayacağı termal temas hissini etkileyeceği, yüksek basınç uygulayarak sağlanan temas sonunda kumaşın daha soğuk his vereceği bulunmuştur.

Çalışmada ayrıca spor giysilik örme kumaşların termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerlerinin tahminlenmesine yönelik bir deneme yapılmış, kumaş gramajı, kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu (kumaş gramajı / kumaş kalınlığı), lif iletkenliği, lif yoğunluğu, şekil faktörü (kumaş yoğunluğu / lif yoğunluğu) değerlerini giriş olarak kullanan bir yapay sinir ağı ile termal iletkenlik ve termal absorbtivite değerlerinin yüksek korelasyon verecek şekilde tahminlenebileceği bulunmuştur.

Kumaş içindeki sıcaklık yayılım oranı, ısının kumaş içinde yayılma alanı ve hızını tanımlayan termal difüzyon değerinin, kumaş yoğunluğu arttıkça azaldığı bulunmuştur. Ayrıca, termal difüzyonu belirleyen ana faktörün lif tipi değil kumaş yapısı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, varyans analizi ile de desteklenmiştir. Kumaş kalınlığı arttıkça termal difüzyon değerleri artış gösterirken, termal difüzyon ile kumaş gramajı arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kumaşların termal difüzyon ile termal absorbtivite değerleri arasında negatif ve kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Termal absorbtivite yüksek, termal difüzyonları düşük kumaşların vücutla temasında, soğuk temas hissi verecek şekilde deri sıcaklığında yüksek sıcaklık düşüşüne sebep olacağı, deriden kumaşa doğru olan ısı akışı neticesinde ise kendi yüzey sıcaklıklarının deri sıcaklığındaki değişimden daha az oranda artacağı sonucu çıkarılmıştır. Bu değerlendirme, Li ve ark.'nın (1993) yün ve polyester dokuma kumaşlarla yaptığı ve temas sonrasında kumaş yüzey sıcaklığındaki artışın polyester kumaşta, deri sıcaklığındaki düşüşün (daha soğuk hissini) ise yün kumaşta daha fazla bulunduğu çalışma sonuçları ile desteklenmektedir.

Kumaşların ıslak deri ile temasında verdiği termal temas hissi ve konfor algısını değerlendirmek için, Alambeta cihazı ile ıslak halde ölçüm yöntemi ile

yapılan termal absorbtivite ölçümleri ile bulunan nem absorbtivitesi değerleri, tüm kumaş tipleri için ter veya benzeri sebeplerle oluşan ıslak halin konforsuzluk demek olduğunu göstermiştir. Kuru hallerinde düşük termal absorbtivite değerlerine sahip kumaşların, ıslakken de düşük termal absorbtivite, yani yüksek nem absorbtivite değerleri verdiği görülmüş, yüksek nem absorbtivitesi, ıslak durumdaki konforsuzluk hissini azaltılması olarak yorumlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, ıslak haldeki en iyi konfor hissini şardonlu, 2-iplik astar örgülü kumaşlar sağlamıştır. Islak haldeki en yüksek termal absorbtivite değerleri konfor amaçlı kullanılan modifiye sentetik liflerden üretilen kumaşlar vermiştir. Bu kumaş yapılarının ıslak durum için yeterli konfor hissini sağlamadığı görülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre, tüm kumaş tiplerinde kalınlığının artırılması nem absorbtivitesi değerini iyileştirmektedir. Bu etki RR ve astar örgülü kumaşlarda daha kuvvetli çıkmıştır. Konfor amaçlı ipliklerden mamul kumaşlarda, kalınlığın artırılmasının ıslak haldeki konfor hissinde iyileşmeye sebep olacağı, örgü tipi ve iplik numarası gibi faktörlerin bu tespiti uygun olarak seçilmesi gerektiği bulunmuştur.

Nem absorbtivitesi için yapılan istatistiksel analiz, kumaş yapısının nem absorbtivitesi üzerine etkisi olmadığını, lif tipinin ise zayıf bir etkisi olduğunu göstermiştir. Kumaş yoğunluğunun nem absorbtivitesi üzerine etkisi, kumaş yoğunluğu arttıkça nem absorbtivitesi azalır ve kumaşın ıslakken verdiği konfor hissi kötüleşir şeklinde görülmüştür. Yoğunlukla nem absorbtivitesi arasındaki bu ilişki, RR ve astar örgülerde daha kuvvetli çıkmıştır.

Kumaşların ıslak ve kuru halde bulunan termal absorbtivite değerlerinin birbirine oranı ( $b_{nem}/b$ ), kumaşların ter ve benzeri sebeplerle ıslandığında sergileyeceği davranışı yorumlamakta kullanılmıştır. Kumaşların hidrofil içeriği arttıkça bu oran küçülme eğiliminde olacak ve kumaşın deriden uzaklaştıracağı su (ter) miktarı artacaktır. I.grup kumaşların  $b_{nem}/b$  oranları incelendiğinde genel olarak polyester esaslı kumaşların en yüksek, poliamid esaslı kumaşların da en düşük değerleri verdiği görülmüştür. Kumaş yapısal özellikleri ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki incelendiğinde, kumaş yoğunluğu arttıkça  $b_{nem}/b$  oranı azalmakta ve kumaşın suyu deriden uzaklaştırma eğilimi artmaktadır. Bu ilişki, RL ve astar örgülü kumaşlarda daha kuvvetli çıkmıştır. Birim kalınlığın termal

direnci düşük kumaşlarda  $b_{nem}/b$  oranı düşük çıkmıştır. Bu sonuçlar, birim kalınlığının direnci daha düşük veya yoğunluğu daha yüksek bir kumaşın deriden suyu uzaklaştırma eğilimi, daha higroskopik liften üretilmiş kumaştan fazla olabilir şeklinde yorumlanmıştır.

Kumaş gramajı ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki incelendiğinde ise bir optimum gramaj değeri bulunmuştur. Kumaşların suyu uzaklaştırma eğilimi yaklaşık  $230-240 \text{ g/m}^2$  değerine kadar artmakta, bu değerden sonra ise azalmaktadır. Bu değer, termal absorbtivitenin gramajla ilişkilendirildiğinde ortaya çıkan değere benzer çıkmıştır.

Kumaşların termal iletkenliği ile  $b_{nem}/b$  oranı arasındaki ilişki ise, daha düşük orana sahip (daha hidrofil) kumaşların daha yüksek termal iletkenliğe sahip olduğu şeklinde bulunmuştur.

