

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(DOKTORA TEZİ)**

**ÖRME KUMAŞLARIN FARKLI NEM  
ORANLARINDA ISIL DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN  
TAHMİNLENMESİ VE MODELLENMESİ ÜZERİNE  
BİR ÇALIŞMA**

**Z. Evrim KANAT**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nilgün ÖZDİL**

**İkinci Danışmanı: Prof. Dr. Arzu MARMARALI**

**Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Bilim Dalı Kodu: 621.01.02**

**Sunuş Tarihi: 09.12.2013**

**Bornova-İZMİR**

**2013**



Z. Evrim KANAT tarafından doktora tezi olarak sunulan “Örme Kumaşların Farklı Nem Oranlarında Isıl Direnç Özelliklerinin Tahminlenmesi ve Modellenmesi Üzerine Bir Çalışma” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 09.12.2013 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:****İmza**

<b>Jüri Başkanı</b>	:	.....	.....
<b>Raportör Üye</b>	:	.....	.....
<b>Üye</b>	:	.....	.....
<b>Üye</b>	:	.....	.....
<b>Üye</b>	:	.....	.....



**ÖZET****ÖRME KUMAŞLARIN FARKLI NEM ORANLARINDA ISIL  
DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN TAHMİNLENMESİ VE  
MODELLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

KANAT, Z. Evrim

Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nilgün ÖZDİL

İkinci Danışman: Prof. Dr. Arzu MARMARALI

09.12.2013, 150 sayfa

Tez çalışmasında, örme kumaşların nemli haldeki ısı direnç özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, pamuk, poliester, modal ve akrilik liflerinden üretilen örme kumaşlar farklı oranlarda (mutlak kuru, %25, %50, %75 ve %100) nemlendirilerek ısı direnç özellikleri ölçülmüştür. Ölçülen ısı direnç değerleri ile liflerin ısı iletkenlik ve özgül ısı değeri, iplik numarası, iplik çapı, kumaş gramajı, kumaş kalınlığı, gözeneklilik, hava geçirgenliği, kumaş sıklığı gibi lif, iplik ve kumaş parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç özellikleri bu parametreler kullanılarak, regresyon analizi ve yapay sinir ağı yöntemleri ile tahminlenmiştir. Ayrıca bir matematiksel model oluşturularak ısı direnç değerleri bu model ile hesaplanmıştır. Kullanılan tahminleme yöntemlerinin ve matematiksel modelin uygulanabilirliğini göstermek amacı ile deney planında olmayan bir liften üretilen numunede modeller uygulanmış ve modellerden elde edilen değerler ile ölçülen değerler arasındaki ilişki gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı direnç, örme kumaş, nem oranı, yapay sinir ağı, çok değişkenli doğrusal regresyon, matematiksel modelleme



**ABSTRACT****A STUDY ON PREDICTION AND MODELLING OF THERMAL  
RESISTANCE OF KNITTED FABRICS IN DIFFERENT  
MOISTURE CONTENT**

KANAT, Z. Evrim

PhD in Textile Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nilgün ÖZDİL

Co-Supervisor: Prof. Dr. Arzu MARMARALI

09.12.2013, 150 pages

In this thesis study, thermal resistance of knitted fabrics in wet state were investigated. For this purpose, fabrics produced from cotton, polyester, modal and acrylic fibres were moisturized in different moisture content (absolutely dry, %25, %50, %75 ve %100) and thermal resistance of these fabrics were measured under these states. The relationship between the thermal resistance values and fibre, yarn and fabric properties like thermal conductivity of fibres, specific heat of fibres, yarn count, yarn diameter, fabric weight, fabric thickness, porosity, air permeability, fabric density was investigated. The thermal resistance of fabrics in different moisture contents were predicted using with multivariate linear regression and artificial neural networks methods by using these properties. A theoretical mathematical model was obtained and thermal resistance values of the fabrics were calculated using by this model. In order to show the applicability of these prediction methods and mathematical model, these models were performed on a sample which was produced from a fibre that was not included in experimental design and relationship between the predicted values obtained from models, and measured values were presented.

**Keywords:** Thermal resistance, knitted fabric, moisture content, artificial neural network, multivariate linear regression, mathematical modelling





## TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konusunun seçiminde ve gerçekleştirilmesinde her zaman yol gösteren ve destek veren danışmanım Doç. Dr. Nilgün ÖZDİL'e ve ikinci danışmanım Prof. Dr. Arzu MARMARALI'ya, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA'ya, fitil temininde yardımcı olan SÖKTAŞ firmasına ve Akif Değirmendere'ye ve Göl İplik firmasına ve Refik Ertem'e, akrilik ipliklerin üretiminde bize her türlü yardımı ve desteği sağlayan ERSUR firmasına, Erkan ERAKMAN ve Salman TEKKÜPELİ'ye, pamuk ipliklerinin bobinlenmesi konusunda yardımcı olan Uz Pamuk firması'na ve Müfit Uz'a, iplik üretimi sırasındaki yardımlarından dolayı Zeki YİĞEN'e, ipliklerin katlama ve büküm işlemleri sırasındaki yardımlarından dolayı Arif ER'e, kumaş üretimi sırasındaki yardımlarından dolayı Necmi GEZER'e, testlerin gerçekleştirilmesi sırasında yardımcı olan Gülsüm ŞAİR ve Seyhan YAŞAR'a, ısı direnç ölçümleri sırasında çıkan teknik sorunları gideren Ömer KODAZ'a, tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Doç. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL, Yrd. Doç. Dr. Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ ve Arş. Gör. Gözde ERTEKİN'e, tez çalışmam sırasında manevi desteklerini ve dostluklarını esirgemeyen oda arkadaşım Arş. Gör. Dr. Seher KANAT'a, Yrd. Doç. Dr. Gamze DOĞAN'a, Arş. Gör. Ebru BOZACI'ya, Arş. Gör. Derya TAMA'ya ve Arş. Gör. Meral İŞLER'e, tez çalışmamın her aşamasında yanımda ve yardımcı olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Hatice KANAT, babam Yücel KANAT ve kardeşim H. Özgür KANAT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	.vii
TEŞEKKÜR .....	.ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	.xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	.xix
1. GİRİŞ .....	1
2. GİYSİ KONFORU .....	3
2.1 Konforun Sınıflandırılması.....	4
2.1.1 Psikolojik konfor.....	5
2.1.2 Duyusal konfor .....	6
2.1.3 Vücut hareketi konforu .....	6
2.1.4 Isıl-termofizyolojik konfor .....	6
2.2 Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler.....	10
2.2.1 Çevre parametreleri.....	10
2.2.2 İnsan parametreleri .....	13
2.2.3 Giysi parametreleri .....	14
2.3 Isıl-Termofizyolojik Konfor ile İlgili Kavramlar .....	23
2.3.1 Kumaşların ısıl iletim özellikleri .....	23
2.3.2 Kumaşların nem iletim özellikleri .....	26
2.3.3 Kumaşların hava geçirgenlik özellikleri .....	30

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.4 Kumaşlarda Isı Transfer Mekanizmaları.....	30
3.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	33
3.1 Giysi Konforu ile İlgili Çalışmalar .....	33
3.2 Kumaş Konfor Parametrelerinin Modellenmesi ile İlgili Çalışmalar .....	39
3.3 Kumaş Konfor Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahminlenmesi ile İlgili Çalışmalar.....	45
3.4 Çalışmanın Amacı .....	47
4.MATERYAL VE YÖNTEM.....	49
4.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller .....	49
4.2 İplik Üretimi.....	49
4.3 Kumaş Üretimi .....	50
4.4 Uygulanan Testler .....	51
4.4.1 İplik testleri .....	51
4.4.2 Kumaş testleri.....	52
4.4.3 Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan metotlar .....	56
5.BULGULAR.....	62
5.1 İplik Çaplarına Ait Bulgular.....	62
5.2 İplik Numaralarına Ait Bulgular .....	62
5.3 Kumaşların İlmek İplik Uzunluklarına Ait Bulgular .....	63
5.4 Kumaşların Birim Uzunlukta ve Birim Alandaki İlmek Sayılarına Ait Bulgular.....	65
5.5 Kumaşların Kalınlıklarına Ait Bulgular.....	70

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.6 Kumaşların Gramajlarına Ait Bulgular.....	72
5.7 Kumaşların Gözenekliliklerine Ait Bulgular .....	74
5.8 Kumaşların Hava Geçirgenliklerine Ait Bulgular .....	76
5.9 Kumaşların Isıl Dirençlerine Ait Bulgular.....	78
6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	83
6.1 Kumaş Isıl Direncine Etki Eden Faktörlerin Varyans Analizi ile İncelenmesi	83
6.2 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Regresyon Yöntemi ile Tahminlenmesi .....	84
6.3 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi (YSA) ile Tahminlenmesi .....	99
6.4 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Matematik Modellemesi .....	116
6.5 Oluşturulan Modellerin Bir Örnek Üzerinde Uygulaması.....	124
6.5.1 Elde edilen regresyon denklemleri ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerinin tahminlenmesi .....	125
6.5.2 Elde edilen yapay sinir ağı ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerinin tahminlenmesi.....	130
6.5.3 Elde edilen matematiksel model ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerinin tahminlenmesi.....	131
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	133
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	136
ÖZGEÇMİŞ .....	150
EKLER .....	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Mikroklimalayı etkileyen faktörler.....	8
2.2. Kumaş kalınlığının ısı dirence etkisi .....	21
3.1 Bazı örme kumaşların ısı iletkenlik değerlerine nemin etkisi. ....	34
4.1 USTER TESTER 5 S800.....	52
4.2 Air Permeability Tester FX 3300 .....	54
4.3 ALAMBETA test cihazı .....	54
4.4 Alambeta cihazı şeması .....	55
4.5 Biyolojik nöronun genel yapısı ve işlevleri .....	58
4.6 Yapay sinir ağı.....	59
4.7 a) Tek katmanlı ileri sürümlü b) Çok katmanlı (3-4-2) ileri sürümlü ağ...60	
5.1 İpliklerin ortalama çap değerleri (mm).....	62
5.2 Ortalama iplik numarası (Ne) .....	63
5.3 Ortalama ilmek iplik uzunluğu değerleri (mm).....	64
5.4 Ortalama çubuk sıklığı değerleri (Çubuk sayısı/cm).....	66
5.5 Ortalama sıra sıklığı değerleri (Sıra sayısı/cm) .....	67
5.6 İlmek yoğunluğu değerleri (ilmek sayısı/cm <sup>2</sup> ) .....	69
5.7 Ortalama kalınlık değerleri (mm) .....	71
5.8 Ortalama gramaj değerleri (g/m <sup>2</sup> ).....	73
5.9 Gözeneklilik değerleri (%) .....	75

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.10 Ortalama hava geçirgenliği değerleri (l/m <sup>2</sup> /s) .....	77
5.11 Pamuklu kumaşların ortalama ısı direnç değerleri (10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> K/W).....	79
5.12 Poliester kumaşların ortalama ısı direnç değerleri (10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> K/W).....	80
5.13 Modal kumaşların ortalama ısı direnç değerleri (10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> K/W) .....	81
5.14 Akrilik kumaşların ortalama ısı direnç değerleri (10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> K/W) .....	82
6.1 Tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki.....	86
6.2 Farklı nem oranlarındaki ısı direncin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	87
6.3 Mutlak kuru durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki.....	88
6.4 Mutlak kuru durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	89
6.5 %25 nemli durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki .....	91
6.6 %25 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	91
6.7 %50 nemli durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki.....	94
6.8 %50 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	94
6.9 %75 nemli durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki .....	96
6.10 %75 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	96

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.11 %100 nemli durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki .....	98
6.12 %100 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler .....	99
6.13 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağı .....	100
6.14 Kumaşların öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	103
6.15 Kumaşların test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	103
6.16 Kumaşların tüm verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	104
6.17 Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağı .....	105
6.18 Mutlak kuru durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	108
6.19 Mutlak kuru durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	109
6.20 Mutlak kuru durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	109
6.21 % 25 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	110
6.22 % 25 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	110



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.23 %25 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	111
6.24 % 50 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	111
6.25 % 50 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	112
6.26 %50 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	112
6.27 %75 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	113
6.28 %75 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	113
6.29 %75 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	114
6.30 %100 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	114
Şekil 6.31 %100 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	115
6.32 %100 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri .....	115
6.33 Pamuklu kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer .....	123
6.34 Poliester kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer .....	123
6.35 Modal kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer.....	124
6.36 Akrilik kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer.....	124

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.37 Ölçülen değerler ile farklı nem oranları için elde edilen regresyon denklemi kullanılarak tahminlenen değerlerin karşılaştırılması .....	127
6.38 Ölçülen değerler ile farklı nem oranları için ayrı ayrı elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak tahminlenen değerlerin karşılaştırılması.....	129
6.39 Ölçülen değerler ile su miktarının girdi olarak dahil edildiği yapay sinir ağı ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması .....	130
6.40 Ölçülen değer ile farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini aynı anda tahminleyen yapay sinir ağı ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması .....	131
6.41 Ölçülen değerler ile matematiksel modelden elde edilen değerlerin karşılaştırılması .....	132

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 İnsan sağlığını ve dolayısıyla konforunu doğrudan ilgilendiren vücut sıcaklıkları (Havenith, 2002) .....	9
2.2 Kuru liflerin özgül ısıları (Morton and Hearle, 1986).....	23
2.3 Bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri .....	24
2.4 Vücut hareketliliğine bağlı olarak oluşan terleme durumu. ....	27
4.1 Çalışmada kullanılan lif özellikleri .....	49
4.2 Kumaş üretim planı .....	50
4.3 Kumaşlara uygulanan yıkama reçeteleri .....	51
4.4 Transfer fonksiyonları (Hagan ve ark., 1996).....	59
6.1 Çalışmada incelenen faktörler ile bağımlı değişkenler arasındaki varyans analizine ait p değerleri.....	83
6.2 Farklı nem oranları için elde edilen ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	84
6.3 Farklı nem oranları için düzenlenen ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	85
6.4 Farklı nem oranlarındaki ısı direncin regresyon denkleminde ait varyans analizi.....	85
6.5 Mutlak kuru durumdaki ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri.....	88
6.6 Mutlak kuru durumdaki ısı direncin regresyon denkleminde ait varyans analizi.....	88
6.7 %25 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri.....	90

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.8 %25 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi...	90
6.9 %50 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	92
6.10 %50 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	93
6.11 %50 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi...	93
6.12 % 75 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	95
6.13 %75 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi...	95
6.14 % 100 nem oranında ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri .....	97
6.15 %100 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi.	97
6.16 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait eşik ve ağırlık değerleri .....	101
6.17 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesinde kullanılan girdilere ait hassasiyet analiz sonuçları .....	102
6.18 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri .....	102
6.19 Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait eşik ve ağırlık değerleri .....	105

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.20 Farklı nem oranlarında ısııl direnç tahminlenmesinde kullanılan girdilere ait hassasiyet analiz sonuçları.....	106
6.21 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (mutlak kuru).....	106
6.22 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%25 nem).....	107
6.23 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%50 nem).....	107
6.24 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%75 nem).....	107
6.25 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%100 nem).....	108
6.26 Mutlak kuru ve %100 nem için ortalama mutlak hata değerleri.....	117
6.27 %25, %50 ve %75 nem için ortalama mutlak hata değerleri.....	118
6.28 Pamuklu kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri.....	119
6.29 Poliester kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri.....	120
6.30 Modal kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri.....	121
6.31 Akriklik kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri.....	122
6.32 Modelleri denemek için kullanılan viskon kumaş özellikleri.....	125
6.33 Farklı nem oranlarındaki ısııl direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ).....	125
6.34 Farklı nem oranları için elde edilen regresyon denklemi kullanılarak hesaplanan ısııl direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ).....	126

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.35 Farklı nem oranları için ayrı ayrı elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak hesaplanan ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ).....	129
6.36 Su miktarının girdi olarak dahil edildiği yapay sinir ağından elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ) .....	130
6.37 Farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini aynı anda tahminleyen yapay sinir ağı ile elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ).....	131
6.38 Matematik modelden elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ ) .....	131

## 1.GİRİŞ

Tekstil teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak insanların yaşam standartlarının yükselmesi sonucu, artık kumaş ve giysilerden beklenen sadece sağlamlık, estetik, tasarım ve moda uygunluk değildir. Yoğun çalışma saatleri dışındaki serbest zamanlarda kendisini rahat hissetmek isteyen günümüz insanı, giysilerden farklı beklentiler içerisindedir ve bu bağlamda giysi konforu büyük önem taşımaktadır (Marmaralı vd., 2006a).