Ölçüm sonuçları, su buharı geçirgenliğinin yani bir kumaşın içinden gerçekleşen su buharı hareketliliğinin lif tipine (liflerin su buharı absorblayabilmesi özelliğine) bağlı olduğunu göstermektedir. Higroskopik olmayan polyester lifinden üretilen kumaşlar, higroskopik viskon, poliamid ve pamuk kumaşlardan yüksek su buharı geçirgenliği değerleri vermiştir. Su buharı geçirgenliği için yapılan istatistiksel analiz, lif tipinin su buharı geçirgenliğine üzerine etkili olduğunu ama kumaş yapısının etkisi bulunmadığını göstermiştir. Kumaşların su buharı geçirgenliğinin özellikle gramajdan etkilendiği görülmüştür. Su buharı geçirgenliği ile kumaş yoğunluğu arasında bir ilişki görülmezken, gramaj artışının su buharı geçirgenliğini azalttığı bulunmuştur. Bu sonuç, gramaj artışı sebebiyle su buharının difüzyonu esnasında daha fazla enerji harcanacağı ve difüzyonun olumsuz etkileneceği, ayrıca su buharının lifler tarafından absorbe edilme olasılığının artacağı şeklinde yorumlanmıştır. Hes (1999), de pamuk ve polyester gömleklik kumaşların su buharı geçirgenliklerini incelediği çalışmasında, su buharı geçirgenliği üzerine gramajın etkisinin kumaş kompozisyonundan daha fazla olduğunu bulmuştur.

Kumaşların su buharı geçirgenlikleri ile nem absorbtiviteyi arasındaki ilişki incelendiğinde, kumaşların nem absorbtivitesinin aşırı düşük olmasının su buharı geçirgenliğinin düşük olmasına sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kumaşların hava geçirgenliği ile su buharı geçirgenliği arasında paralellik bulunmuştur. Yüksek su buharı geçirgenliğine sahip kumaşlar, yüksek hava geçirgenliği özelliği de sergilemiştir. Lif tipi ve kumaş yapısının hava geçirgenliğine etkisini değerlendiren varyans analizine göre, her iki faktörün de hava geçirgenliğine etkisi varken lif tipinin etkisi daha fazla çıkmıştır. En yüksek hava geçirgenlik değerleri polipropilen kumaşlarla elde edilmiştir.

Genel olarak ince kumaşların daha yüksek hava geçirgenliğine sahip oldukları bulunmuştur. Kumaş kalınlığı ile su buharı geçirgenliği arasında ise negatif bir ilişki görülmüştür. Bu sonuç, Wang ve Li 'nin (2005) kumaş kalınlığı ile su buharı geçirgenliği arasında ileri sürdükleri ilişkiyi doğrulamaktadır.

Kumaşların yatay ve dikey kılcallık özellikleri ölçüldüğünde, suyun kumaş içerisindeki hareketi üzerine yerçekiminin etkili olduğu görülmüştür; dikey yönde kılcallık esnasında, yerçekimi suyun ilerlemesine engel olmaktadır. Yerçekimi etkisi, kumaşların su kaynağına daldırma süresi 5 dakikayı geçtiğinde daha fark edilir olmaktadır. Tüm kumaş türleri bir arada değerlendirildiğinde, yatay ve dikey kılcallık değerlerinin birbirine oranı 1.489 olarak bulunmuştur. Yani yatay yönde suyun ilerleme mesafesi, dikeye göre ortalama 1.489 kat fazla çıkmıştır.

Kumaşların yatay ve dikey yönde toplam kılcallık değerleri birbiriyle ilişkilendirildiğinde, yatay yönde yüksek kılcallık özelliği gösteren kumaşın, dikey yönde de yüksek kılcallığa sahip olduğu bulunmuştur.

Kılcallık değerleri ile termal özellikler (termal iletkenlik, termal direnç, termal absorbtivite vb.) ve kumaş yapısal özellikleri (kalınlık, gramaj ve yoğunluk) arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır.

Kumaşların yatay kılcallık özelliğine lif tipi ve kumaş yapısının etkisini inceleyen istatistiksel analize göre, lif tipinin yatay kılcallık üzerine etkisi oldukça yüksektir; kumaş yapısal özelliklerinin etkisi çok daha azdır. II. grup kumaşlar arasında en yüksek yatay kılcallık özelliğinin, pamuk kumaşlarda sağlandığı görülmüştür. Kumaştaki yapısal değişimlerin yatay kılcallık özelliğine etkisinin lif tiplerine göre önemli farklılıklar sergilediği bulunmuştur. Pamuk ve polipropilen kumaşlarda iğne iptalli çalışma yatay kılcallık özelliğini iyileştirirken, Coolplus

kumaşlarda bu etki gramaj artışı ile sağlanmıştır. Polyester kumaşlarda ise yapısal değişimler yatay kılcallık özelliğini olumsuz etkilemiştir.

Kumaşların dikey kılcallık özelliği üzerine etkisini inceleyen varyans analizi, yatay kılcallığa paralel olarak lif tipinin etkisinin daha büyük olduğunu göstermiştir. II. grup kumaşlarda İğne iptalli çalışma tüm lif tipleri için dikey kılcallıkta en yüksek değerleri verirken, gramaj artışı polipropilen hariç diğer lif tipleri için dikey kılcallık özelliğini azaltmıştır.

Doktora çalışmasında, spor giysilik örme kumaşlar arasında yaygın olarak kullanılan astar örgülü kumaşların termal konfor özellikleri üzerine, astar ve zemin ipliği yapısı ile tipik astar örgülü kumaşların üretiminde yapılan şardonlama işleminin etkileri de değerlendirilmiştir.

Astar örgülü kumaşların termal iletkenliği üzerine, zemin ve astar ipliği (iç ve dış kısımlar) değişimini ifade eden kumaş tipinin ve şardonlama işleminin etkisini değerlendirmek için yapılan istatistiksel analiz, şardonlama işleminin termal iletkenlik üzerinde kumaş tipinden çok daha fazla etkili olduğunu göstermiştir. Şardonlama sonrasında kumaşların termal iletkenliklerinin şardonlama öncesine göre farklı seviyede olduğu; birbirleri arasında ise ayırt edici fark olmadığı bulunmuştur. Şardonlama sonrasında, astar örgülü kumaşların zemin ve astar ipliklerinin lif içeriğinin aynı veya farklı olmasının termal iletkenlik üzerinde etkisi çıkmamıştır. Bu sonuç, lif içeriği farklı fakat aynı numarada zemin ve astar ipliği kullanımının, tipik (şardonlanmış) astar örgülü kumaşların termal iletkenlikleri üzerinde etkisi olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Ölçümler, şardonlama işlemi sonrasında, kumaşlarda kalınlık artışına paralel olarak termal direnç değerlerinin de arttığını göstermiştir. İstatistiksel analiz, şardonlama işleminin astar örgülü kumaşların termal direnci üzerinde kumaş tipine kıyasla çok daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Şardonlama sonrasında ise termal dirençteki sıralamayı kumaş kalınlığının belirlediği görülmüştür. Zemin ve astar ipliği özdeş olan yapılar, daha düşük termal direnç değerleri vermiştir.

Astar örgülü kumaşların termal absorbtiviteyi üzerine şardonlama işleminin çok etkili olduğunu görülmüştür. Şardonlama öncesinde ise, zemin ve

astar ipliği %100 pamuk olan kumaş tipinin en yüksek termal absorbtiviteye sahip olduğu ve en soğuk termal temas hissini verdiği görülmüştür. Bu kumaşların vücutla temas eden yüzünde iplik tipinin değişiminin termal absorbtivite üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Zemin ve astar ipliği lif iğeriği bakımından özdeş olan kumaşların diğerlerinden daha yüksek termal absorbtiviteye sahip oldukları bulunmuştur. şardonlama işlemi, astar örgülü kumaşların termal absorbtivite değerlerini azaltmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm kumaş tiplerinin termal absorbtiviteleri arasında şardonlanma sonrasında fark görülmemiştir.

lm sonuçları, şardonlama sonrasında kumaşların termal difüzyonlarının arttığını göstermiştir. şardonlama sonrasında azalan kumaş yoğunluğu, ısının bir bölgedeki lifleri ısıtıp ilerleme hızını arttırmış böylece termal enerji (ısı) daha kısa zamanda daha geniş alana yayılmıştır. Termal difüzyon için yapılan varyans analizi, astar örgülü kumaşların bu termal özelliği üzerine kumaş tipinin etkisi olmadığını, şardonlamanın ise etkili olduğunu göstermiştir.

Astar rgl kumaşların ıslak ölçüm yöntemiyle bulunan termal absorbtivite değerleri, şardonlama sonrasında bu tip kumaşların daha düşük değerler verdiğini göstermiştir. Daha düşük değerlerin daha iyi nem absorbtivitesi anlamına gelmesinden dolayı, şardonlanmış astar örgülü kumaşların ıslak halde daha iyi konfor hissi vereceği bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz, nem absorbtivitesi üzerine kumaş tipinin etkisi olmadığını, şardonlamanın ise etkili olduğunu göstermiştir.

Astar rgl kumaşların su buharı geçirgenlikleri üzerine şardonlama işleminin etkisi olmadığı bulunmuştur. Bu sonuç, su buharı geçirgenliğinin kumaş yüzey karakteristiklerinden önemli ölçüde etkilenmediği şeklinde yorumlanmıştır. lm sonuçları, astar örgülü kumaşların su buharı geçirgenliği üzerinde lif tipinin etkisini açığa çıkarmıştır. Yüksek oranda polyester içeren kumaşların şardonlama öncesinde ve sonrasında en yüksek su buharı geçirgenliği değerleri verirken, %100 pamuk olan kumaşların en düşük su buharı geçirgenliğine sahip olduğu bulunmuştur. Zemin ve astar iplikleri farklı kompozisyona sahip astar örgülü kumaşlarda ise, vücutla temas eden astar

kısmı polyester içeren kumaşın şardonlama sonrasında daha yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olduğu bulunmuştur.

Astar örgülü kumaşların hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği arasında doğrusal fakat zayıf bir ilişki bulunmuştur. Bu sonuç, astar örgülü kumaşların kütle transferi özelliği göz önüne tutulduğunda, su buharı ve hava geçirgenliğini özellikleri arasında RR ve RL gibi temel örgü kumaşlara nazaran (I. grup kumaşlar arasında yer alan) daha düşük bağımlılık olduğunu göstermiştir. Su buharı geçirgenliğine paralel olarak hava geçirgenliğinde de en yüksek değerleri, yüksek oranda polyester içeren kumaşlar vermiştir. Zemin ve astar iplikleri birbirinden farklı kumaşlar arasında ise, polyester/pamuk karışım astar ipliğine sahip olan kumaşın, hava geçirgenliğinin daha yüksek bulunmuştur. Ölçüm sonuçları, şardonlama işleminin kumaşların hava geçirgenliği üzerine etkili olduğunu ve hava geçirgenliğini azalttığını göstermiştir.

Astar örgülü kumaşların dikey ve yatay kılcallık özellikleri arasında, yerçekiminin etkisinden kaynaklanan farklar olduğu görülmüştür. Yerçekimi, 5 dakika daldırma süresi aşıldıktan sonra etkisini arttırmakta ve dikey yönde kılcallık özelliğini kötüleştirmektedir.

Ölçüm sonuçlarından, astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yönde kılcallık özellikleri üzerine kumaş tipinin etkili olduğu; vücuda temas eden kısmı pamuk olan kumaşların kılcallık özelliğinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu durum, şardonlama sonrasında da değişmemiştir. Yapılan varyans analizleri de, şardonlama işleminin astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yöndeki kılcallık özelliği üzerinde etkili olmadığını göstermiştir.

Astar örgülü kumaşların yatay ve dikey yöndeki toplam kılcallık değerleri arasında kuvvetli bir ilişki bulunurken, kumaşların kılcallık özellikleri ile su buharı veya hava geçirgenliği arasında ise ilişki bulunamamıştır.

Bu sonuçlara göre, şardonlama işleminin astar örgülü kumaşların ısı transferi ile ilgili özelliklerini etkilerken, kütle transferi ile ilgili özellikleri üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür. Şardonlama sonrasında kumaşların, gerek termal temas hissi, gerekse termal direnç gibi astar örgülü yapıların kullanıldığı çevre



şartları üzerinde etkili özellikler açısından, polyester veya pamuk içerikli olması arasında fark olmadığı sonucu çıkartılmıştır. Ayrıca yüksek polyester içeriği olan astar örgülü kumaşların su buharı ve hava geçirgenlikleri değerleri daha yüksek bulunmuştur. Polyester içeriği yüksek iplik kullanarak yapılacak üretiminin maliyet açısından da avantajlı olacağı açıktır. Bu tarz bir üretim, konfor değerlendirmesi açısından, sadece kılcallık özelliğinde düşük değerler vermektedir.

Bu çalışma, spor giysilik kumaşların termofizyolojik konfor algısını belirleyen özelliklerinin incelenmesini esas almıştır. Gün geçtikçe, spor ve rahat giyime olan eğilimin arttığı ortadadır; sayısal veriler de bu önemli eğilimi yansıtabilecektir: Spor giyim alanında dünya çapında büyüme 1987-1998 arasında %75 oranında iken, 1997-2001 yılları arasında %23 büyüme daha gerçekleşmiştir. Avrupa'da spor giyim pazarının yıllık 20 Milyar Euro civarında olduğu tahmin edilmektedir (D'Silva ve Anand 2001).

Tekstil pazarlarında dünya ölçeğinde artan rekabet, önemli düzeyde araştırma ve danışmanlık hizmetinin sürdürülmesine neden olmuştur. Özellikle spor giyim amaçlı yeni lif ve kumaş yapılarının geliştirilmesi, bu yapıların değerlendirilmesi için yeni test cihazı ve yöntemlerinin üretilmesi veya mevcutların iyileştirilmesi araştırma programlarının öncelikleri arasındadır. Bu çalışma, spor giysilik kumaşların termofizyolojik konfor özelliklerinin yapısal parametrelerle ilişkilendirildiği ve eğilimlerin belirlendiği sonuçlarıyla yeni kumaş yapılarının geliştirildiği araştırmalara temel oluşturacaktır. Buna ek olarak, konu ile ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalar için aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- Burada belirlenen ısı ve kütle transfer özellikleri ölçümleri yapılan kumaş tiplerinden üretilen giysiler, denekler tarafından belirli egzersiz programına göre deneyerek, ıslaklık, kuruluk, sıkılık, yapışkanlık gibi özellikler psikolojik skalalar vasıtasıyla değerlendirilebilir ve bu değerlendirmeler objektif ölçüm sonuçlarıyla ilişkilendirilebilir.