Giysi konforu, insan ve çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik ve fiziksel uyumun bir sonucu ve psikolojik, fizyolojik ve fiziksel konfor algısının toplamı olarak ifade edilebilmektedir (Güneşoğlu, 2005).

Bu çalışmanın konusu olan ısı- termofizyolojik giysi konforu ise insan vücudu ile çevresi arasındaki ısı denge ile ilgilidir (Grabowska, 2001). Bu denge metabolizmada veya çevresel koşullarda oluşan bir değişiklik ile bozulacaktır. Metabolizma bu değişiklik karşısında vücuttan ısı iletimini terleyerek arttırmak veya vücuttan ısı iletimini damarların büzülmesi ile azaltarak dengeyi korumaya çalışacaktır. Ancak var olan bu dengeli halin sürmesi, yani konforlu durumun korunması giysinin özellikleri ile çok yakından ilişkilidir.

Giysinin vücut ile çevre arasında bulunmasından dolayı, özellikleri her iklim şartında çok önemli olmaktadır. Giysinin çevresel şartlara ve fiziksel aktiviteye uygun seçilmesi, kişinin konforlu halde bulunması için önemlidir. Giysi, insan vücudu için belirli bir izolasyon sağlamaktadır. Bu izolasyonun artması, soğuk havalarda vücuttan ısı kaybını azaltacağı için önemli ve gerekli olmakta iken, sıcak havalarda giysi, vücutta oluşan ısıyı vücuttan uzaklaştırılmasına bir bariyer oluşturacaktır.

Yüksek sıcaklıklarda veya ağır aktivite seviyelerinde oluşan aşırı terleme ile giysinin nem seviyesinin değişmesi, kumaşın ısı direnç özelliğini değiştirecektir. Bu sebeple, özellikle spor giysilik ve yazlık giysiliklerde kullanılan kumaşların nemli haldeki ısı direnç özelliklerinin de belirlenmesi ve değerlendirilmesinin önemli olduğu görülmektedir.

Bu amaçla, tez çalışmasında spor giysilik olarak tercih edilen pamuk, poliester, modal ve akrilik düz örgü kumaşların farklı oranlarda ısı direnç

değerlerindeki değişimler incelenmiş ve tahmin edilmiştir. Bunun için öncelikle farklı iplik numaralarından ve üç farklı sıklıkta üretilen düz örgü kumaşların ısı özelliklerini etkileyen fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra bu kumaşların 5 farklı nem seviyesinde ısı direnç değerleri Alambeta cihazında ölçülerek alınan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında kumaşların bilinen fiziksel özellikleri kullanılarak farklı nem seviyelerindeki ısı direnç özellikleri tahminlenmiş ve modellenmiştir. Tahminleme için regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemleri tercih edilmiş, aynı zamanda kumaşların ısı dirençleri matematiksel olarak modellenmiştir.

Çalışmanın son kısmında ise, deney planında bulunmayan bir kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerleri, üç farklı yöntem ile belirlenmiş ve ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır.



## 2.GİYSİ KONFORU

Konfor birçok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Kullanıcının kendisini iyi hissetme olgusu, ürettiği metabolik enerji ile çevresine aktardığı enerji arasındaki dengeye bağlıdır. Bu enerji dengesi, vücudun ısıtma veya soğutma yeteneğine bağlıdır ve giysiler bu yeteneğin sınırlarını belirlemektedir (Güneşoğlu, 2005). Hollies ve Fourt (1970) konforun, ısı (termal) ve termal olmayan bileşenleri içeren, kullanıcının durumu ve çevresel şartlara bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Konfor kavramı pek çok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir;

- Genel olarak iyi hissetme durumudur (Sontag,1985).
- İnsan ile çevresi arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumdur (Slater, 1985).
- Nötr duygu, acı çekmeme ve giyilen giysinin farkında olunmaması durumudur (Smith, 1993).
- Acıdan ve konforsuzluktan bağımsız, nöral durumdur (Li, 2001).
- Kumaş ve giysilerin ısı / nem transfer özellikleri ile mekanik özelliklerinin kompleks etkisidir (Hes, 2002).
- Memnuniyetsizlik veya konforsuzluk olmama durumudur (Oğlakçioğlu and Marmaralı, 2007).

Hes vd. (2001), giysinin vücutla temasında oluşan kuvvet, giysinin deforme olabilme yeteneği, kumaşa dokunulduğunda algılanan rijitlik, sertlik, yumuşaklık gibi fiziksel özelliklerin konfor değerlendirmesi üzerine etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Birçok araştırmacının ortak fikri, konforun nötr bir his olduğudur. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için hava sıcaklığı, rüzgar hızı, gürültü, ışık, nem gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyne gönderilmemiş olması gerekmektedir. Bu çevresel faktörlerden herhangi birine karşı, giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak hissedilen memnuniyetsizlik duygusu konforu ortadan kaldıracaktır (Kadolph, 1998). 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, subjektif bir kavramdır.

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

- Termofizyolojik konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır, kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekanizmalarını kapsamaktadır.
- Dokunsal konfor, tekstil materyalinin deriyle teması sonucu ortaya çıkan nörolojik algılardır.
- Vücut hareket konforu, giysinin vücut hareketlerine imkan tanınması, vücuda uygulanan basıncı minimuma indirmesidir.
- Estetik konfor, kişinin psikolojisini etkileyen giysi özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır (Li, 2001).

## 2.1 Konforun Sınıflandırılması

Bir giysinin konforlu olması fizyolojik, duyuşal, estetik, renk ve beden faktörlerinin tümünün bir bileşimidir. Fizyolojik konfor insan vücudunun yaşamını sürdürmesi için gerekli yeterliliği; psikolojik konfor, beynin yeterli fonksiyonları sağlayabilme yetisi ve fiziksel konfor, çevrenin vücuda olan etkileri ile ilgilidir. Konforun nasıl algılandığını anlayabilmek için insan-giysi sistemini fiziksel, duyuşal ve psikolojik olarak etrafını kuşatan çevre ile bir dinamik etkileşim içinde olduğunu kabul etmek gerekir. Bu sistemde giysiyi giyen kişinin konfor durumuna karar verebilmesi için karşılıklı olarak pek çok etkileşim meydana gelmektedir (Marmaralı vd., 2006b).

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır:

- Vücuda fiziksel uyarılar sağlayan, giysi ile onu çevreleyen atmosfer arasındaki fiziksel etkileşimler; giyside ısı ve nem aktarımı, vücut ile giysi arasındaki mekanik etkileşimler, giysinin ışığı absorblaması veya yansıtması vb.
- Vücudun fizyolojik durumunu ve kritik anlarda yaşamı sürdürebilmesini belirleyen fizyolojik etkileşimler; vücudun ısı dengesi, giysi ile çevre arasında dinamik etkileşimler vb.

- 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 etkileşimdedir. Yaşamı sürdürme ve vücut konforu için fiziksel şartları belirleyen çevre ve giysideki fiziksel etkileşimler fizik kurallarını, vücudun ısı düzenlemesi ve derinin duyuşal tepkileri fizyoloji kurallarını takip etmektedir. Isıl düzenleme ve duyuşal sistemler vücudun yaşamsal işlevlerini karşılayabilecek uygun fizyolojiyi sağlamak ve konfor durumunu etkileyen çeşitli fiziksel şartları beyne bildirmek için giysi ve çevreden gelen fiziksel uyarılara cevap verir. Psikolojik işlemler en karmaşık olanlardır. Beyin, sinir uçlarından ve duyuşal sinyallerden elde ettiği algılamaları formüle eder ve bu duyuşal algılamaları geçmiş tecrübeler, iç isteklere ve dış etkilere karşı değerlendirerek, tüm bu konfor durumlarının sübjektif algılamasını, değerlendirmesini ve tercihlerini yapar (Li 2001).

Diğer taraftan beynin psikolojik gücü terleme, kan akışının düzenlenmesi, titreme gibi vücudun fizyolojik durumunu etkileyebilir. Bu fizyolojik değişimler, giysi ve dış çevre içindeki fiziksel işlemleri değiştirir (Li 2001).

Tekstil ürünlerinde konfor özellikleri; psikolojik konfor, duyuşal konfor, vücut hareketi konforu ve ısı-termodüzyolojik konfor olarak incelenmektedir.

### **2.1.1 Psikolojik konfor**

Psikolojik giysi konforu; giysiyi giyen kişinin giysiden beklentileri ve hissettiği rahattır (Çeğindir ve Üstün, 2009). Psikolojik konfor, kullanıcının kendisini giysi içerisinde iyi hissetmesini sağlayan göz, el, kulak ve burundan aldığı özel idrak olarak da tanımlanabilir (Marmaralı vd., 2006b). Psikolojik giysi konforu; modadan, kişisel tercihlerden, ideolojiden vb. etkilenmektedir (Shishoo, 2005).

### 2.1.2 Duyusal konfor

Duyusal konfor, tekstil mamulünün deri ile teması sonucu çeşitli sinirsel duyuların oluşturduğu konfordur (Senthilkumar and Dasaradan, 2007). 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). Giysinin ten ile teması sonucu ortaya çıkacak algılar, yumuşaklık ve pürüzsüzlük gibi memnun edici olabildiği gibi, tekstil ürününün sert, kaşındırıcı olması veya terleme sonucu cilde yapışması durumunda kişiye rahatsızlık verebilen hisler de olabilir (Shishoo, 2005).

### 2.1.3 Vücut hareketi konforu

Vücut hareketi konforu, bir tekstil mamulünün vücut hareketlerini engellememesi, özgür hareket sağlaması, ağır olmaması ve vücut şekline uygun olmasıdır (Marmaralı vd., 2006b).

Tüketiciyi ilk etapta giysinin rengi modeli, kumaşı etkiler gözüktüğü de giysinin vücuda uyumu ve hareket serbestliği sağlaması ön planda gelir. Özellikle fonksiyonel giysilerde uyum ve hareket serbestliği, estetik özelliklerden önce geldiği için kalıpların oluşturulmasında giysi fonksiyonlarına dikkat etmek gerekmektedir. Her giysi farklı amaca yönelik olduğu için farklı kalıplar kullanılmaktadır. Ancak bütün giysilerin ortak amacı vücut hareketlerinin giysi tarafından engellenmemesidir (Erdoğan ve İllez, 2004).

Bir tekstil ürününün, hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, vücut hareketi konforu olduğundan söz edilebilir (Güneşoğlu, 2005).

### 2.1.4 Isıl-termofizyolojik konfor

Giysi sistemi içerisinde kumaşların temel fonksiyonu, tüm çevresel koşullar için ve tüm vücut aktivitesi seviyelerinde, ısı denge, iç ve deri sıcaklığı ve buhar veya sıvı olarak terleme durumu ile ilgili olarak vücudun fizyolojik olarak kabul edilebilir durumunu sürdürmesini sağlamaktır (Ukponmwan, 1993).

Isıl konfor, Slater'in (1985) tanımına göre en geniş haliyle insan vücudunun hayatını sürdürebilme yeteneğidir. Li de ısı konforu, kumaşların ısı ve nem iletimi özelliklerinin kullanılarak, ısı ve nem açısından konforlu duruma ulaşma olarak tanımlamıştır (Li, 2001).

Grabowska (2001), fizyolojik konforu insan vücudu ile çevre arasındaki termal enerji dengesinin kurulmasıyla ilişkilendirmiştir. Fizyolojik konfor; hava geçirgenliği, termal izolasyon, buhar geçirgenliği, nem absorpsiyonu, nem iletimi gibi kumaş özelliklerinden etkilenmektedir. İnsanların giysilerinde fizyolojik olarak kendilerini konforlu hissetmeleri, sıcak iklimlerde veya aktif durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesine bağlıdır. Bu amaçla dış sıcaklık veya aktivite düzeyi yükseldiğinde, vücutta oluşan ter buharlaştırılarak konforlu durumun sürdürülmesi sağlanır. 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 and Holcombe, 1996).

Giysi içerisinden ısı ve su buharı transferi, termofizyolojik giysi konforu için en önemli faktörler olarak kabul edilmektedir. Kumaşların konfor performanslarını belirleyen başlıca mekanizma, vücut ve çevresi arasında olan ısı alışverişi ve bunun yanı sıra terin hızlı bir şekilde dışarıya atılması olmaktadır (Milenkovic et al., 1999).

Termofizyolojik konfor, kumaş ile mikroklima arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (Simile, 2004). Kişinin konfor hissini belirleyen, insan teni ile giysi arasında kalan ve mikroklima olarak da adlandırılan hava tabakasıdır. Mikroklima, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi çevresel faktörler ile insan ve giysi faktörlerinden etkilenmektedir (Yoo et al., 2000).



Şekil 2.1 Mikroklimayı etkileyen faktörler (Yoo et al., 2000)

Fizyolojik olarak insan deri sıcaklığı 33-35 °C arasında iken ve deri üzerinde sıvı ter birikmediği durumda konforlu hissetmektedir. Vücudun metabolik oranındaki veya çevre şartlarındaki değişimlerin aşırı olmadığı durumda, ter üretimi ve uzaklaştırılması bu değişimlere uyum sağlamak için vücudun kullandığı temel mekanizmadır. Giysi, ısı üretim oranı ile ısı uzaklaştırma oranı arasındaki dengeyi, derinin hemen yanında tutulan hava katmanında mikroklima yaratarak değiştirecektir. Giysi, giyenin aktivitesine ve çevresel koşulların aralığına bağlı olarak konforlu veya konforsuz olarak tanımlanır (Ukponmwan, 1993).

Hareket, vücut sıcaklığını artırır. Hafif bir çalışma için vücut sıcaklığı 38 °C iken, ağır bir harekette (örneğin maraton koşma) 40 °C'ye ulaşabilmektedir. Vücut sıcaklığının sürekli 37 °C'de tutulabilmesi için, oluşan bu fazla ısının dışarı atılması gerekir. Bu ısının % 10'u nefes alıp verme sırasında, geri kalan bölümü ise deri yoluyla uzaklaştırılmaktadır. Yani deri insanın ısı dengesinin düzenlenmesinde en önemli organdır (Seventekin, 1988).

Vücuttan ısı transferi nedeniyle vücut sıcaklığı düşer ve vücut serinlik hisseder. Vücut ve çevre sıcaklığı arasındaki fark arttıkça, ısı akışı da artar. Isı akışı insanın ürettiği ısı miktarını aşarsa, cilt damarlarının büzülmesi sonucu cilt tabakalarındaki kan dolaşımı düşer ve sonuçta cilt sıcaklığının düşmesi ile ısı akışının azalması sağlanır. Ancak vücuda özgü bu ayar mekanizması çok fazla etkili değildir. İşte burada giysiler ısı izolasyonu sağlayarak ısı akışını azaltıcı yönde etki gösterirler. Giysinin sağladığı ısı izolasyonu, o andaki iklim şartlarına ve giysiyi giyenin faaliyetine de bağlıdır. Eğer giysinin ısı izolasyonu düşük ise ısı

akışı fazla olacağından, vücudun ısı içeriği düşmeye ve sonucunda insan üşümeye başlar. Bu durum derece derece soğumaya ve aşırı hallerde donmaya neden olabilir (Seventekin, 1988).