- Aynı giysi yapılarının termofizyolojik özellikleri ile sübjektif konfor algıları, egzersiz öncesi ve sonrasında tekrarlanarak ortaya çıkan histerisiz kumaş yapısal özellikleriyle ilişkilendirilebilir.
- Bu ölçüm ve değerlendirmeler, artan aktivite düzeyleri ile tekrarlanarak aktivite düzeyinin etkisi incelenebilir.
- Çeşitli bitim işlemlerinin termofizyolojik konfor özelliklerine etkisi objektif ölçümlerle belirlenebilir.
- Çok sayıda kumaş tipinin objektif ve sübjektif konfor değerlendirmeleri arasındaki olası matematiksel bağıntılar çıkartılarak, Kawabata ve Niwa'nın geliştirdiği tutum çalışmasına benzer şekilde "Konfor Değerlendirme Veritabanı" oluşturulabilir.
- Mikro gözenekli, çift katlı vb. özel kumaş yapıları, çeşitli lif ve iplik varyasyonlarıyla üretilerek, ölçülen termofizyolojik özelliklerden ideal yapının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

**KAYNAKLAR**

ANONİM 1992. Alambeta Textile Measuring Instrument Simulating Human Skin Catalogue. Sensora Textile and Thermal Measuring Instruments, Liberec, The Czech Republic.p.15.

ANONİM 1993 Permetest Water Vapor Permeability Tester Catalogue. Sensora Textile and Thermal Measuring Instruments, Liberec, The Czech Republic.p.10.

ANONİM. 1995. Wira Air Permeater. The Wira Directory, United Kingdom. p.51.

BAKKEVING, M.K., R. NIELSEN 1995. The Impact of Activity Level on Sweat Accumulation and Thermal Comfort Using Different Underwear. Ergonomics, 38(5):926-939.

BARNES, J.C., B.V.HOLCOMBE 1996. Moisture Sorption and Transport in Clothing Wear. Textile Research Journal, 66(12): 777-786.

BARTELS, V.T., K.H. UMBACH 2002. Water Vapor Transport Through Protective Textiles at Low Temperatures. Textile Research Journal, 72(10): 899-905.

BRODY, H., 1994. Synthetic Fibre Materials. Longman Scientific & Technical, UK. 107p.

CHATTERJEE P.K., B.S. GUPTA 2002. Absorbent Technology 'Chatterjee P.K., B.S. Gupta (Editors), Textile Science and Technology 13. p.9,46,396.

CROW, R.M., R.J.OSCZEVSKI 1998. The Interaction of Water with Fabrics. Textile Research Journal, 68(4):280-288.

D'SILVA, A.P., S.C. ANAND 2001. Responsive Garments for Sportwear. ITU Textile 2001 Congress, İstanbul. p.1-8.

EPPS, H.H., K.K.LEHONAS. 1997. The Relationship Between Porosity and Air Permeability of Woven Textile Fabrics. Journal of Testing and Evaluation, 25(1):6.

FARNWORTH, B. 1983. Mechanisms of Heat Flow Through Clothing Insulation. Textile Research Journal, December:717-725.

FARNWORTH, B., P.A. DOLHAN 1985. Heat and Water Transport Through Cotton and Polypropylene Underwear. Textile Research Journal, October:627-630.

FUKAZAWA, T., H.KAWAMURA, Y.TOCHIHARA, T.TAMURA 2003. Water Vapor Transport Through Textiles and Condensation in Clothes at High Altitudes-Combined Influence of Temperature and Pressure Simulating Altitude. *Textile Research Journal*, 73(8):657-663.

GERALDES M.J., M.DE ARAUJO, L.HES 2001. High Performance Functional Knit Structures. *Tecnitex 2001 Autex Conference*. The University of Minho, Portugal:227-235.

GHALI, K., B.JONES, J.TRACY 1994. Experimental Techniques for Measuring Parameters Describing Wetting and Wicking in Fabrics. *Textile Research Journal*,64(2):106-111.

GIBSON, P.W.1993. Factors Influencing Steady-State Heat and Water Vapor Transfer Measurement for Clothing Materials. *Textile Research Journal*, 63(12) :749-764.

GOLDMAN R.F. 1977. Fiber Society Symposium on Comfort 'Holies, N.R., R.F. Goldman (Editors). Ann Arbor Science Publishers Inc.Michigan, USA. p.3-8.

GRABOWSKA, K.E. 2001. Personal Protection by Textiles in the Focus of Stabilisation Thermal Conditions. *Texnitex 2001 Autex Conference*. The University of Minho,Portugal:72-75.

GRETTON, J.C., D.B.BROOK, H.M.DYSON, S.C.HARLOCK 1998. Moisture Vapor Transport Through Waterproof Breathable Fabrics and Clothing Systems Under a Temperature Gradient. *Textile Research Journal*, 68(12):936-941.

HANSRAJ, A.N., M.S.SUBBULAKSHMI, B.S.BATRA, N.KASTURIYA 1998. Thermal Insulation Studies of Protective Clothing. *Man-Made Textiles in India*,April:153-158.

HARRISON, P.W. 1996. *Fabrics: Sensory and Mechanical Properties*. The Textile Institute, Textile Progress, UK. 26 (3): 64p.

HES, L., J.MARTINS 1993. Experimental Investigation of Heat Transfer in Textile Fabric by Radiation. 3<sup>rd</sup> World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics. Honolulu, October 31-November 5, USA.

HES, L., M. ARAUJO, V.DJULAY.1996. Effect of Mutual Bonding of Textile Layers on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of Fabric Assemblies. *Textile Research Journal*, 66(4):245-250.

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. 2000a. Imperfections of Common Nonwoven's Thermal Resistance Test Methods. *INTC 2000, USA*.

HES, L. 2000b. An Indirect Method for the Fast Evaluation of Surface Moisture Absorptivity of Shirt and Underwear Fabrics. *Vlakna a Textil*, 7(2):91-96.

HES, L., P. OFFERMANN, I. DVORAKOVA. 2001. The Effect of underwear on Thermal Contact Feeling Caused by Dressing up and Wearing of Garments. *Tecnitex 2001 Autex Conference*. 236-245 p.

HES, L. 2002. An Experimental Analysis on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of Animal Furs with Biomimetic Objectives. *The Fall Annual Fiber Society Conference*, USA.

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.

HOLLIES, N.R., L. FOURT 1970. *Clothing Comfort and Function*. Marcel Dekker Inc. New York, USA. 254p.

HOLCOMBE, B.V., N. HOSCHKE 1983. Dry Heat transfer Characteristics of Underwear Fabrics. *Textile Research Journal*, 53(3):368-374.

HSIEH, Y.L., B. YU 1992. Liquid Wetting, Transport and Retention Properties of Fibrous Assemblies, Part I: Water Wetting Properties of Woven Fabrics and Their Constituent Single Fibers. *Textile Research Journal*, 62(11):677-685.

HSIEH Y.L. 1995. Liquid Transport in Fabric Structures. *Textile Research Journal*, 65(5):299-307.

HUIZENGA C., Z. HUI, E. ARENS 2001. A Model of Human Physiology and Comfort for Assessing Complex Thermal Environments. *Building and Environment*, 36:691-699.

JEONG, S.H., J.H. KIM, C.J. HONG. 2000. Selecting Optimal Interlinings with a Neural Network. *Textile Research Journal*, 70(11):1005-1010.

JIRSAK, O., T. GÖK, B. ÖZÜPEK, N. PAN. 1998. Comparing Dynamic and static Methods for Measuring Thermal Conductive Properties of Textiles. *Textile Research Journal*, 68(1):47-56.

KAKAÇ, S. 1990. Örneklerle Isı Transferi. *O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi*. (7), Ankara. s:125-162.

KALAOĞLU, F.1995.Giysi Konforunu Etkileyen Faktörler. Konfeksiyon Teknik, Ağustos:74-75.

KAPLAN, S., A.OKUR. 2005. Kumaşların Geçirgenlik-İletkenlik Özelliklerinin Giysi termal konforu Üzerindeki Etkileri. Tekstil Maraton, Mart-Nisan:56-65.

KAWABATA, S., M. NIWA. 1980. The Standardization and Analysis of Hand Evaluation. The Textile Machinery and Society of Japan, Osaka. p.3-50

KISSA, E.1996. Wetting and Wicking. Textile Research Journal,66(10):660-668.

LI, Y., B.V.HOLCOMBE, F.APCAR. 1992. Moisture Buffering Behavior of Hygroscopic Fabric During Wear. Textile Research Journal,62(2):619-627.

LI, Y., B.V.HOLCOMBE, A.M.SCHNEIDER, F.APCAR. 1993. Mathematical Modelling of the Coolness to Touch of Hygroscopic Fabrics. Journal of The Textile Institute,84(82):267-274.

Lİ, Y. B.V.HOLCOMBE R.DEAR. 1996. Enhancement of Coolness to the Touch by Hygroscopic Fibers, Part II:Physical Mechanisms. Textile Research Journal, 66:587-595.

LI, Y.2001. The Science of Clothing Comfort.Textile Progress, The Textile Institute International,UK. 138p.

Lİ, Y., Q.ZHU, K.W.YEUNG. 2002. Influence of Thickness and Porosity on Coupled Heat and Liquid Moisture Transfer in Porous Textiles. Textile Research Journal, 72(5): 435-446.

LONG, H.1999. Water Transfer Properties of Two-Layer Weft Knitted Fabrics. International Journal of Clothing science and Technology,11(4):198-205.

LOTENS, W.A, F.J.G.VAN DE LINDE, G.HAVENITH 1995. Effects of Condensation in Clothing on Heat Transfer. Ergonomics, 38(6):1114-1131.

LOTENS, W.A., A.M.J.PIETERS 1995. Transfer of radiative heat Through Clothing Ensembles. Ergonomics, 38(6):1132-1155.

MAEJIMA, M. 1983. Applying Capillarity to estimation of Space Structure of Fabrics. Textile Research Journal, 53(7): 427-434.

MATHUR, G.N., H.RAJ, N.KASTURIYA. 1997. Protective Clothing for Extreme Cold Region. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 22-December:292-296.

MATSUDAIRA, M., M.QİN. 1995. Features and Mechanical Parameters of a Fabric's Compressional Property. Journal of The Textile Institute, 86:476-487.

MCCULLOUGH, E.A., B.W.JONES, T.TAMURA. 1989. A Data Base for Determining the Evaporative Resistance of Clothing. ASHRAE Transactions, 95(2):316-328.

MILITKY, J., M.VİK, M.VİKOVA, S.İBRAHİM. 2003. Neural Networks as Tool for Nonparametric Models Building in Textile Branch.5<sup>th</sup> International Conference Texsci 2003, Tehnical University of Liberec, Czech Republic.p. 289-292.

MOGAHZY, Y. 2002. Developing a Design Oriented Fabric Comfort Model. National Textile Center Annual Report, Georgia Tech.-Auburn- NCSU,USA. 10p

OLSAUSKIENE, A., R.MILASIUŠ. 2001. Dependence of Air Permeability on Fabric Porosity and Integrated Fabric Firmness Factor  $\phi$ . Materials Science, 9(1):124-127.

ÖNDER, E., N.SARIER. 2003. Tekstillerde Dinamik Isı Yönetimi Olanakları.Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu IX. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası. Bursa, 30 Nisan-2 Mayıs 2003, s:93-109.

ÖZİPEK, B., T.G. SADIKOĞLU. 1999. Tekstil Malzemelerinin Isıl Özellikleri. Tekstil & Teknik, Aralık:137-139.

PAC, M.J., M.BUENO, M.RENNER. 2001. Warm-Cool Feeling Relative to Tribological Properties of Fabrics. Textile Research Journal,71(9):806-812.

PARK, K.C., T.J.KANG 1997. Objective Rating of Seam Pucker Using Neural Networks. Textile Research Journal,67(7):494-502.

PARK, S.W., Y.G.HWANG, B.C.KANG 2000. Applying Fuzzy Logic and Neural Networks to Total Hand Evaluation of Knitted Fabrics. Textile Research Journal, 70(8):675-681.

RADHAKRISHNAIAH, P., S.TEJATANALERT, A.P.S.SAWHNEY. 1993. Handle and Comfort Properties of Woven Fabrics Made from Random Blend and Cotton Covered Cotton/Polyester Yarns. Textile Research Journal, 63(10):573-579.

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.

RUPP, J. 1998. Functional Sportwear. ITB International Textile Bulletin, 4/98:14-18.

SARKAR, R.K. 1994. Comfort Properties of Defence Clothings. Man-Made Textiles December:541-544.

SATSUMOTO, Y., K. ISHIKAWA, M. TAKEUCHI. 1997. Evaluating Quasi-Clothing Heat Transfer: A Comparison of the Vertical Hot Plate and the Thermal Manikin. *Textile Research Journal*, 67 (7): 503-510.

SCHACHER, L., D.C.ADOLPHE, J.Y.DREAN. 2000. Comparison Between Thermal Insulation and Thermal Properties of Classical and Microfibres Polyester Fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 12(2):84-95.

SCHNEIDER, A. M., B. N. HOSCHKE, H. J. GOLDSMID. 1992. Heat Transfer Through Moist Fabrics. *Textile Research Journal*, 62 (2): 61-66.

SCHNEIDER, A. M., B. V. HOLCOMBE, L. G. STEPHENS. 1996. Enhancement of Coolness to the Touch by hygroscopic Fibers, Part I: Subjective Trials. *Textile Research Journal*, 66 (8): 515-520.

SETTE, S, L.BOULLART, P.KIEKENS. 1995. Self-Organizing Neural Nets: A New Approach to Quality in Textiles. *Textile Research Journal*,65(4):196-202.

SETTE, S., L.VAN LANGENHOVE. 2001. Soft Computing in Textiles. *Texnitex 2001 Autex Conference*. The university of Minho,Portugal. 1:46-52.

STUART, I. M., E. F. DENBY. 1983. Wind Induced Transfer of Water Vapor and Heat Through Clothing. *Textile Research Journal*, November:655-660.

TARAFDAR, N. 1995. Selection of Appropriate Clothing in Relation to Garment Comfort. *Man-Made Textiles in India*, January: 17-20.