Deri sıcaklığı 33,4°C olduğunda konfor hissinin en fazla olduğu düşünülmektedir. Vücudun herhangi bir kısmındaki deri sıcaklığı bu ideal sıcaklıktan 1,5-3°C kadar bir aralıkta farklılaşma gösterdiğinde konfor hissi devam eder. Eğer fark  $\pm 4,5^\circ\text{C}$ 'den fazla olursa insan vücudu konforsuzluk hisseder. Ayrıca, deri sıcaklığının 36,5°C'ye göre 1,5°C'lik artışı ya da düşüşü hayati tehlike yaratabilir. Hipotermi, deri sıcaklığının 35°C'nin altına düşmesiyle meydana gelebilir. Sabit deri sıcaklığı, gövde için yaklaşık 34-36,5°C, eller ve ayaklar için 25,5-27,5°C, kollar ve bacaklar için 27-30°C olarak ifade edilebilir (Önder and Sarier, 2004). Deri sıcaklığının, dolayısıyla termofizyolojik konforun belirlenmesindeki baskın faktör çevre sıcaklığıdır. Çevre sıcaklığı, standart kuru termometre ile ölçülen (kuru termometre sıcaklığı) değerdir (Önder and Sarier, 2004; Kaplan ve Okur, 2005).

Çizelge 2.1 İnsan sağlığını ve dolayısıyla konforunu doğrudan ilgilendiren vücut sıcaklıkları (Havenith, 2002)

Vücut çekirdek sıcaklığı (°C)	Koşul	Ortalama deri sıcaklığı (°C)	Konfor hissi	Deri Nemi (%)	Bölgesel deri sıcaklığı (°C)	Koşul
44	İsi çarpması, beyin zararı		Çok Konforsuz	60	> 45	Deri yanığı, zamana bağlı
41	Ateş terapisi	36		40	45	Acı
	Çok ağır egzersiz	35	Az Konforlu	20		
38	Egzersiz	34		6	25	Serin
37	Normal dinlenme koşulu	33	Konforlu		20	Yetenek azalması
36		32	Az Konforlu		15	Acı
35	Titreme	31			7	Hissizlik
33	Bilinç kaybı Karnıçığın liflerine ayrılması	30	Konforsuz		-0,5	Soğuk ısırması
31	"Ölüm"					
14	Tamamen iyileşme sağlanabilen ölçülen en düşük sıcaklık					

Çizelge 2.1'de, çeşitli vücut sıcaklıklarında hissedilen konfor durumu görülmektedir. Bu çizelgeden görüldüğü gibi, deri sıcaklığı ortalama 33 °C civarındayken ısı konfor sağlanmaktadır. Deri yaşlığı, yani % olarak vücudun

tümüyle ıslanan bölümünün toplam alana oranı arttıkça konforsuzluk durumu başlamaktadır. Son sütunda yanma ve donma gibi ekstrem durumlar için söz konusu olan deri sıcaklıkları ve hissedilenler görülmektedir (Marmaralı vd., 2006b).

Geraldes vd. (2001) ise, hareketsiz iken termofizyolojik açıdan konforlu hissedebilmek için deri sıcaklığının 31,5°C ve 32,5°C arasında olması ve derinin hemen üzerindeki havanın bağıl nem değerinin %60'dan fazla olmaması gerektiğini; çalışma halindeyken ise, bağıl nem değerinin %70'ten daha düşük ve deri sıcaklığının 33,5°C ve 34,5°C arasında olduğu durumda konfor halinin süreceğini ifade etmişlerdir.

## **2.2 Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler**

Mikroklimayı, dolayısı ile termofizyolojik konforu etkileyen parametreler üç başlık altında incelenmektedir.

### **2.2.1 Çevre parametreleri**

Kişinin kendisini konforlu hissetmesi, çevre ile insan vücudu arasında bir ısı denge oluşmasına bağlı olduğundan dolayı; çevre klima şartlarında oluşan değişimler kişinin konfor hissini etkilemektedir. Bu konuda yapılan bazı çalışmaların sonuçları da bu durumu göstermektedir.

Havadaki rutubet miktarı (nem yoğunluğu) deriden çevreye buhar formunda nem akışını (terleme) belirler. Genellikle, derideki nem yoğunluğu çevreden fazla olduğu için, deriden buharlaşma ile ısı kaybı gerçekleşir. Ters durumlarında (çevre nem yoğunluğunun deriden fazla olması durumunda) insan aşırı rahatsızlık hisseder (Havenith, 2002; Marmaralı vd., 2006a).

Havadaki nem oranının yükselmesi, kumaşın nem alımını arttırmakta ve bu sebeple kumaşın ısı iletkenliğini yükseltmektedir. Aynı zamanda çevresel sıcaklık ve ısı enerji kaybı arasındaki ilişki, iletim ve/veya taşınım ile oluşan ısı transferinin çevresel sıcaklıktan etkilendiğini göstermektedir (Ukponmwan, 1993). Isı kaybı çevre sıcaklığının düşmesi ile artmaktadır (Celcar et al., 2008)

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



alır (Havenith, 2002; Marmaralı vd., 2006a). Çevre sıcaklığının deri sıcaklığından daha düşük olduğu durumda, kumaşın hava geçirgenliğinin yüksek olması ısı kaybını arttıracaktır. Bu durumda kumaşın hava geçirgenliği konfor açısından önemli bir parametredir. Çevre sıcaklığının deri sıcaklığından daha yüksek olduğu durumda ise, kumaşın nem iletim özellikleri, oluşan terin deri yüzeyinden uzaklaştırılması ve buharlaşması özelliklerini belirlediği için daha önemli bir parametre olacaktır (Zhang et al., 2002).

$25 \pm 1$  °C sıcaklık ve  $\% 50 \pm 2$  bağıl nem koşullarında deneysel çalışmada kullanılan düşük gramajlı, yüksek kalınlık ve hava geçirgenliğine sahip olan kumaşlar ısıl özellikler açısından; hava geçirgenliği, nem geri alımı ve dikey kapilarite yüksekliği daha yüksek olan kumaşlar da nem iletim özellikleri açısından daha konforlu bulunmuştur.  $33 \pm 1$  °C sıcaklık ve  $\%80 \pm 2$  bağıl nem koşullarında ise deneysel çalışmada kullanılan düşük kalınlıkta, düşük gramajlı ve yüksek hava geçirgenliği olan kumaşların ısıl konfor özelliklerinin daha iyi, düşük nem geri alımı, yüksek hava geçirgenliği ve yüksek dikey kapilarite değerlerine sahip kumaşların ise nem iletim özellikleri açısından daha konforlu olduğu belirtilmektedir (Yanga et al., 2008). Düşük sıcaklık ve daha yüksek nemdeki iklimsel koşullarda kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri yükselmektedir. İklim şartlarına göre giysiden beklenen konfor özellikleri de değişmektedir (Skenderi et al.,2009).

Rüzgar, ısıl izolasyonu ve dolayısı ile giysilerin ısıl özelliklerini değiştirmektedir. Taşınım ve ışıma ile ısı iletiminde, artan rüzgar hızı ile ısı iletimi de artar. Bu yüzden eğer hava rüzgârlı ise, vücut soğuk havada daha çabuk soğur, sıcak havada daha çabuk ısınır. Giysinin dışındaki durgun hava tabakası, dıştaki kumaş katmanının hava geçirgenliğine bağlı olarak, gözenek ve açıklıklarından girerek aradaki hava tabakasını olumsuz yönde etkiler. Çünkü kumaş katmanları arasındaki hava ne kadar hareketsiz olursa giysinin ısı yalıtımı o kadar yüksek olur (Havenith, 2002; Marmaralı vd., 2006a). Rüzgarlı havada kumaşın dış yüzeyinde ve içinde bulunan ve izolasyon sağlayan hareketsiz hava tabakasının yer değiştirmesi ile giysinin ısıl izolasyon özelliği düşmektedir (Ukponmwan, 1993).

Rüzgar ile oluşan hava akışı su buharı ve ısı transferinin artmasına neden olmaktadır. Hava akışının artışı kumaşın hava geçirgenlik özelliğine bağlıdır. Hava geçirgenliği düşük kumaşların içerisinden hava akışı düşük olacağından dolayı, bu tip kumaşların su buharı geçirgenliği ve ısıl direnç değerleri rüzgar ile

çok fazla değişmemektedir. Ancak hava geçirgenlik değerleri yüksek olan örme kumaşların su buharı geçirgenliği ve ısı izolasyon değerleri rüzgar ile önemli ölçüde değişmektedir (Stuart and Denby, 1983). Rüzgarın kumaşın ısı direncini ve su buharı direncini değiştirmesinin sebebi, kumaş içerisinde bir hava hareketine neden olmasıdır. Bunun yanında rüzgar ile ısı kaybının artacağı da belirtilmektedir (Ukponmwan, 1993).

Yapılan çalışmalar ile rüzgar ile ısı izolasyon arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda oldukça düşük rüzgar hızlarında bile izolasyon değerinin etkisi görülmüştür. 4 m/s'lik rüzgar hızında kumaşın ısı izolasyon değeri, durgun hava ile karşılaştırıldığında yarı yarıya düşmektedir (Ukponmwan, 1993).

Giysi sistemlerinin ısı izolasyon özellikleri 24 mil/saat (10,7 m/s) rüzgar hızına kadar incelendiğinde, toplam izolasyon değerinin çevredeki izolasyon değişimi ile açıklanamayacak kadar fazla düştüğü belirtilmektedir (Ukponmwan, 1993).

Kumaş içerisinde tutulan durgun hava, ısı izolasyon değerini arttırmaktadır. Rüzgarlı koşullarda giyilen giysinin dış katmanının hava geçirmez olması hava hareketini engelleyeceği için tavsiye edilmektedir (Monego, 1955). Havlı kumaşlar ile yapılan bir çalışmada, rüzgar etkisi ile azalan kumaş kalınlığına bağlı olarak ısı izolasyon değerinin önemli ölçüde düşmekte olduğu tespit edilmiştir. Ancak aynı kumaş hava geçirmez bir başka kumaş ile kaplandığında izolasyon kaybının 30 mil/saat rüzgar hızında sadece %18 olduğu görülmüştür. Düşük rüzgar hızlarında (5 mil/saat'e kadar), ısı dirençteki azalma sadece % 5 iken, rüzgar hızı arttığında (20-30 mil/saat) havlı kumaşlar sık dokulu kumaşlar ile kaplansa bile ısı direnç kayıpları önemli hale gelmektedir. Bu sebeple özellikle kuvvetli esen rüzgarda maksimum izolasyonun sağlanması için dış katman olarak kullanılan kumaşın hava geçirmez olması gerekmektedir (Ukponmwan, 1993). Düşük rüzgar hızlarında giysi ısı izolasyonunu etkileyen parametre kumaş kalınlığı iken (Henriksson et al., 2009), rüzgar hızı arttığında kumaşın hava geçirmezlik özelliği ve rüzgarın yaratmış olduğu basınca karşı gösterdiği direnç, kumaşın izolasyon değerinde oluşan düşüşü azaltmaktadır (Henriksson et al., 2009; Babus'Haq et al., 1996). Rüzgarlı koşullarda yüksek hava geçirgenliğine sahip çok katlı giysi sisteminin sağladığı ısı izolasyon değeri, hava geçirgenliği düşük tek katlı bir giysinin ısı izolasyon değeri kadardır (Babus'Haq et al., 1996).

Giysi ile vücut arasında kalan hava boşluğunun ısı izolasyonu üzerindeki etkisi bilinmektedir. Rüzgarsız hava şartlarında, bu hava boşluğu 1 cm kalınlığında olduğunda, rüzgarlı hava şartlarında ise 0,6 cm kalınlığında olduğunda ısı izolasyonu maksimum değere ulaşmaktadır (Chen et al. 2004).

Hava akımının etkisi, vücudun hareketlilik durumuna göre de farklılık gösterebilmektedir. Örneğin 1,1 m/s'lik bir hava akımı varlığında yürüyüş sırasında giysi sisteminin ısı izolasyonu değerinde bir düşüş olmazken, aynı şartlarda ayakta durulması halinde ısı izolasyonu değeri %18 düşmektedir (Nielsen et al., 1985).

### 2.2.2 İnsan parametreleri

Kişinin fiziksel, fizyolojik veya psikolojik durumu değiştiğinde, terleme durumu değişecek ve buna bağlı olarak kendini konforlu hissetmesi için giysinin bu durumda ısı ve nem dengesini sağlaması gerekecektir. Ayrıca terleme ile giysinin nem durumu ve dolayısıyla nem iletim özellikleri, hava geçirgenliği ve ısı özellikleri de değişecektir. Bu konuda yapılmış olan çalışmalar ile insanın fiziksel, fizyolojik veya psikolojik durumundaki değişimin giysi konforunun nasıl etkilendiği incelenmiştir.

Farklı fiziksel aktiviteler giysilerin ısı izolasyonu değerlerinde değişikliğe yol açmaktadır (McCullough and Hong, 1992). Giysinin ısı izolasyonu değeri ayakta durma pozisyonunda maksimum seviyede iken oturma pozisyonunda %8-18 ve bisiklete binme ve yürüme sırasında %30-50 oranında düşmektedir (Nielsen et al., 1985).

Giysi ısı izolasyonu özelliği terleme boyunca düşmektedir. Giysi ısı izolasyonunda meydana gelen bu azalmanın giysi içerisinde biriken su ile olduğu da belirtilmektedir. İzolasyonda meydana gelen bu azalma %2-8 arasındadır. Ayrıca egzersizden sonra kişinin hissettiği ürperme sadece kumaş içerisindeki suyun buharlaşması veya desorpsiyonu sebebi ile vücuttan ısı absorbe edilmesinden kaynaklanmamaktadır. Terleme ile oluşan izolasyondaki düşme de burada etkili olmaktadır (Chen et al., 2003).

Terleme ile deri sıcaklığı ve hissedilen sıcaklık artmaktadır (Bakkevig and Nielsen, 1995). İnsanda fiziksel aktivite sonucu oluşan terlemeye bağlı konforsuzluk hissi oluşmaktadır. Bu his aktivite sonrasındaki dinlenme

periyodunda da devam etmektedir. Yapılan çalışmalar egzersizden önce konforsuzluk hissinin duyuşal konfor özellikleri ile belirlendiğini, ancak egzersizden sonra oluşan konforsuzluk hissinin nem ile ilgili olduğunu göstermiştir (Lau et al., 2002, Fan and Tsang, 2008). Terleme seviyesinin artması ile ısı kaybı artmaktadır (Celcar et al., 2008).

Giysi konforunun subjektif algısı, sıcaklık/ısı ve nem/ıslaklık ile ilgili olarak insanın fizyolojik ve psikolojik tepkilerine dayanarak tahminlenebilir (Wong and Li, 2004).

### 2.2.3 Giysi parametreleri

Giysi, çevre ile insan arasında bir bariyer olarak, bazı durumlarda iklimsel koşullardan insanı korurken, bazı durumlarda da arada ısı iletimine engel olarak konforsuzluk yaratmaktadır. Her iki durumda da giysi parametreleri ısı konfor açısından belirleyicidir. Giyen kişinin, belirli çevre koşulları ve fizyolojik durumda kendisini konforlu hissetmesi için giysiden beklentiler belirlenmeli ve giysi parametreleri buna uygun olarak seçilmelidir. Diğer parametrelerin aksine, giysi parametreleri üzerinde değişiklik yaparak konfor hissini geliştirebileceğimiz parametrelerdir.

Giysi parametrelerinin ısı konforu ne şekilde etkilediğini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda lif, iplik ve kumaş özelliklerinin konfor özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Bu özelliklerden bazıları; lif ve kumaş içerisinde tutulan havanın ısı iletkenliği, lifin özgül ısı, kumaş kalınlığı ve katman sayısı, kumaşın gözenekliliği, lif tipi, kumaş konstrüksiyonu, kumaşa uygulanan bitim işlemleri ve kumaşın temas alanı olarak sayılabilir. Bu araştırmaların bazı sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Kumaştaki sıcaklık dağılımı liflerin nem emiciliğinden, lif tabakasının yoğunluğundan ya da gözenekliliğinden etkilenmektedir (Fan and Cheng, 2005). Lif materyali kumaşın hava geçirgenliği değerini de etkilemektedir. Sentetik liflerden üretilmiş kumaşların hava geçirgenlik değerleri daha yüksektir (Kumpikaitė et al., 2010). Lifiñ ısı iletkenlik değeri ile kumaşın ısı direnci arasındaki korelasyon çok düşüktür ( $R=0,32$ ) (Cubric et al., 2012).

Güneşoğlu vd. (2005), yıkama işleminin kumaş ısı temas hissini belirleyen ana faktör olduğunu, iplik tipi ve lif karışımının daha az öneme sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Hidrofil liflerden üretilmiş kumaşların ısı transfer özellikleri ortamın bağıl nemi %30'dan %98'e arttığında %3-5 oranında düşmektedir. Hidrofob liflerin ısı transfer özellikleri ise bu durumda değişmemektedir (Ukponmwan, 1993). Ayrıca hidrofil lifler, yüksek nem oranlarında şiştiği için kumaş yapısında değişiklikler oluşmakta ve bu değişiklikler hava geçirgenlik özelliklerini değiştirebilmektedir (Gibson et al., 1997). Kumaşta hidrofil liflerin kullanılması nem geri alımını arttırmakta ancak sıvı nem yönetimi özelliklerini etkilememektedir (Yoo and Barker, 2005). Kumaşların ter emicilik özellikleri çevresel koşulların yanında liflerin nem tutuculuğuna (ticari nem) (örneğin pamuk için %8 ve poliester için %0,5) bağlı olmaktadır (Mijović et al., 2009). Lif tipi, vücut tarafından çok büyük miktarda ter üretildiği durumlarda terin dağılımını etkilemektedir (Bakkevig and Nielsen, 1995).

Doğal lifler, yapay liflerden daha yüksek izolasyon sağlamaktadırlar, ve yapay lifler hammaddelerinden bağımsız olarak benzer ısı davranışlar göstermektedir. Bu durumda, ısı özelliklerin kumaş içerisinde tutulan havadan önemli derecede etkilendiği söylenebilir (Babus'Haq et al., 1996). Dokuma kumaş içerisinde poliester oranının artması, ıslak halde ısı soğurganlığı arttırmaktadır (Hes, 1999). Poliester lifi pamuktan daha yüksek tamponlama indeksine sahiptir. Bu sebeple kişi terlemeye başladığı anda pamuklu kumaşları tercih ederken, daha sonraki aşamalarda poliester kumaşları daha konforlu bulmaktadır (Yoo et al., 2000). Sentetik çoraplar, ayağı kuru ve düşük sıcaklıkta tuttuğu için pamuklu çoraplardan daha konforludurlar (Bertaux et al., 2010). Kumaşlarda elastan kullanıldığında kalınlık yaklaşık %100 artmakta ve bu da kumaşın ısı direncinin artmasını sağlamaktadır (Čiukas et al., 2011).

Pamuk, kenevir ve viskon kumaşlar karşılaştırıldığında, kenevir lifinden üretilmiş kumaşların ısı iletkenlik değerleri en düşük, viskon lifinden üretilen kumaşların ise en yüksektir (Stanković et al., 2008). Pamuk/ bambu karışımı kumaşlarda, bambu lifi kumaşların ısı iletkenlik değerlerini düşürmekte, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği değerlerini yükseltmektedir (Majumdar et al., 2010). Pamuk/ akrilik karışımı kumaşlarda akrilik lifi kumaşların boyuna yönde kapilarite, iletim kapilaritesi ve kuruma özelliklerini geliştirmektedir (Çil et al., 2009). Pamuk/ angora karışımı kumaşlarda, angora lifi iplik tüylülüğü, kumaş

kalınlığı ve ısı direnci arttırmakta, ısı iletkenlik, ısı soğurganlık ve bağıl su buharı geçirgenliğini azaltmaktadır (Oğlakçıoğlu et al., 2009). Jüt/pamuk karışımı kumaşlarda, jüt ısı iletkenlik değerini düşürmektedir (Vigneswaran et al., 2009). Ketten kumaşların hava geçirgenliği, ısı izolasyon ve su buharı geçirgenlik değerleri pamuklu kumaşlardan daha yüksektir (Behera, 2007).

Tencel ipliklerden üretilmiş kumaşlar pamuklu kumaşlardan daha düşük ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerlerine ve daha yüksek ısı difüzyon, ısı direnç ve hava geçirgenliği değerlerine sahiptir (Frydrych et al., 2002). Tencel lifi nano yapısı sayesinde yüksek su ve su buharı emiciliğine sahiptirler (Shuster et al., 2006). Pamuk ve pamuk/modal karışımı kumaşların su buharı transferi direnci viskon ve tencel kumaşlardan daha yüksektir. Bu sebeple terin vücuttan uzaklaştırılması daha hızlı olmakta ve viskon ve tencel kumaşlar daha kuru bir his vermektedir (Skenderi et al., 2009).

Mikrolif poliester kumaşların kapilarite özelliği, su damlası emiciliği, kuruma zamanı ve toplam emiciliği normal incelikteki poliester kumaşlardan daha yüksektir (Srinivasan et al., 2007). Lif profilleri ve lineer yoğunluk değerlendirildiğinde, dairesel olmayan liflerde lineer yoğunluktaki artış, kumaş gözenekliliğini ve kumaş içerisinde tutulan havayı arttırdığından dolayı kumaşların ısı direnç ve hava geçirgenlik değerleri yükselmekte, ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri ise düşmektedir. Ayrıca bu kumaşların yüksek gözenekliliklerinden dolayı kapilariteleri ve su buharı geçirgenlikleri de daha yüksektir. Kumaşların ısı soğurganlık özelliğini lif profilleri etkilemektedir. Liflerin lineer yoğunluğu azaldığında, kumaş üzerinde su damlasının yayılma hızı artmaktadır. (Varshney et al., 2010).

Polipropilen lifinden üretilmiş kumaşların nemli haldeki konfor özellikleri ise lif inceliği, karışımda kullanılan diğer lifin özellikleri ve kumaşın konstrüksiyon özelliklerinden etkilenmektedir (Zhang et al., 1999).

Yünlü kumaşların poliester ile vanize olarak örülmesi; ıslanma süresi ve emicilik oranını arttırmaktadır (Zhou et al., 2007). Nem yönetim fonksiyonuna sahip iç giysi ve su geçirmez nefes alabilir bir dış giysiden oluşan koruyucu giysilerin su buharı geçirgenlik değerleri, pamuklu bir iç giysi ve polietilen bir dış giysiden oluşan koruyucu giysinin değerlerinden daha yüksektir (Guo et al., 2008).

Rotor ipliklerden üretilen kumaşların kalınlıkları, friksiyon ve ring iplik eğirme sistemlerinde üretilen kumaşlardan daha yüksek, ısı direnç ve hava geçirgenlik değerleri de daha düşüktür. Ring ipliklerden üretilen kumaşlar en yüksek kapilarite oranlarına ve en düşük su buharı direncine sahiptirler (Behera et al., 1997).

Ring ve kompakt ipliklerden üretilmiş kumaşlar karşılaştırıldığında, kompakt ipliklerden üretilmiş kumaşların kalınlık ve gramajları ile su emicilik ve hava geçirgenliği değerleri daha yüksek, ısı izolasyon değerleri daha düşüktür (Kane et al., 2007). Kompakt ipliklerden üretilen kumaşların hava geçirgenlik değerleri genellikle ring ipliklerden üretilen kumaşlardan daha yüksektir (Mavruz et al., 2011).

Bükümsüz lif demeti, boşluklu lif demeti ve öz-kabuk tipi DREFIII iplikler karşılaştırıldığında, bükümsüz lif demeti kullanılarak üretilen kumaşların hava geçirgenlikleri daha yüksek, boşluklu lif demeti kullanılarak üretilen kumaşların hava geçirgenlikleri daha düşüktür. En düşük ısı direnç özelliğine öz-kabuk tipi DREFIII iplikler kullanılarak üretilen kumaşlar sahiptir. Boşluklu lif demeti kullanılarak üretilen kumaşların su buharı geçirgenlikleri en yüksek, bükümsüz lif demeti kullanılarak üretilenlerin ise en düşüktür. Bükümsüz lif demeti kullanmak kapilarite değerlerini yükseltmektedir, DREFIII ipliklerin kapilarite değerleri ise düşüktür. Su emicilik değerleri karşılaştırıldığında boşluklu lif demeti kullanılarak üretilen kumaşlar en yüksek, bükümsüz lif demeti kullanılanlar en düşük değeri vermektedir (Das and Ishtiaque, 2004).

İnce ipliklerden üretilmiş kumaşların ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri daha düşük, su buharı geçirgenlikleri daha yüksektir. İpliğin büküm katsayısının artması ile ısı direnç değerleri düşmekte, ısı soğurganlık değeri artmaktadır. Penye ipliklerden üretilen kumaşların ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri karde iplik ile üretilen kumaşlardan daha düşük, su buharı geçirgenlik değerleri ise daha yüksektir (Özdil et al., 2007). İnce ipliklerden üretilen kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri daha yüksektir ve daha hızlı kurumaktadırlar. Kalın ipliklerden üretilen kumaşların ise kapilarite değerleri daha iyidir (Çil et al., 2009). İplik inceldikçe ısı iletkenlik değeri azalmakta, ancak hava ve su buharı geçirgenlikleri artmaktadır (Majumdar et al., 2010).

Kalın ipliklerden üretilen kumaşların kumaş kalınlıkları daha yüksek, hava geçirgenlik değerleri daha düşük ve kumaş sıklık faktörleri daha yüksek olduğu için ısı iletkenlik değerleri daha düşüktür (Vigneswaran et al., 2009).

İki tek iplikten oluşan hibrid iplik ve çift katlı ring iplik kullanılarak üretilen kumaşların özellikleri benzerdir. İplik kalınlaştıkça hava geçirgenliği azalmaktadır. Katlı ipliklerin büküm faktörü arttığında hava geçirgenliği artmakta ancak tek katlı ipliğin büküm faktörünün artmasının bir etkisi olmamaktadır (Zaghouani et al., 2007).

Merserizasyon işlemi uygulanan kumaşların ısı dirençleri düşmekte ve soğukluk hissi artmaktadır. Bu sebeple merserize iplikler yaz günleri için daha uygundur. Çift katlı iplik kullanıldığında kumaşların ısı dirençleri artmakta ve soğukluk hissi artmaktadır (Oğlakçoğlu and Marmaralı, 2010).

Viskon ipliklerin tüylü yapısı nedeniyle ısı hem iletim ve hem de taşınım ile gerçekleşmektedir (Stanković et al., 2008).

Kumaşların ısı dirençleri sıklık faktörü arttıkça artmaktadır. Isı direnç değerleri öncelikle kumaşın kalınlığına bağlıdır, lif tipinin önemi çok küçüktür (McGregor and Postle, 2008). Kumaşların ısı direnç özellikleri kalınlıkları ile orantılı olarak artmaktadır (Celcar et al., 2008). Kumaşın kalınlığı ve gramajı ile ısı iletim katsayısı arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır ve korelasyon katsayısı  $R^2=(0,6-0,7)$ 'dir (Korycki and Wiezowska, 2008). Kumaş kalınlığı, gramajı, örtme faktörü ve gözeneklilik değerleri ile kumaşın ısı direnci arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır ( $R=0,93$ ). Bu durumda kumaş içerisinde tutulan havanın, kumaşın ısı direnci için belirleyici faktör olduğu söylenebilir (Cubric et al., 2012).

Kumaş kalınlığı ile sıklık faktörü arttıkça ve hava geçirgenliği düştükçe kumaş ısı iletkenlik değerleri düşmektedir. Sıklık faktörü azaldıkça hava geçirgenlik değerleri artmakta, açık kumaş yapısından dolayı kumaşın ısı iletkenlik değeri de artmaktadır (Vigneswaran et al., 2009).

Kumaş dokuma yapısı hava geçirgenliğini etkilemektedir (Kumpikaitė et al., 2010). Kumaşların hava geçirgenlik değerleri minimum gözenek boyutu ile yüksek bir korelasyona sahiptir (Epps and Leonas, 1997). Örme kumaşlarda sıklık faktörü, kalınlık, gramaj ve relaksasyon tipi kumaşların hava geçirgenlik



değerlerini etkilemektedir. Sıklık faktörü, ilmek yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve gramajı arttıkça hava geçirgenlik değeri azalmaktadır (Mavruz et al., 2011).

Örtme faktörü, kumaşların sıvı iletim özelliklerini etkileyen bir faktördür (Wang et al., 2009). Yüksek gözeneklilik ve düşük örtme faktörüne sahip kumaşların nem transfer özellikleri daha yüksektir (Zhang et al., 1999). Seyrek kumaşların transfer kapilariteleri ve kuruma özellikleri daha iyi, sık kumaşların ise boyuna yönde kapilarite özellikleri daha iyidir (Çil et al., 2009). Kumaşların gözeneklilik değerleri ve nem alım özellikleri ilk temas hissini ve ısı iletkenlik değerlerini etkilemektedir. Kumaşların buhar direnci ve kalınlığı ile nem alımı ve kuruma süreleri arasında ilişki bulunmaktadır. Düşük gözeneklilik ve kalınlık değerlerine sahip kumaşların su buharı iletim oranları yüksektir ve nem yönetim yetenekleri iyidir (Bedek et al., 2011).

Dimi kumaşların kalınlık, hava geçirgenliği ve ısı iletkenlik değerleri bezayağı kumaşlardan daha yüksek,  $q_{max}$  değerleri daha düşüktür. Ayrıca dimi kumaşların kapilarite oranları bezayağı kumaşlardan daha yüksek, su buharı dirençleri daha düşüktür (Behera et al., 1997). Dimi kumaşların yüzeyi bezayağı kumaşlardan daha pürüzsüzdür (Yoo and Barker, 2005).

Kumaş sıklığının artması ile hava geçirgenliğinin azalmasına bağlı olarak kumaşlarda ısı kaybı azalmaktadır. Ribana kumaşlarda, rib sayısı azaldıkça ısı kaybı azalmaktadır. Rib kumaşlarda ilmek sıraları düz bir şekilde yerleştiği takdirde 1x1 rib kumaşların ısı iletkenlikleri diğer kumaşlardan daha yüksek olmaktadır (Uçar and Yılmaz, 2004).