TSAI I.S., C.H.LIN, J.J.LIN. 1995. Applying an Artificial Neural Network to Pattern Recognition in Fabric Defects. *Textile Research Journal*,65(3):123-130.

TZANOV, T., L.HES. 2000. Thermal Properties of Silicone Treated Textile Materials. *Canadian Textile Journal*, January/February: 37-40

UKPONMWAN, J. O. 1993. The Thermal Insulation Properties of Fabrics. *Textile Progress Textile Institute, UK*. 51 p.

VANGHELUWE, L., S.SETTE, F.PYNCKELS. 1993. Assessment of Set Marks by Means of Neural Nets. *Textile Research Journal*, 63(4):244-246.

WANG, G. W.ZHANG, R.POSTLE, D.PHILLIPS. 2003. Evaluating Wool Shirt Comfort with Wear Trials and the Forearm Test. *Textile Research Journal*, 73(2):113-119.

WANG, L.P., C.LI. 2005. A New Method for Measuring Dynamic Fabric Heat and Moisture Comfort. *Experimental Thermal and Fluid Science* (article in press).



WARNER, S.B.1995. Fiber Science. Prentice Hall, NJ, USA. 231-233p.

WONG, K.K., X.M.TAO, C.W.M.YUEN, K.W.YEUNG. 2001. Wicking Properties of Linen Treated with Low Temperature Plasma. Textile Research Journal, 71(1):49-56.

YAMAZAKİ, K., M.OKAMOTO 1997. A Review of New Directions in Shingosen and Synthetic Fiber Textiles for Sportswear. The Journal of The Textile Institute, Part.3 Engineering Textiles, UK. (88):5-36.

YASUDA, T., M. MIYAMA, H. YASUDA. 1992. Dynamic Water Vapour and Heat Transport Through Layered Fabrics- Part II. Textile Research Journal, 62(4):227-235.

YASUDA, T., M. MIYAMA, A. MURAMOTO, H. YASUDA. 1994. Dynamic Water Vapour and Heat Transport Through Layered Fabrics- Part III. Textile Research Journal, 64 (8):457-461.

YILMAZ, E. 2001. Sinirsel Bulanık Ağların Kullanımı ve Verilere göre Bulanık Kontrol Kurallarının Elde Edilmesi ve Simülasyonunun Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans (yayınlanmamış) Uludağ Üniversitesi, Bursa. s.1-5.

YONEDA, M., S.KAWABATA. 1982. A Theoretical Consideration on the Objective Measurement of Warm/Cool Feeling. The Textile Machinery Society of Japan, p.393-406

YONENAGA, A. 2001. Kreatif Mühendislik, Aktif Spor ve Serbest zaman Giysi Tasarımlarına Yön Veriyor (Çeviri). Tekstil Maraton Kasım-Aralık:61-65.

YOO, H. S., Y. S. HU, E. A. KIM. 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.

ZANG, P., R.H.GONG.2001. Clothing Air Permeability and Moisture Regain on Human Thermal regulation during Exercise. Texnitex 2001 Autex Conference. The university of Minho,Portugal:216-226.

ZHUANG, Q., S.C.HARLOCK, D.B.BROOK. 2002. Transfer Wicking Mechanisms of Knitted Fabrics used as Undergarments for Outdoor Activities. Textile Research Journal, 72(8):727-734.

<http://en.wikipedia.org/wiki/heat>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_conductivity](http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity)

<http://dacs.dtic.mil/techs/neural/neural2.html>

<http://iit.demokritos.gr/neural>

[http://cortex.snowseed.com/neural\\_networks](http://cortex.snowseed.com/neural_networks)

<http://www.squ1.com>

<http://www.innova.dk/books/thermal/thermal.htm>

**EK-1****Çizelge 1.**Konfor değerlendirmelerinde kullanılan standartlar

| <b>Standart No</b>   | <b>Standart Metod Adı</b>  |
|--|--|
| TS 391 EN ISO 9237:1999<br>BS EN ISO 9237:1995<br>ASTM D737-75:1985<br>DIN 53 887: | Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini   |
| BS EN ISO 7730:1995<br>ISO 7730:1994   | Makul termal çevreler. PMV ve PPD indislerinin belirlenmesi ve termal konfor için şartların tanımlanması           |
| ASTM E 96-80:1987<br>CAN 2-4.2-M77:1977  | Su buharı transferi (Kase metodu)  |
| BS 7209:1990   | Su buharı transferi (Döner tabla sistemi)  |
| TS ISO 8302:2002   | Isı yalıtımı-Kararlı halde ısı direncin ve ilgili özelliklerin tayini- Mahfazalı sıcak plaka cihazı                |
| TS EN 31092:2000<br>ISO 11092:1993   | Kararlı şartlarda ısı direncin ve su buharına karşı direncin ölçülmesi (buğuya karşı korunmuş kızgın plaka deneyi) |
| ASTM C 177-85:1985   | Korumalı sıcak plaka metoduyla termal iletim özelliklerinin ve kararlı halde ısı akışının ölçülmesi                |
| TS 4512:1985   | Tekstil malzemelerinin ısı geçirgenlik katsayısı tayini metodu   |
| TS ISO 5085-2:2003<br>BS 4745:1990   | Isıl direncin tayini   |
| DIN 53924:1997   | Su yükselme mesafesi tayini(kılcallık)   |
| BS 3449:1990   | Kumaşların su absorblama direnci (statik daldırma testi)   |
| ASTM D 1518-85:1985  | Tekstil materyallerinde termal iletim  |
| ASTM C168-88a:1988   | Termal yalıtım materyalleriyle ilgili terimlerin tanımları   |
| ASTM C165-83:1983  | Termal yalıtım ölçümü  |
| BS EN 342:2004   | Koruyucu giysiler. Soğuğa karşı koruma amaçlı giysi ve yapılar   |

## EK-2

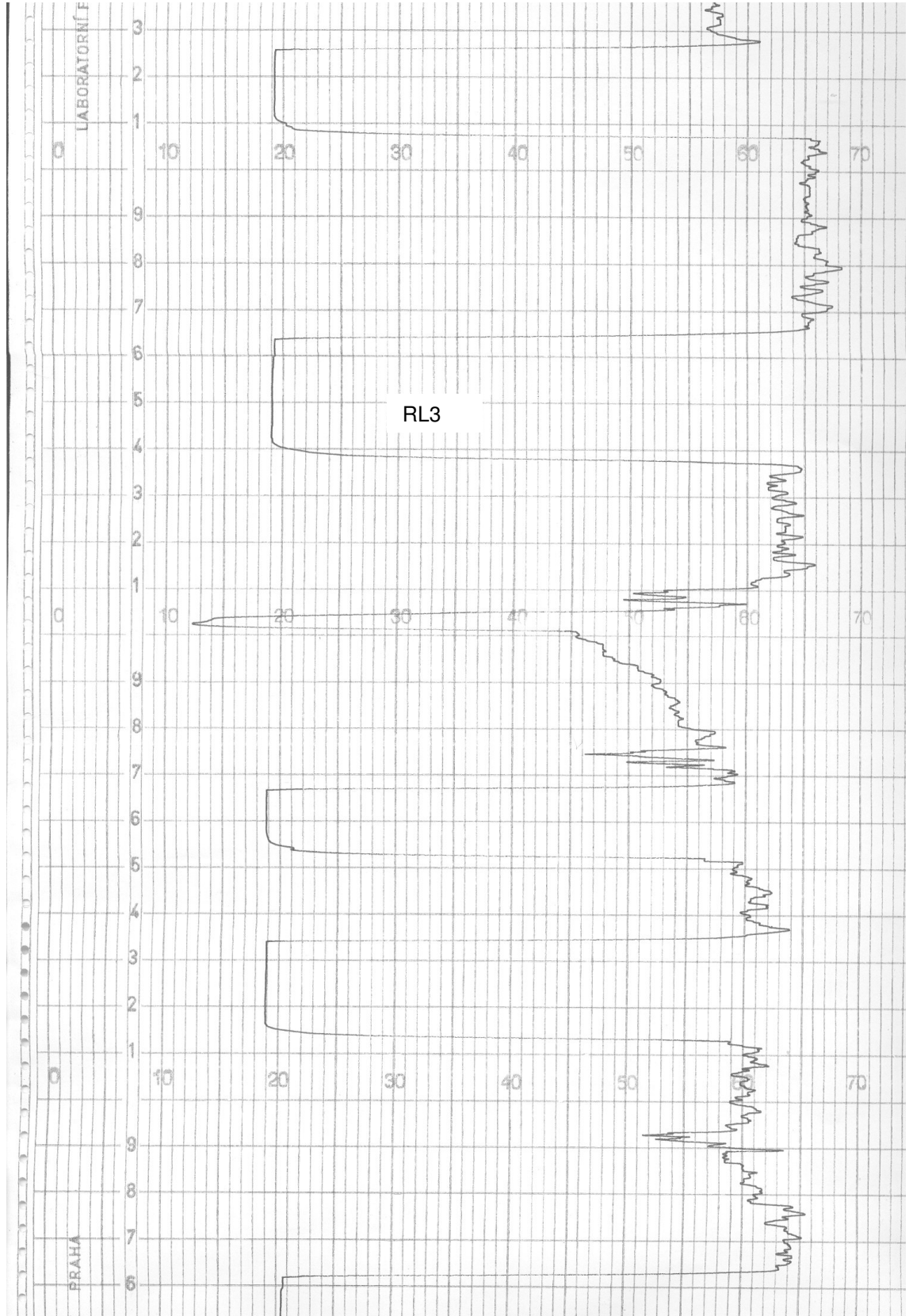
**Çizelge 1.** Standart Şartlar Altında Tekstil Liflerinin Nem Kazanımı

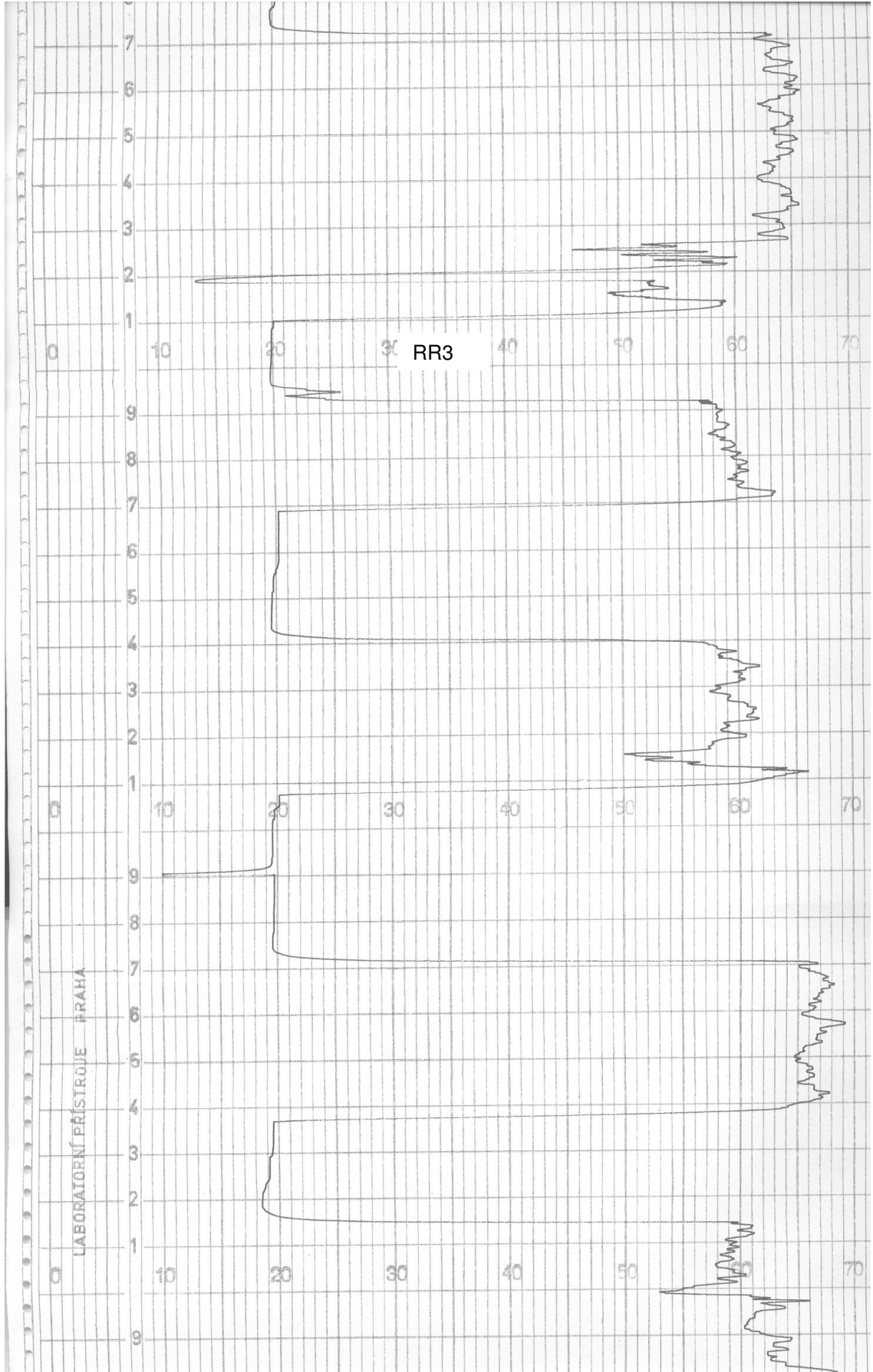
| <b>LİF</b>                    | <b>ABSORBSİYON<br/>(%)</b> |
|-------------------------------|----------------------------|
| <b><i>Doğal Lifler</i></b>    |                            |
| Pamuk                         | 7.5                        |
| Merserize Pamuk, jüt          | 12                         |
| Keten                         | 10                         |
| Viskoz Rayon                  | 13                         |
| Asetat                        | 6-7                        |
| İpek                          | 10                         |
| Yün                           | 14-18                      |
| <b><i>Sentetik Lifler</i></b> |                            |
| Naylon 6 / 66                 | 4.1                        |
| PET                           | 0.4                        |
| Akrilik                       | 1-2                        |
| Polivinil alkol               | 4.5-5                      |
| Poliolefin                    | 0                          |
| Oksit Cam                     | 0                          |