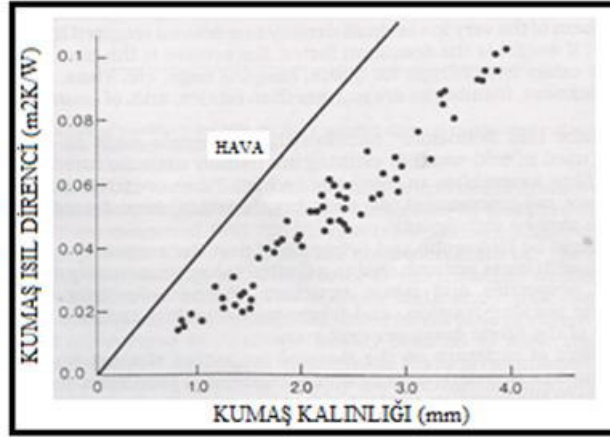
Örme kumaşlarda ilmek iplik uzunluğunun artması ile kumaşın inçteki sıra ve çubuk sayısı, ilmek sıklığı, gramajı, kalınlığı ve sıklık faktörü azalmakta, hava geçirgenliği, su emiciliği artmaktadır. Ayrıca ilmek iplik uzunluğunun artması ile ilmek yoğunluğunun azalmasından dolayı kumaşın ısı direnci düşmektedir. Örme kumaş yapıları karşılaştırıldığında çift pike kumaşlar daha kalın oldukları için ısı dirençleri daha yüksektir. Bunu tek pike, bal peteği ve düz örgü kumaşlar izlemektedir (Kane et al., 2007). Kumaş kalınlığındaki artış, kumaşın ısı iletkenlik değerinden daha fazla olduğu takdirde, ısı direnç de yükselecektir. Düz örgü kumaşlar interlok ve 1x1 ribana kumaşlardan daha düşük ısı iletkenlik ve ısı direnç değerlerine ve daha yüksek bağıl su buharı geçirgenliğine sahiptir. İnterlok kumaşlar, 1x1 ribana kumaşlardan daha yüksek ısı iletkenlik ve daha düşük su buharı geçirgenlikleri göstermektedir (Oğlakçioğlu and Marmaralı,

2007). Kumaşlarda elastan kullanımı ile sıra ve çubuk yoğunluğu artmakta, bu sebeple kumaş daha kalın hale gelmekte, dolayısı ile ısı iletkenlik değerleri düşmektedir (Čiukas et al., 2010).

Düz örgü, ribana ve interlok kumaşlar karşılaştırıldığında, düz örgü kumaşların su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği değerleri diğer kumaşlardan daha yüksektir (Majumdar et al., 2010).

Yünlü düz örgü, yün/poliester ve yün/pamuk vanize örgüler karşılaştırıldığında yün/pamuk vanize kumaşın alt yüzeyine sıvı yayma özelliği daha iyidir ve iyi nem yönetim özelliği göstermektedir (Zhou et al., 2007).

Kumaşların ısı direnç özelliklerinin belirlenmesindeki en önemli faktör kalınlıktır (Şekil 2.2) (Marsh, 1931; Rees 1946; Bandyopadhyay et al., 1987; Morris, 1955; Baxter and Cassie, 1943; Rees, 1941; Peirce and Rees, 1946; Schneider et al., 1992; Holcombe and Holschke, 1983; Hoffmeyer and Slater, 1981) Kumaşların izolasyon değerleri ile kalınlıkları (Speakman and Chamberlain, 1930; Peirce and Rees, 1946; Bandyopadhyay et al., 1987; Morris, 1955; Baxter and Cassie, 1943; Rees, 1941; Rees 1946; Holcombe and Holschke, 1983; Hoffmeyer and Slater, 1981) ve birim alandaki hava hacmi arasında lineere yakın bir ilişki bulunmaktadır (Morris, 1955). Morris (1953), ısı izolasyon ile kumaş kalınlığı arasındaki lineer ilişkinin sadece 0,055 inç'in altında geçerli olduğunu göstermiştir. Baxter ve Cassie (1943), 0,395 inç'e kadar kalınlıklar ile ısı izolasyon değerleri arasında lineer bir ilişki bulmuştur, ancak bundan sonra izolasyon-kalınlık eğrisinin eğimi hızla azalmaktadır. Örme kumaşlarda da taşınım ile ısı iletimi olmadığı durumda, örme konstrüksiyonu, kumaş kalınlığı, gramaj, birim uzunluktaki çubuk ve sıra sayısı ve kumaş yoğunluğunun ısı izolasyon üzerindeki etkileri incelendiğinde, kumaş kalınlığının ısı izolasyon üzerinde belirleyici etkisi görülmektedir (Ukponmwan, 1993). Lif iletkenliğinin ve paketleme faktörünün (iplik yoğunluğu/lif yoğunluğu) kumaşların ısı dirençleri üzerindeki ikinci derecede öneme sahip etkisi vardır (Holcombe and Holschke, 1983).



Şekil 2.2 Kumaş kalınlığının ısı dirence etkisi (Holcombe et al., 1988; Ukponmwan'dan, 1993)

Kumaşların ısı izolasyon özelliği için kalınlık yanında, konstrüksiyon ve kütle yoğunluğu belirleyici faktörlerdir. Aynı konstrüksiyona sahip kumaşlardan, daha kalın olan kumaşın ısı izolasyon değeri daha yüksektir. Aynı kalınlığa sahip kumaşlardan, kütle yoğunluğu daha yüksek olan kumaşın ısı izolasyon özelliği daha düşüktür. Bunun sebebi, kütle yoğunluğu daha yüksek olan kumaşta, havanın daha yüksek ısı iletkenlik değerine sahip lif ile yer değiştirmesidir (Clulow, 1978; Ukponmwan'dan, 1983). Clulow, kütle yoğunluğu, lif oryantasyonu ve yapının gözenekliliğinin de ısı direnç üzerinde etkisi olduğunu, bu sebeple kalınlığın ısı direnç özelliği için kaba bir gösterge olduğunu belirtmektedir (Ukponmwan, 1983). Halılarda da halı içerisinde daha fazla hava tutulabilmesine olanak tanıdığı için daha düşük ilmek sayısı ile daha yüksek ısı izolasyon değerleri sağlanabilmektedir (Sudnik, 1973; Ukponmwan'dan, 1983).

Kumaşların ısı iletkenlik değerleri çevredeki havanın basıncına bağlıdır. Lif yoğunluğu arttıkça ısı iletkenlik değeri artmaktadır (Hoge and Fonseca, 1964). Bir giysinin maksimum izolasyon sağlaması için, kumaşın ışımaya ve hava sirkülasyonuna izin verecek kadar açık yapılı olmaması ve liflerden iletim ile ısı transferinin düşük olması için yoğunluğunun düşük olması gereklidir. Bunun yanında giysi vücudu olabildiğince örtmelidir. İç giysilik kumaşlar yüksek kalınlığa ve düşük kütle yoğunluğuna sahiptir. Genellikle %10 lif ve %90 havadan oluşmaktadır ve kütle yoğunlukları yaklaşık  $0,1 \text{ g/cm}^3$  'dir (Clulow, 1981; Ukponmwan'dan, 1983). Materyalin yoğunluğu düşürülerek ısı izolasyon özelliği

geliştirilebilir. Ancak bu ince lifler kullanılarak sürdürülebilir (Schneider and Holcombe, 1988; Ukponmwan'dan, 1993).

Kumaş kalınlığı giysinin ısı izolasyon özelliğini belirlemenin yanında, kumaşın teri dağıtma yeteneğinin belirlenmesinde de önemli bir etkiye sahiptir. Kalınlık kumaşın nem iletimine karşı direncini de arttırmaktadır. (Ukponmwan, 1993)

Lif tipinin ısı izolasyon özelliği üzerinde önemli bir etkisi yoktur (Holcombe et al., 1988; Ukponmwan'dan, 1993). Yüksek kalınlık ve düşük kütle yoğunluğuna sahip kumaşların ısı izolasyon özellikleri yüksektir. Ancak burada, kullanılan liflerin bu konstrüksiyonlarda üretilebilmeleri ile ilgili olarak, lif özellikleri önemlidir. İzolasyon özelliklerinin belirlenmesinde, liflerin toplanması, iplik içindeki boşlukların şekli ve boyutu önemli olmaktadır. Keten, ipek ve pamuktan ince ve hafif dokumalar üretilebilir. Aynı şekilde yünün doğal yapısı kalın ve hacimli kumaşlar üretmeye uygundur, ayrıca rüzgar ve yağmura karşı direnci de yüksektir.

Isı izolasyon özelliği, öncelikle kumaş yapısı ve özellikle de kumaş kalınlığı ve gözenekliliği ile belirlenmektedir. Bu özelliklerden başka, kumaşın ısı izolasyon özelliği ipliklerin karışım oranına da bağlı olmaktadır. Ancak bu etki, ipliklerin paketleme faktörü (iplik yoğunluğu/lif yoğunluğu) ve karışımında kullanılan liflerin geometrileri ile ilgilidir. Lifen ısı özelliklerinin, ısı izolasyon üzerindeki etkisi çok küçüktür. Bununla birlikte, pamuklu kumaşların ısı dirençleri poliester kumaşlardan daha yüksektir. Poliester liflerin ısı dirençlerini geliştirmek için ipliklerin paketleme faktörü düşürülebilir (Yoon and Buckley, 1984).

Durgun havanın ısı direnci tekstil liflerinden on kat daha fazladır. Metallerin ısı dirençleri ise tekstil liflerinin binde biri kadardır. Buna rağmen ince çelik yünü, aynı incelikteki koyun yününden sadece %12 daha düşük ısı izolasyona sahiptir. Bunun sebebi, lif kütlesi içerisinde büyük miktarda hava tutulmasıdır (Clulow, 1984; Ukponmwan'dan, 1993).

Giysi katmanları arasındaki hava boşlukları, ısı izolasyonu hissedilir şekilde artırır. Bu sebeple, daha yüksek izolasyon için kalın tek katlı giysi yerine birkaç kat ince giysi giyilmesi tavsiye edilir (Clulow, 1981; Ukponmwan'dan, 1993).

## 2.3 Isıl-Termofizyolojik Konfor ile İlgili Kavramlar

### 2.3.1 Kumaşların ısı iletim özellikleri

#### 2.3.1.1 Özgül ısı

Bir birim kütlesindeki maddenin sıcaklığını 1 °K yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır ( $Jg^{-1}K^{-1}$ ). Cam lifleri dışında tüm liflerin özgül ısı değerleri 1,05–1,51 arasında değişmektedir. Suyun özgül ısısı 4,2  $Jg^{-1}K^{-1}$  olup, suyun emilmesi liflerin özgül ısısını artırmaktadır (Marmaralı vd., 2006a). Çizelge 2.2’de çeşitli liflerin özgül ısıları verilmiştir.

Çizelge 2.2 Kuru liflerin özgül ısıları (Morton and Hearle, 1986)

Lif	Özgül ısı (J/gK)
Pamuk	1,21
Rayon	1,26
Yün	1,36
İpek	1,38
Naylon 6	1,43
Poliester	1,34
Akrilik*	1,47
Asbest	1,05
Cam	0,80

(\* Kaynak: Physical Properties of Acrylic Sheets)

#### 2.3.1.2 Isıl iletkenlik ( $\lambda$ )

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

$\lambda = q \cdot h / \Delta T$  (W/mK) formülü ile gösterilir. Formülde,

$q$  = ısı akış miktarı ( $W / m^2$ )

$\Delta T$  = sıcaklık farkı (K)

$h$  = kalınlık (m)’tir (Marmaralı vd., 2006a).

Çizelge 2.3’de bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri verilmektedir.

Çizelge 2.3 Bazı liflerin ısı iletkenlik değerleri

Lif	Isıl İletkenlik (mW/mK)
Pamuk	71
Yün	54
İpek	50
Polivinilklorid	160
Selüloz asetat	230
Naylon	250
Poliester	140
Polietilen	340
Polipropilen	120
Akrilik	190

Havanın ısı iletkenlik değeri 25 mW/mK ve suyun ısı iletkenlik değeri 600 mW/mK'dir. Bu sebeple kumaşların ısı iletkenlik değerleri, ıslanma neticesinde artmaktadır.

### 2.3.1.3 Isıl direnç (R) (Stabil durumda)

Materyalin ısı akışına dayanımıdır.

$R = h / \lambda$  ( m<sup>2</sup> K/W) formülü ile gösterilir. Formülde,

h = kalınlık (m)

$\lambda$  = ısı iletkenlik (W/m K )'tir (Marmaralı vd., 2006a).

Kumaşların ısı direnç özellikleri, giysinin izolasyon yeteneğinin bir ölçüsüdür. Isık direnç, kalınlık ve iletkenlik değerleri ile ilişkilidir. Bu sebeple kumaşların fiziksel özellikleri ısı direnç üzerinde önemli etkiye sahiptir. Morris (1953), kumaşların ısı izolasyonu üzerindeki çalışmaları aşağıdaki şekilde özetlemiştir:

- Kumaşın ısı iletim özelliği yoğunluk ile artmaktadır. Aynı koşullar altında ölçüldüğünde farklı liflerin iletim özelliği arasında çok küçük fark vardır.
- Kumaşın ısı izolasyonu öncelikle lifler ve iplikler arasındaki durgun havaya bağlıdır. Lif tipi küçük bir öneme sahiptir ve istenen ısı iletkenlik

değerindeki kumaş yeterince kalın ve uygun bir dokuma ile herhangi bir liften üretilebilir.

- Kumaş kalınlığı, ısı izolasyonu için en önemli faktördür.
- İki kumaş aynı kalınlıkta olduğunda, düşük yoğunluktaki kumaş daha büyük ısı izolasyonuna sahiptir. Ancak burada kritik yoğunluğun (yaklaşık  $0,006 \text{ gcm}^{-3}$ ) altında taşınım etkisi önemli hale gelmekte ve ısı izolasyonu düşmektedir.
- Kumaşların ısı iletkenlik özellikleri nem içerikleri ile artmaktadır.
- Kumaşın ısı izolasyonu sıcak vücut ile kumaş arasındaki hava boşluğu arttığında artmaktadır. Burada maksimum hava boşluğu yaklaşık 0,3-0,4 inçtir ve bunun üzerindeki değerlerde taşınım etkisinin artması ile ilgili olarak izolasyon düşmektedir.
- Durgun havadaki kumaşın izolasyonu ile karşılaştırıldığında, rüzgar hızının artması ile ısı izolasyonu düşmektedir, etki en az sıkı dokuma kumaşlarda olmaktadır.
- Kumaşın ısı izolasyonu, dış katman olarak ince ve sıkı dokuma kumaş kullanıldığında artmaktadır. Bu artış hissedilir bir hava hareketi olduğunda daha belirgindir.
- Kumaşın ısı-izolasyon değeri ile gramajı arasındaki ilişki çok belirgin değildir, ancak gramajdaki artış ile izolasyon değerinde önemsiz bir artış olmaktadır.

#### **2.3.1.4 Isıl soğurganlık (b) (Gecici durumda)**

Bu parametre, farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır ve uluslararası terminolojide “thermal absorptivity” olarak adlandırılmaktadır (Marmaralı vd., 2006a).

Kumaş ile deri arasındaki ani temas, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru ısı akışı meydana getireceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olmaktadır (Hes, 2000). Isı akışı malzemenin ısı iletkenliği ile artmaktadır. Bir malzeme daha fazla ısı enerji soğurduğunda, bir ısı iletkeni gibi hareket eder ve sıcak bir beden ile ilk temas anında daha soğuk bir his verir (Pac et al., 2001). Bu his tüketiciye bağlı olarak iyi veya kötüdür; çünkü sıcak yaz günlerinde soğuk bir his tercih edilirken, soğuk ortamlarda daha sıcak giysiler aranmaktadır.

Isıl soğurganlık;

$b = (\lambda \rho c)^{1/2}$  ( W s<sup>1/2</sup> /m<sup>2</sup> K) formülü ile gösterilir. Formülde,

$\lambda$  = ısı iletkenlik (W/m K)

$\rho$  = yoğunluk ( kg m<sup>-3</sup>)

$c$ = özgül ısı ( J/ kg K)'dir.

Isıl soğurganlık, kumaş ve cilt sıcaklıkları arasındaki farka dayanmaktadır ve ölçüm süresine bağlıdır. Isıl soğurganlık değeri düşük ise kumaş sıcaklık hissi, yüksek ise soğukluk hissi vermektedir (Marmaralı vd., 2006a).

### **2.3.1.5 Isıl yayılım (a)**

Tekstil materyalinden geçen sıcaklığın yayılım hızının bir ölçüsüdür. Isıl yayılım;

$a = \lambda / \rho c$  (m<sup>2</sup>/s) formülü ile gösterilir. Formülde,

$\lambda$  = ısı iletkenlik (W/m K)

$\rho$  = yoğunluk ( kg m<sup>-3</sup>)

$c$ = özgül ısı ( J/ kg K)'dir (Marmaralı vd., 2006a).

### **2.3.2 Kumaşların nem iletim özellikleri**

Tekstil materyallerinin ıslanması, lif/hava ara yüzeyinin lif/sıvı ara yüzeyiyle yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Tekstil materyalinin sıvıyla ilk teması sonucu ıslanma gerçekleştikten sonra “kapılar ıslanma veya ilerleme” olarak adlandırılan ikinci transfer mekanizması devreye girer (Aksoy, 2011).

Islak bir kumaş içerisindeki suyun hepsi aynı durumda bulunmayıp, kumaş içerisinde bulunduğu yere ve tekstil mamulüyle arasındaki bağ durumuna göre kristal suyu (higroskopik nem), şişme suyu, kapılar suyu, yüzey suyu ve damlayan su olarak sınıflandırılır (Tarakçıoğlu, 2000).

Tekstil materyallerinin nem iletim özellikleri de ısı konforu etkilemektedir. Kumaşın nem iletim özelliği ile ilgili parametreler şöyle belirtilebilir:



- Kumaşların absorpsiyon (nem çekme) özelliği
- Kumaşların nem iletim özelliği
- Kumaşların su iticilik ve su geçirmezlik özelliği (Işıқтаş, 2009).

### **2.3.2.1 Kumaşların absorpsiyon (nem çekme) özelliği**

Tekstil materyalinin absorpsiyon özelliği lif cinsine, iplik-kumas konstrüksiyonuna ve uygulanan terbiye işlemlerine bağlıdır (Işıқтаş, 2009).Liflerin nem alma özelliği kumaşların su buharı geçirgenliğini etkilemektedir. 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. (Güneşoğlu, 2005). Kesikli liflerden üretilen ipliklerden oluşturulan kumaşlar, filament liflerden üretilen ipliklerden oluşturulan kumaşlardan daha hızlı nem çekme özelliğine sahiptir. Gevşek dokulu kumaşlarda nem alma ve verme, sıkı dokulu kumaşlara göre daha rahat olmaktadır. Kumaşlara uygulanan çeşitli terbiye işlemleriyle nem çekme özelliğini arttırmak mümkündür. Günümüzde hidrofob yapıdaki poliester liflerine lif çekimi sırasında veya terbiye işlemleriyle hidrofil özellik kazandırılabilir (Işıқтаş, 2009).

### **2.3.2.2 Kumaşların nem iletim özelliği**

Bir giysinin iyi bir ısı konfora sahip olabilmesi için, kişinin bulunduğu çevredeki iklim şartları ve kişinin hareketliliği ile uyumlu bir izolasyon özelliğine sahip olması gerekmektedir. Farklı fiziksel aktivitelerde terlemeyle ortaya çıkan sıvı terin hemen vücuttan dışarı iletilmesi gereklidir. Çizelge 2.4'de vücut aktivitelerine bağlı olarak oluşan terleme durumu verilmektedir.

Çizelge 2.4 Vücut hareketliliğine bağlı olarak oluşan terleme durumu(Çoban ve Namlıgöz, 2005).

Vücut hareketliliği düşük	Yavaş terleme durumu
	Sabit su buharı çıkışı
Vücut hareketliliği orta derecede	Kısmen etkili terleme durumu
	Artan veya inişli çıkışlı ter çıkışı
Vücut hareketliliği yüksek	Etkili terleme durumu
	Sıvı şeklinde terleme

Vücut hareketliliği düşük olduğunda, giysinin iyi bir su buharı geçirgenlik özelliğine sahip olması gerekir. Vücut hareketliliği arttığında giysinin, yüzeyde oluşan teri hızla yapısına alıp dış katlara veya dış çevreye iletebilmesi için iyi bir su buharı geçirgenliğine sahip olması gerekir (Toprakkaya, 1999). Su buharı, giysi içinden etkili bir biçimde iletilmezse deri yüzeyinde bağıl nem değeri artmaya ve kullanıcı ıslaklığı hissetmeye başlamaktadır (Çoban ve Namlıgöz, 2005; Güneşoğlu, 2005). Yine yüksek aktivite durumlarında giysinin sadece su buharını değil, sıvı haldeki teri de vücut yüzeyinden uzaklaştırarak üst tabakalara iletmesi gerekmektedir (Toprakkaya, 1999).

Vücut hareketliliği yüksek düzeyde olduğunda çok terleyen insanlar için üretilen giysilerin deriye yakın bölgesinde iyi bir giyim konforu sağlanması, mikroklima bölgesindeki adsorbsiyon-migrasyon ve kapılar transfer mekanizmaları ile ilgili olan bir durumdur (Çoban ve Namlıgöz, 2005).

Adsorbsiyon-migrasyon, su veya su buharı moleküllerinin lif yüzeyleri boyunca tutunması ve taşınması ile ilgili kavramlardır. Bu mekanizmanın iyi işlemesi yalnızca liflerin hidrofilyk bir yapıya sahip olmaları, lif cinsi, uygulanan bitim işlemi ile değil, özellikle adsorbsiyona katılan lif yüzeyi büyüklüğü ile de ilgili bir husustur (Çoban ve Namlıgöz, 2005).

Kapılar transfer etkisi, suyun ince borucuklar veya aralıklar yardımı ile fiziksel olarak yukarı taşınması-yükselmesi olaydır. İplikteki lifler arası boşluklar bu tür kapılar kanalları oluşturmaktadır. Terin iyi taşınması veya iletilmesi olayı sadece lif yüzeyinin suyu seven, hidrofilyk özelliği ile ilgili değildir. Özellikle lif inceliği çok önemlidir. Kapılar kanallar ne kadar dar, lifler ve iplikler ne kadar ince ise o tekstilin kapılar taşıma etkisi de o derece yüksek olmaktadır (Çoban ve Namlıgöz, 2005).

Kumaşların su buharı geçiş özelliklerini ifade eden özellikler aşağıda verilmektedir (Marmaralı vd., 2006a).

Su buharı geçirgenliği: Kumaşın su buharını geçirebilme yeteneğidir. Birim alandan birim zamanda bir paskal basınç altında gram cinsinden geçen su buharı miktarı olarak verilir (  $g/m^2hPa$  ).

Su buharı direnci ( $R_{et}$ ): Materyalin su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşma ısı akışına oranıdır.

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) (m^2Pa / W) \text{ formülü ile gösterilir. Formülde,}$$

$P_m = T_a$  çevre sıcaklığı için Pascal cinsinden doymuş kısmi su buharı basıncı

$P_a = T_a$  çevre sıcaklığı için Pascal cinsinden laboratuardaki gerçek kısmi su buharı basıncıdır.

$q_v$ : Numune ile ısı akış değeri ( $W/m^2$ )

$q_0$ : Numunesiz ısı akış değeri ( $W/m^2$ )

Bağıl su buharı geçirgenliği (%p): Numune varken ve yokken ölçülen ısı akış değerlerinin oranıdır.

$$\% p = 100 \times q_v / q_0 \text{ formülü ile verilmektedir.}$$

p: Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%)

Su buharı iletkenlik indeksi (I):  $I = S \times R_{ct} / R_{et}$  formülü ile verilir.

$$S = 60 \text{ PaW}^{-1}$$

$R_{ct}$  = Isıl dayanım

$R_{et}$  = Su buharı dayanımı

Su buharı iletkenlik indeksi 0 ile 1 arasında değişir (Marmaralı vd., 2006a).

### **2.3.2.3 Kumaşların su iticilik ve su geçirmezlik özelliği**

Su itici tekstil mamulü üretmenin yolu, ya hidrofob özellikte lifler kullanmak ya da sonradan mamule su iticilik bitim işlemi uygulamaktır. Tamamen suyu geçirmeyen kumaş elde etmek istenirse kumaşın yüzeyi bir film tabakası ile kaplanmaktadır. Fakat kaplama sonrasında su buharı geçişi önlenmiştir.

için su buharı giysinin iç kısmında yoğuşmakta ve konforsuz bir durum ortaya çıkmaktadır. Kaplanmış kumaşlarda nefes alabilirliği arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuda ilk ve en eski yaklaşım, polimer film veya kaplama üzerinde mikro gözenekler ve geçiş yolları yaratmaktır. Koruyucu tabakanın dış yüzeyinde 2-3  $\mu$  veya daha az gözenek boyutu yaratılması kumaşın su geçirmezlik özelliği için genellikle yeterlidir (Çoban ve Namlıgöz, 2005).

### **2.3.3 Kumaşların hava geçirgenlik özellikleri**

Kumaşların hava geçirgenlik özellikleri de, ısı giysi konforunu etkileyen önemli bir parametredir. Havanın yer değiştirmesi ısı stresi minimize etmektedir. Mikroklimadaki hava hareketi, kumaşın hava geçirgenliği, giysi tasarımı, vücut hareketi, rüzgar hızı ve mikroklima hacmi ile belirlenir (Crockford, 1988).

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki yüzü arasında belirli bir basınç farkı bulunduğu birim kumaş yüzeyinden geçen hava akımının hacmi olarak tanımlanır. Hava geçirgenliği, kumaş yapısından etkilenmektedir. Hava akışı özellikle iplikler arası gözeneklerden gerçekleşmektedir. Bu gözenekler kumaş yüzeyine dik durumdaki silindirik boşluklardır. Dolayısı ile örgü sıkılaştıkça hava geçirgenliği azalmaktadır (Güneşoğlu, 2005).

## **2.4 Kumaşlarda Isı Transfer Mekanizmaları**

Vücut ısıyı güneşten (veya orta dereceli enerji kaynaklarından), iç metabolizma ile, fiziksel egzersiz ile veya titremede iskelet kaslarının istemsiz kasılmaları ile kazanmaktadır. İletim, taşınım veya ışımaya ile kaybedilen ısı kısmen deri ile çevresi arasındaki sıcaklık değişimine bağlıdır ve bu değişim deri sıcaklığının değişimi ile düzenlenmektedir. Vücut yüzeyinden kan akışı ve buharlaşma ile deri sıcaklığı kontrol edilmektedir. Aşırı ısı vücuttaki suyun buharlaştırılması ile hızlıca dağıtılırken vücut ısı kaynağı olarak kullanılır. Bu durumda giysi serbest buharlaşmayı hissedilir ölçüde engelleyerek konforsuzluk oluşacaktır. Diğer taraftan istenmeyen ısı kayıpları vücut ile çevresi arasındaki bariyerin ısı direnci artırılarak engellenebilir. Bu durumda ise düşük dirençli bir kumaş konforsuzluk yaratacaktır (Ukponmwan, 1993).

Soğuk havada giysi, vücuttan çevreye doğru olan ısı kaybı ile vücudun metabolik ısı üretimini dengede tutmalıdır (Ukponmwan, 1993). Sıcak, güneşli havada ise giysi vücut tarafından absorbe edilen ısıyı limitler içinde ve vücudun

metabolik ısı üretimi ile hissedilen terin buharlaşması sonucu oluşan ısı kaybını arasındaki dengeyi sağlamalıdır. Bu koşullar altında giysinin temel fonksiyonu giyeni serin ve vücut tarafından absorbe edilen solar radyasyonu azaltmaktır. Ilıman iklimlerde, vücut sıcaklığı hava sıcaklığından daha yüksek olduğundan dolayı vücut çevresine sürekli ısı vermektedir. Bu koşullar altında, ılıman bölgede giysinin temel fonksiyonlarından biri vücuttan ısı kaybını kontrol etmektir. Vücut metabolizması ve deri fonksiyonunun ter bezleri ile sıcaklık kontrolü sadece sınırlı bir aralıkta etkindir ve 27 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, vücut metabolizmasının kabul edilebilir sıcaklığı sağlayabilmesi için ısı kaybı oranının yavaşlaması gerekmektedir. Bu sebeple giysiler giyen ile çevre arasındaki serbest ısı ve nem değişiminde tampon veya bariyer görevi yapmaktadırlar (Ukponmwan, 1993).

Isı transfer mekanizması, hava ile lifler içinden iletim (kontakt), ışıma (hem direkt, hem de liften life) ve yapının içerisinde havanın taşınımı (konveksiyon) ile olmaktadır (Ukponmwan, 1993).

İletim, bir maddenin daha yüksek enerjili parçacıklardan daha düşük enerjili parçacıklarına, bu parçacıklar arasındaki etkileşimler sonucunda enerjinin aktarılmasıdır. Daha yüksek enerjili moleküller, daha yüksek sıcaklıktadırlar ve komşu moleküller sürekli olarak çarpışırken, daha çok enerjili moleküllerden daha az enerjili moleküllere bir enerji aktarımı mutlaka gerçekleşir (Incropera ve DeWitt, 2010).

Isıl ışınım, sonucu sıcaklığa sahip bir cismin yaydığı enerjidir. Işınım yayma, cismin yapısından bağımsız olarak, cisimi oluşturan atomların ve moleküllerin elektron düzenlerindeki değişmelere yorumlanabilir. Işınım alanının enerjisi, elektromagnetik dalgalar (veya fotonlar) ile aktarılır. gerçekleşir (Incropera ve DeWitt, 2010).

Taşınım ile ısı transferi, iki mekanizmadan oluşmaktadır. Rastgele moleküler hareket sonucunda enerji aktarımının yanı sıra, akışkanın kitle veya makroskopik hareketi ile de enerji aktarımı olmaktadır. Bu akışkan hareketi herhangi bir anda, çok sayıda molekülün, topluca veya kümelenmiş olarak hareket etmesi ile ilgilidir. Küme içindeki moleküller rastgele hareketlerini de korudukları için, toplam ısı geçişi, moleküllerin rastgele hareketi ileve akışkanın kitle hareketi ile oluşan enerji aktarımlarının bir toplamıdır (Incropera ve DeWitt, 2010)..

Homojen bir katı maddede oluşan tek mekanizma iletimdir ve sıcaklık profili lineerdir. Işımanın bulunması toplam ısı transferini arttırmaktadır ve iletim ile ışıma arasındaki etkileşim sıcaklık profilinin lineerlikten sapmasına yol açmaktadır (Ukponmwan, 1993).

Genel olarak giysi içerisinde ısı iletimi üç farklı şekilde meydana gelmektedir:

- (i) kuru iletim
- (ii) hissedilmeyen terin (su buharı) difüzyonu
- (iii) sıvı terin difüzyonu (Ukponmwan, 1993).

Homojen, mat, katı cisimlerde ısı akışının tümünün iletim ile olduğu belirtilmektedir. Tekstil yapıları homojen değildir, çünkü birbirinden çok farklı ısıl iletkenlikleri olan iki veya daha fazla materyalden oluşmaktadırlar. Lif/hava karışımı içerisinde ısı akışı esas olarak iletim ile olmaktadır. Yapı mat değildir ve lifler ve iplikler arasındaki boşluklar ışıma ile bir kısım ısı akışına izin vermektedir (Ukponmwan, 1993).