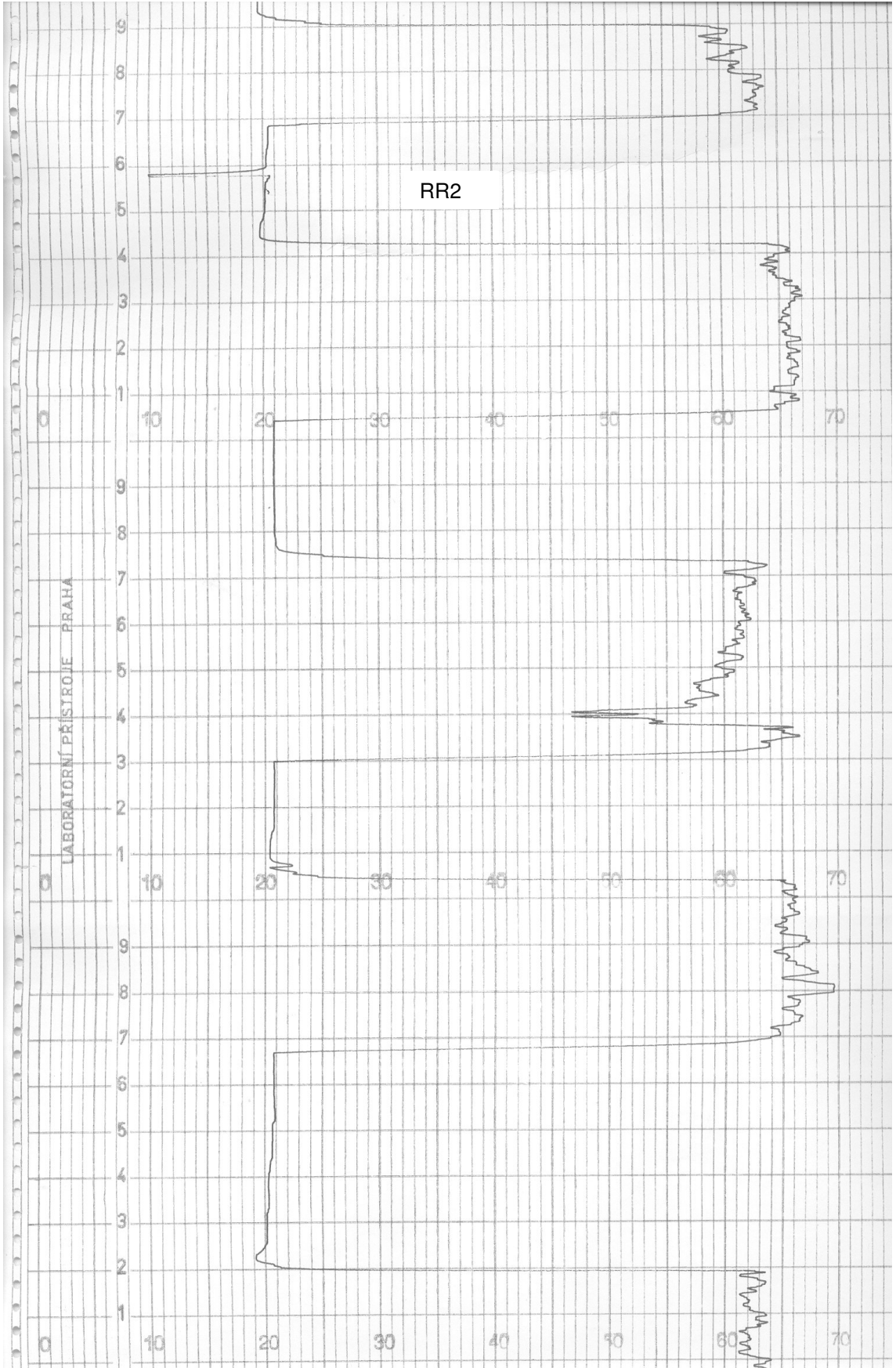
KAYNAK:Warner,S.B.1995. Fiber Science.Prentice Hall,UK.p.105.

## EK-3

## Permetest Su Buharı Geçirgenliği Cihazı Ölçüm Sonuçlarına Ait Örnek Çıktılar







## **ÖZGEÇMİŞ**

1975 yılında Antalya'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Antalya'da tamamladı. 1992 yılında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1996 yılındaki mezuniyetinin ardından BİSAŞ Bursa İplik Fabrikası'nda bir süre çalıştıktan sonra 1997 yılında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde Tekstil Teknolojisi Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1999 yılında yüksek lisansını tamamlayarak yüksek mühendis olmaya hak kazandı. 2000 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Halen araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü çalışmalarım sırasında gösterdiği ilgi, destek ve emeği için Danışmanım Doç.Dr. Binnaz MERİÇ başta olmak üzere,

Lisans ve lisansüstü eğitimimde emekleri bulunan başta Prof.Dr.H.Rıfat ALPAY olmak üzere tüm bölüm hocalarıma,

Çalışmamda büyük desteğini gördüğüm Zorlu Holding Yönetim Kurulu Eş Başkanı Zeki ZORLU'ya

Deneysel çalışmalarımı gerçekleştirilmesinde laboratuvar imkanlarından faydalanmamı sağlayan ve tez çalışmalarımda bana büyük katkıları bulunan Liberec (Çek Cumhuriyeti) Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Fakültesinden Prof.Dr. Lubos HES'e,

Numune temininde katkılarından dolayı Tekstil Mühendisi Mahmut ÖZBEBEK 'e, Tetaş AŞ.'e, Hisar İplik AŞ.'e, Nylstar/İtalya Kumaş geliştirme bölümünden Stephane REMY'e,

Numune kumaş örülmesinde yardımlarından dolayı Fıstık Tekstil Yönetim Kurulu Üyesi Abdücelil KARAYILAN'a, Besa Tekstil'den Tekstil Mühendisi Zeynel DOĞAN'a ve çalışanlarına,

İplik temininde katkılarından dolayı FFT Tekstil'e, Atmaz Tekstil'e, Tekstil Mühendisi Mesut UYGUR'a, iplik aktarma işlemleri için Epiriler Tekstil AŞ.'e ve Metin EPİRİ'ye

Boya-terbiye işlemleri için Yeşim Tekstil'den Tekstil Mühendisleri Cem ACUR ve Ali TÜRKMEN'e

ANN uygulamasında yardımlarından dolayı Arş.Gör. Gökhan YENİKAYA'ya, yardım ve dostlukları için Arş.Gör. Gülcan ÖZKAN, Dr. Nalan KAHRAMAN ve Yrd.Doç.Dr.Yasemin KAVUŞTURAN olmak üzere tüm arkadaşlarıma,

Her zaman sevgi ve desteklerini gördüğüm anneme, babama ve kardeşlerime,

Tüm tez çalışmamın her aşamasında benimle beraber çalışan, sabır ve destek gösteren sevgili eşim Tekstil Yüksek Mühendisi Cem GÜNEŞOĞLU'na çok teşekkür ederim.