### 3.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, konu ile ilgili yapılan çalışmalar üç bölümde incelenmiştir. İlk bölümde ıslak durumda kumaş ve giysilerin ısı konfor özelliği ile ilgili yapılan çalışmalar, ikinci bölümde kumaşların çeşitli konfor parametrelerinin modellenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar ve son bölümde ise kumaş konfor özelliklerinin yapay sinir ağları kullanılarak tahminlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar tarih sırası ile sunulmaktadır.

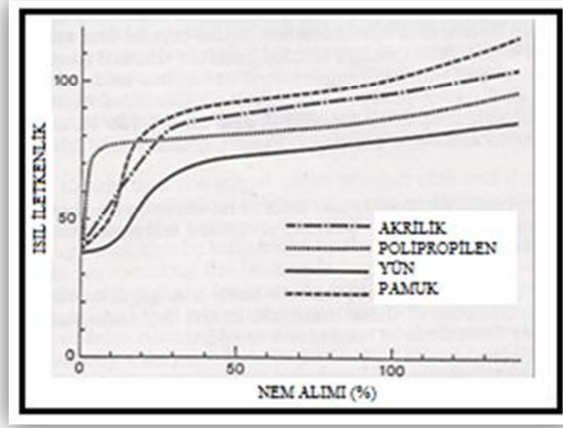
#### 3.1 Giysi Konforu ile İlgili Çalışmalar

Kuru halde daha fazla olmak üzere kumaşların/giysilerin ıslak durumdaki ısı konfor özellikleri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar vardır.

Astarlık kumaşların ısı özelliklerine nemin etkisinin incelendiği bir çalışmada, kuru durumda kumaşın nem içeriği ile ısı özelliklerinin önemli ölçüde, nem içeriği maksimum higroskopik seviyeye ulaştığında ise oldukça küçük miktarda değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bu sebeple astarlık kumaşların ısı dirençleri düşünüldüğünde kullanımda beklenen nem içeriği çok önemlidir. Pamuk ve pamuk-yün materyallerin nem içeriği %40'ın üzerine çıktığında, ısı dirençleri kuru materyale ile karşılaştırıldığında yarısına düşebilmektedir (Ukponmwan, 1993).

Doğa yürüyüşü, balıkçılık ve denizcilik gibi dış sporlar için en büyük tehlike dış giysinin küçük miktarda su almasıdır. Suyun ısı iletkenliği havanınkinden 25 kat daha fazla olduğundan, suyun giysi yapısına girmesi izolasyonda önemli bir düşüşe neden olmaktadır. Bazı örme yapılarda su içeriğinin ısı iletkenliğe etkisi detaylı şekilde incelenmiş ve farklı materyallerin performanslarının lif yapısına ve nem absorblama kapasitelerine bağlı olduğu bulunmuştur (Peirce and Rees, 1946).

Dört farklı interlok kumaş için nem alımının (regain) ısı iletkenliğe etkisi incelendiğinde yünün yaklaşık %15'e kadar nem alımında düşük iletkenliğini koruduğu görülmektedir (Şekil 3.1). Absorban olmayan polipropilen lifi ise çok küçük miktarda su aldığı anda bile iletkenliğinde artış meydana gelmektedir. Bu sebeple, özellikle yağmurlu havada kullanılacaksa dış mekan sporlarında yünlü kumaşlar tercih edilmektedir (Ukponmwan, 1993).



Şekil 3.1 Bazı örme kumaşların ısı iletkenlik değerlerine nemin etkisi (Ukponmwan, 1993).

Gibson vd., (1997) higroskopik liflerden üretilen dokuma kumaşların hava geçirgenliklerinin bağlı neme bağımlılığını belirlemek için bir test metodu tanımlamışlar ve bağlı nemdeki değişim süresince dinamik ölçüme izin veren bir cihaz geliştirmişlerdir. Higroskopik liflerden oluşan 7 farklı kumaş için hava geçirgenlik özellikleri incelenmiştir. Araştırmacılar higroskopik liflerin, yüksek nemde şişmesi ile kumaş yapısında meydana gelen değişimler sebebi ile pamuk, yün, ipek ve naylon liflerinden üretilen kumaşların ölçülen hava geçirgenliklerinde büyük farklılıklara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Hes (1999), yaptığı çalışmada on farklı dokuma gömleklik kumaşın kompozisyonlarının ve mekanik parametrelerinin ısı soğurganlık özelliğine etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada aşağıdaki sonuçları bulmuştur.

- Dokuma gömleklik kumaşlar yüzeysel olarak ıslandığında, PES lifi oranının artışı ile ısı soğurganlık artmaktadır (daha soğuk his vermektir).
- Çift katlı örme kumaşlar gibi ısı konfor özelliği artırılmış özel kumaşlarda veya modifiye poliester lifi Coolmax®'ten örülmüş tişörtlerde yüzeysel ıslanma durumunda artan hoş temas hissi ortaya çıkmaktadır.
- Bazı pamuk/PES karışımı kumaşlar, oldukça yüksek PES lif oranında bile özel kumaş yapısından dolayı ıslak durumda iyi ısı temas konforu gösterebilmektedirler.
- Pamuklu gömleklik kumaşların içerisinde çok fazla kimyasal madde bulunduğu taktirde, durgun haldeki su buharı geçirgenlik değerleri çok yüksek olmasına rağmen, ıslak durumda ısı temas konforları kötüdür.



- %25-40 klasik PES lif içeren pamuklu karışım gömleklerin su buharı geçirgenliği değerleri işlem görmemiş saf pamuk gömleklerden daha iyidir. Ayrıca kuru halde sıcak his vermektedirler ve nem soğurganlıkları biraz daha düşüktür. Bu kumaşların ısı konfor özellikleri modifiye edilmiş PES kullanımı ile geliştirilebilir.
- Buruşmazlık işlemi görmüş kumaşların su buharı geçirgenlik özellikleri, buruşmazlık işlemi görmemiş olan kumaşlar ile benzerdir. Kuru durumda daha soğuk his ve daha düşük nem soğurganlık değerlerine sahiptirler.
- %50-70'e kadar modifiye poliester lifi (örneğin Du Pont COOLMAX®) içeren gömlekler işlem görmemiş saf pamuk gömlekler ile karşılaştırıldığında, daha yüksek su buharı geçirgenliği, kuru durumda sıcak hissi ve yüzeysel ıslanma durumunda çok iyi (çok hoş) ısı temas konforu hissi (yüksek nem soğurganlığı) göstermektedirler.

Tzanov vd. (1999), amino fonksiyonel silikon yumuşatıcıların, kumaşların ısı ve nem transferi özellikleri üzerine etkisini Alambeta ve Permetest cihazlarını kullanarak ölçmüşlerdir. Silikon işlem görmüş PES kumaşlar, ilk temasta daha sıcak his vermekte ancak azalan su buharı geçirgenlikleri nedeniyle daha az konforlu bulunmuştur. Su buharı geçirgenliği, yumuşatıcı konsantrasyonu arttığında azalmaktadır. Araştırmacılar kumaşların bitim işlemlerinde ısı temas özellikleri ve su buharı geçirgenlikleri üzerine etkileri göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Zhang vd. (1999), farklı hidrofil lif çeşitleri ile polipropilen lifleri kombine edilerek üretilen ipliklerden on adet örme kumaş üretmiş ve bu kumaşların konfor özelliklerini terleyen bakır manken testi ve giyim denemeleri ile değerlendirmişlerdir. Polipropilen lifinden üretilen kumaşların nemli konfor özelliklerinin lif inceliği, kombine edildiği lifin özellikleri ve kumaşın konstrüksiyon özellikleri ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

- İnce polipropilen liflerden üretilen kumaşların iyi nem iletim özellikleri vardır.
- Polipropilen lifinden örülmüş kumaşların çift katlı ya da çok katlı kumaşlar içinde kullanılması daha iyi olacaktır. Polipropilen iplikler örme kumaşın ters yüzünde olmalı ve cilde bakmalı, hidrophil lif ise dış yüzünde olmalıdır.

- Polipropilen lifler ile kombine edilen lifler arasında viskon en iyi sonuçları vermekte ve onu pamuk takip etmektedir. Poliester/pamuk ipliğinin polipropilen ile kombine edildiği kumaşların sertliği gelişmekte ancak nem iletim özelliği düşmektedir. Nem iletim özellikleri için, ipek kaplı polipropilen lifli çift katlı kumaş çok iyi bulunmamıştır.
- Yüksek gözenekli ve düşük örtme faktörlü örme kumaşlar nem transferinde çok iyidir.
- Kumaşın ıslak konforunu ölçmek için kapilarite yüksekliği, nem direnci, su tutma oranı ve kuruma oranı gibi bazı konvansiyonel objektif test indisleri önerilmiştir. Ayrıca bunların uygulanabilirlikleri, kolaylıkları, kullanım nedenleri teorik ve pratik olarak gösterilmiştir.

Fan ve Chen (2002), yeni geliştirdikleri terleyen ısıl mankeni, giysi takımlarının ısıl izolasyon ve su buharı dirençlerini ölçmek için kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan ısıl mankenin avantajları aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- İnsan terlemesini simule edebilmektedir.
- Isıl izolasyon ve su buharı direncini eş zamanlı ölçebilmektedir.
- Mankenden alınan sonuçlar yüksek derecede tekrarlanabilir.

Chen vd. (2003), yaptıkları çalışmada iki farklı terleme seviyesinde giysi ısıl izolasyon özelliğini terleyen ısıl manken kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda giysi ısıl izolasyonunun terleme boyunca düştüğü belirlenmiştir. Giysi ısıl izolasyonunun düşüşü, giysi içerisinde toplanan su ile ilgilidir ve izolasyondaki bu düşme % 2- 8 arasındadır. Çalışmanın bulgularından ağır egzersizden sonraki ürperme etkisinin sadece kumaşın içindeki suyun buharlaşması veya desorpsiyonu sebebi ile vücuttan ısı absorbe edilmesinden değil, aynı zamanda düşen giysi ısıl izolasyonundan kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Ren ve Ruckman (2003), su geçirmez nefes alabilir kumaşların iç yüzeyinde yoğuşma oluştuğunda veya herhangi bir kumaşın nem içeriğinin su buharı transfer oranına etkisini incelemek için iki tip su geçirmez nefes alabilir kumaş kullanarak izotermal ve non izotermal koşullar altında deneyler gerçekleştirmişlerdir. Deneysel sonuçlardan, nem içeriği ve yoğuşmanın hem gözenekli poliüretan ve hem de hidrofil kaplama kumaşlarda su buharı transferine etkisi olduğu; yüksek nem içeriği ve büyük miktarda yoğuşmanın su buharı transferini arttırdığı bulunmuştur. Poliüretan kaplamalı kumaşın su buharı transfer

oranı izotermal koşullar altında daha büyük iken hidrofil kaplama kumaşın su buharı transfer oranı non izotermal koşullar altında daha büyüktür. Ayrıca nem içeriği ve yoğuşmanın su buharı transferi oranını farklı şekillerde etkilediği tespit edilmiştir. Nem içeriğinin etkisi hem izotermal hem de non izotermal koşullar altında yoğuşmanın su buharı transferine etkisinden daha büyüktür.

Meinander ve Hellsten (2004), soğuktan koruyucu giysi takımlarında ter buharlaşması ve yoğunlaşmasının ısı iletim özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. 0- 50 °C arasında kullanıma yönelik giysi takımları üzerindeki deneysel çalışmalar terleyen manken üzerinde gerçekleştirilmiştir. Giysi içerisinden su buharı geçişi, yoğunlaşma ve ısı izolasyon özellikleri eş zamanlı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda terlemenin soğuktan koruyucu giysilerin ısı konfor özellikleri üzerine etkisinin terleyen manken ile güvenilir bir şekilde belirlenebildiği ortaya konulmuştur.

Güneşoğlu vd. (2005), %100 pamuk ve PET/pamuk karışımı havlı örme kumaşlarda iplik tipi ve yıkama işleminin sıcak-soğuk hissi üzerine etkisini incelemiştir. Deneysel ölçümler, Alambeta cihazında ıslak ve kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Sıcak- soğuk hissi seçilen life bağlıdır, ancak yıkama işleminden sonra iplik tipinin etkisi önemsizdir. Sonuç olarak yıkama işleminin kumaş ısı temas hissini belirleyen ana faktör olduğunu, iplik tipi ve lif karışımının daha az öneme sahip olduğunu belirlemiştir. Islak havlı kumaşlar diğer kumaşlardan çok daha soğuk hissedilmektedir. Ayrıca yıkanmış ıslak kumaşların yıkanmamış olanlardan daha sıcak his verdiği bulunmuştur.

Barker vd. (2006), itfaiyeci giysilerinde kullanılan materyallerin ısı koruma performanslarını nemli koşullarda incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, giysinin kendi ağırlığının yaklaşık %15'i kadar nem içerdiğinde ısı koruma performansı ciddi biçimde düştüğü bulunmuştur. Nem seviyesi bu kritik değeri aştığında ikinci derece yanık oluşma süresi kuru giysiler için ölçülen değere yakın olmaktadır.

Huang (2006), giysi içerisinden ısı ve nem transferini simule eden bir "Sweating Guarded Hot Plate" cihazı tasarlamış ve bu cihazla elde edilen sonuçların tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir. Cihaz ölçümü kararlı durumda gerçekleştirilmektedir. Araştırmacı geçici koşullarda kumaşların ısı ve nem transfer karakteristiklerini değerlendirmek için başka bir cihaz geliştirilmesini önermektedir.

Fan ve Tsang (2008), beş farklı spor giysinin terlemeden önce ve sonraki ısı konfor özelliklerini terleyen manken ve sübjektif giyim denemeleri ile değerlendirmişlerdir. Terleyen manken ile ısı izolasyon, su buharı direnci ve giyside biriken nem yüzdesi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları şu şekilde değerlendirilmiştir:

- Egzersiz yapmadan önce giysinin konfor özellikleri açısından ısı özellikler çok önemli değildir. Bu aşamada duyu konforu daha önemli bulunmuştur.
- Egzersizden sonra giysinin konfor hissi su buharı direnci ve giyside biriken nem yüzdesi ile ilişkili bulunmuştur.
- Terleyen manken ile spor giysilerin konfor özellikleri doğru ve güvenilir şekilde değerlendirilebilir.

Kaplan ve Okur (2009), farklı bileşimlere ve fiziksel yüzey özelliklerine sahip örme kumaşların, soğukluk ve ıslaklık hissini yedi erkek üzerinde gerçekleştirilen ön kol testi ile incelenmişlerdir. Fiziksel özelliklerin yanında (gramaj, iplik numarası, kalınlık, yoğunluk), deri ile temas eden kumaşın iç yüzeyinin yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme özellikleri de incelenmiştir. Sonuçlara göre, kumaş ile temasta soğukluk oranları büyük oranda kumaşın yüzey karakteristiklerinden etkilenmektedir. Pürüzlü yüzeyi olan kumaşlar için kumaşın materyalinin bu his üzerinde etkisi yoktur. Ancak yüzey tüylülüğü ve optik gözeneklilik değerleri daha düşük olduğunda, kumaş materyali etkili hale gelmektedir ve higroskopik lifler önceki çalışmaların sonuçlarına da uygun olarak daha soğuk his verme eğilimindedirler. Bunun yanında, nem emmek ve iletmek için tasarlanmış konstrüksiyonlara sahip modifiye poliester lifi nden üretilmiş kumaşlar veya klasik poliesterden üretilmiş kumaşlar, higroskopik karaktere sahip pamuktan daha iyi performansla sahiptirler.

Hes ve Araujo (2010), ıslak pamuklu kumaşların, derinin kumaşla temas ettiği durum ile deri ve kumaş arasında hava boşluğu bulunduğu durum arasındaki soğuma etkisini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada Permetest cihazı kullanılmıştır. Deri ile kumaş arasındaki hava tabakası 2 mm ve 4 mm kalınlığında olduğunda toplam soğuma etkisi kumaştaki nem içeriğindeki artış ile neredeyse sabit kalmaktadır. En yüksek soğuma etkisi nemli kumaşın deriye temas ettiği noktalarda olmaktadır.

Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2010), çalışmalarında farklı tipteki pamuk ipliklerinden (karde, penye, merserize ve katlı iplik) örölmüş düz örgü kumaşların ısı özelliklerini kuru ve ıslak durumda karşılaştırmışlardır. Islak kumaşların daha düşük ısı izolasyon ve daha soğuk his gösterdiği bulunmuştur. Bu sebeple özellikle aktif ve spor giyimde son kullanıma en uygun ürünü seçmek için ısı konfor özelliklerinin hem kuru ve hem de yaş durumda belirlenmesi tavsiye edilmektedir.

### **3.2 Kumaş Konfor Parametrelerinin Modellenmesi ile İlgili Çalışmalar**

Literatürde kumaşların konfor ile ilişkili olan çeşitli parametrelerini, değişik yöntemler kullanarak modelleyen çalışmalar bulunmaktadır.

Ismail vd. (1988), kumaş içerisinden geçen ısı transferini teorik olarak incelemiş ve bezayağı kumaşlar için ısı transferi eşitliklerinin uygulamasını kolaylaştıran bir model sunmuşlardır. Bu modelin kumaş, iplik ve hatta lif formundaki dokuma materyalin ısı iletkenliğinin belirlenmesine olanak sağladığı ve farklı bileşenlerin ısı iletkenlikleri bilindiğinde kumaşın ısı iletkenliğinin tahminlenebildiği belirtilmektedir. İplik iletkenliği, aynı iplikten çözüğü ve atkı iplikleri olan, ısı iletkenliği belirlenen dokunmuş kumaştan hesaplanabilmektedir. Ayrıca liflerin ısı iletkenlikleri, lif hava karışımı olarak görölen ipliğin bileşiminin bilgisinden hesaplanabileceği ifade edilmiştir.

Fan vd. (2000), giysilerin ısı ve nem transferini, kumaşın emme ve yoğuşma özelliklerini de kapsayan dinamik bir modelde değerlendirmişlerdir. Modelin sayısal sonuçları, hidrofil liflerden oluşan giysilerde daha az yoğuşma meydana geldiğini göstermektedir.

Fohr vd. (2002), katmanlı giysi sistemlerinin içerisinden ısı ve sıvı transferi modeli geliştirmişlerdir. Modelde, emme ve geri bırakma (absorption-desorption); serbest suyun yoğunlaşması veya buharlaşması; sıvı, buhar veya tutunmuş (adsorb) suyun difüzyonu ve katmanlar arasında ısı transferi ve ısı temas (contact) direnci göz önüne alınmıştır. Modelin geçerliliği literatürde bulunan temel deneylerin ışığında değerlendirilmiştir.

Li vd. (2002), gözenekli tekstil yapılarında ısı transferi ve sıvı nem difüzyonunun birleştirilmiş mekanizmasını teorik olarak incelemişlerdir.

Modelde, sıvı difüzyon davranışını tanımlayan eşitlik; buhar difüzyonu, buharlaşma ve lif tarafından emilen nemi de içeren su buharı ve sıvı su transferinin enerji korunumu eşitliğine ve kütle korunumu eşitliğine dahil edilmiştir. Kumaş kalınlığı ve gözenekliliği sistematik olarak değiştirilerek, ısı transferi ve nem transferi arasındaki etkileşim incelenmiştir. Sonuçlar kumaşlarda gerçekleşen ısı transferinin kumaş kalınlığı ve gözenekliliğinden etkilendiğini ve ısı transferinin kumaşlardaki nem transferini de etkilediğini göstermektedir.

Mohammadi vd. (2002a), çok katmanlı dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik özelliklerini modellemişlerdir. Modelde kumaş konstrüksiyon parametreleri ve lif özellikleri girdi olarak kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler, kumaş kalınlığı, iğne sayısı, ortalama gözenek boyutu ve kumaş yoğunluğunun teorik hava geçirgenliğini tahminlemede önemli faktörler olduğunu göstermiştir.

Mohammadi vd. (2002b), yaptıkları diğer çalışmada çok katmanlı dokusuz yüzeylerin deneysel ve teorik hava geçirgenliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda istatistiksel modellerle oluşturarak, deneysel geçirgenliğin teorik geçirgenlik için iyi bir tahminleyici olduğunu ifade etmişlerdir.

Wang vd. (2002), kumaş-deri teması süresince soğukluk ve nem hissinin sübjektif algısını matematiksel olarak simule eden bir metot geliştirilmiştir. Matematiksel modelin kumaşın soğukluk ve nemlilik algısını tahminlemede kullanılabileceği, psikolojik deney serilerinden türetilen sübjektif hisler ile tahminleme arasındaki uygunluk ile gösterilmiştir.

Ghaddar vd. (2003), kütle ve enerji korunumunun birinci prensibinden oluşturulan bir model ile yürüyüş koşulları altında dinamik giysi ısıl izolasyon değerini ve buhar direncini tahminlemişlerdir. Geliştirilen model ile kumaşın içindeki ve dışındaki hava akım oranı, kumaş nem alımı (regain), kumaş sıcaklığı, hava tabakası sıcaklığı, deriden ısı kaybı ya da kazancı ve giysinin izolasyon değeri ve buhar direncinin tahminlenebildiği ifade edilmiştir.

Li ve Zhu (2003), gözenekli tekstil yapılarında su buharı difüzyonu, nem emme, yoğunlaşma ve ısı transferini de göz önüne alan sıvı su transferi prosesini simule eden bir matematik model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar aktif spor giysilerin ve yağmurlukların performansının bu model ile tahminlenebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca geliştirilen model ile yeni kumaş ve giysi tasarımında önemli olabilecek birleştirilmiş nem ve ısı transferi işlemine üzerine kumaşların

temel yapısal parametrelerinin etkisinin sistematik olarak incelenebileceği belirtilmiştir.

Mohammadi vd. (2003), çok katmanlı dokusuz yüzeylerin ısı iletkenlik değerlerini kumaş gramajı, kalınlığı, gözenekliliği ve yapısı ile birlikte uygulanan sıcaklığı kullanarak modellemişlerdir. İstatistiksel sonuçlar tahminleme yeteneğinin %88 den daha yüksek bir doğrulukta olduğunu göstermiştir.

Zhu ve Li (2003), geliştirilmiş bir matematik model kullanarak gözenekli tekstillerde birleştirilmiş ısı transferi ve sıvı nem difüzyonu mekanizmasının teorik olarak incelemişlerdir. Çalışmada farklı lif çapları ve gözenek boyutu dağılımı olan poliester kumaşlar kullanılmıştır. Nem geçişi sırasındaki sıcaklık değişimi tahminleri deneysel ölçümlerle karşılaştırılmış ve ikisi arasında iyi bir uygunluk gözlenmiştir. Hesaplanan ve deneysel sonuçların analizi, ısı transferi prosesinin gözenekli tekstil yapılarının gözenek boyutu dağılımından ve lif çapından etkilendiğini göstermektedir.

Banks- Lee vd. (2004), cam ve seramik keçelerden oluşan dokusuz yüzeylerin ısı iletkenlik katsayılarının özgül hava geçirgenliğinden tahminlenebilmesi için çoklu regresyon analizi kullanılarak bir eşitlik oluşturmuşlardır.

$$k_{etc} = 0,02669 k_{fp} + 0,00023 L - 0,01255 \varepsilon + 0,01211$$

Elde edilen bu eşitlikte ısı iletkenlik değeri ( $k_{etc}$ ), kumaşın özgül hava geçirgenlik değeri ( $k_{fp}$ ), kalınlığı (L) ve gözenekliliği ( $\varepsilon$ ) kullanılarak hesaplanmaktadır. Sonuçlar hava geçirgenlik değerleri ile ısı iletkenlik katsayının doğru olarak tahminlenebildiğini göstermektedir.

Li et al. (2006), sanal ortamda giysinin ısı performansının hesaplanabildiği, giysinin ısı ve nem transfer modelini ve insan ısı regülasyon sistemini de içeren P-smart CAD sistemini geliştirmişlerdir.

Qian ve Fan (2006), farklı giysi takımlarının ısı izolasyon ve su buharı direnç özelliklerini yürüyebilen terleyen manken kullanarak farklı çevresel koşullar ve yürüyüş hızları altında ölçmüş ve basit bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Deneysel çalışmanın sonucunda giysilerin ısı izolasyon ve su

buharı direnci özelliklerinin rüzgar hızı ve yürüyüş hızı arttıkça azaldığı gözlenmiştir.

Ziegler ve Kucharska-Kot (2006), dokuma kumaşların ısı transfer katsayısını, ısıl iletkenlik ve kalınlık gibi parametrelerinden sayısal olarak belirlemişlerdir.

Dias ve Delkumburewatte (2007), nylon ve polyester örme yapıların ısıl dirençlerini gözeneklilik, kalınlık ve nem içeriğine göre tahminlemek için teorik bir model oluşturmuşlardır. Modelin geçerliliği, gözenek, kalınlık, lif ve nem içeriği farklı olan, farklı örme kumaşların deneysel sonuçları kullanılarak denenmiştir. Kuru süprem kumaşın ısıl iletkenliği gözenekliliğin artması ile azalmaktadır. Ancak kumaşın nem içeriği arttığında gözenekliliğin artması ısıl iletkenliğin artışına sebep olmaktadır.

Çalışmanın ilk kısmında gözeneklilik; kumaş kalınlığı, sıra ve çubuk genişliği, lif yoğunluğu ve iplik numarası değişkenleri ile gösterilmektedir. Çalışmanın ikinci kısmında kumaşın ısıl iletkenliği; lifin ısıl iletkenliği, gözeneklilik ve nem içeriği değişkenleri ile modellenmiştir.

$$k = \frac{k_m k_a k_w}{(1 - p)k_a k_w + (p - pw)k_m k_w + pwk_m k_a}$$

Modelde  $k_m$ ,  $k_a$  ve  $k_w$  sırası ile materyalin (lifin), havanın ve suyun ısıl iletkenlik katsayıları,  $p$  gözeneklilik ve  $w$  nem oranıdır. Burada lifin ısıl iletkenliğinin artması ve ayrıca gözenekliliğin azalması ile ısıl iletkenliğin arttığı bulunmuştur. Gözeneklerdeki su içeriği arttığında, suyun daha yüksek olan ısıl iletkenliği dolayısı ile ısıl iletkenlikte artış olmaktadır. Çalışmada teorik ve deneysel ısıl iletkenlik değerleri karşılaştırıldığında, deneysel değerlerin teorik değerlerden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Araştırmacılar bunun nedeninin distilasyon ısı transferi olduğunu düşünmüşlerdir.

Hong ve Kim (2007), pamuk ve polyester örme kumaşların dikey kapilarite davranışlarını inceleyerek dikey kapilarite mekanizmasını simule ve rasyonelize etmek için modeller geliştirmişlerdir. Modelin önemli parametreleri olarak geçirgenlik, kapilar basınç ve kumaş kalınlığı gösterilmiştir.



Min vd. (2007), kumaş içerisinde çevreye ısı transferini, yüzeyler arası ışıma ısı transferini ve lif boyunca yüzey difüzyonunu da içeren ısı ve nem transferini simüle etmek için bir matematiksel model kurmuşlardır. Sonuçlar, ışımanın ve hava içerisinde taşınımın toplam ısı akışına yaklaşık % 20 katkısı olduğunu göstermiştir. Yüzey difüzyonu lif yüzeyine su moleküllerinin kimyasal tutunmaları ile sınırlandırıldığında, yüzey difüzyonu toplam nem iletiminde önemli bir rol oynamamaktadır. Mikro iklimin deriden çevreye ısı ve nem transferinde önemli olduğu belirtilmektedir.

Kothari ve Bhattacharjee (2008), dokuma kumaşların ısı dirençlerini, kumaştaki iplikler, ipliklerin kesişim noktaları ve hava boşluklarından oluşan bir model kullanılarak hesaplanabileceğini belirtmişlerdir. Kumaşın iletim ve ışıma ısı transferini tahminleyen matematiksel bir model geliştirmişler ve elde ettikleri sonuçları Alambeta'dan elde ettikleri değerler ile doğrulamışlardır. Çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

1. Tüm temel dokumalar hava boşluğu ve iplikten oluşan tekrar eden birim hücre ile gösterilebilir.
2. İletim ısı transferi içinde paralel durumdaki hava boşlukları ve ipliklerin içinden ısı akışının yer aldığı birleştirilmiş metot kullanılarak hesaplanabilir.
3. Hava boşlukları içerisinde ışıma ısı transferi elektrik direnci sistemine benzer şekilde modellenilebilir.
4. İpliklerin içinden ışıma ısı transferi ipliklerin lifli tabakalar olarak gösterilebildiği lineer anizotrop saçılmaya göre modellenilebilir.
5. Geliştirilen matematik modele göre iletim ve ışıma ısı transferlerinin toplamı deneysel veriler ile karşılaştırıldığında ısı direnç için bir tahminleme vermektedir.

Militky ve Křemenáková (2008), kumaşların ısı iletkenliklerinin kumaş gözenekliliğinden etkilendiğini ve kumaş gözenekliliğinin de iplik inceliği ve atkı ve çözgü sıklığı gibi konstrüksiyon parametrelerinin fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, iplik çapı, atkı ve çözgü sıklığı, kumaşın gramaj ve kalınlık gibi temel özelliklerinden kumaş ısı iletkenliğini tahminlemek için basit mekanik bir model geliştirmişlerdir.

Wan ve Fan (2008), insan vücudu-giysi-çevre sistemin için, giysi içerisinde ısı ve nem transferinde, insanın ısı regülasyonu, vücut hareketi ile tetiklenen havalandırma, sıvı ter hareketi ve ısı ve nem transferinin etkisini içeren

geçici bir ısı model sunmuşlardır. Deneysel sonuçlar ile hesaplanan sonuçlar karşılaştırılarak modelin uygunluğu gösterilmiştir. Modelin insan, giysi ve çevre faktörlerinin, farklı kişilerin ısıl fizyolojik tepkileri üzerine etkisini açıklamak için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bhattacharjee ve Kothari (2009), dokuma kumaşların ısıl dirençlerini tahminlemek için ısı transferi prensiplerine dayanan matematiksel bir model sunmuşlardır. Dokuma kumaş; gözenekli iplik, çözgü ve atkı iplikleri ve hava boşluklarının birbirine geçtiği bir sistem olarak düşünülmüş ve tüm temel dokumalar bu sistem ile tarif edilmiştir. Temas ve ışıma ısı transferleri beraber etkisi, kumaşın konstrüksiyon parametrelerine dayanarak hesaplanmıştır. Isıl direnç bu parametrelerin yardımı ile tahminlenmiştir. Temas ile her parçanın toplam ısı transferi Fourier eşitliği kullanılarak ve hava boşluklarından ışıma ile ısı transferi net ışıma metodu yardımı ile hesaplanmıştır. Lineer anizotrop saçılma, kumaşın ışıma ısı transferini modellemek için kullanılmıştır. Elde edilen toplam ısıl direnç, standart ısıl direnç ölçüm cihazından elde edilen gerçek değerler ile doğrulanmıştır.

Hes ve Loghin (2009), farklı dokuma kumaşların ıslak haldeki ısıl dirençlerini modellemişlerdir.

$$\lambda_{RES} = (\lambda_T + U \lambda_W) / (1 + U)$$

$$R_{RES} = 1 / \lambda_{RES}$$

Denklemden  $\lambda_{RES}$  toplam iletkenlik,  $U$  kuru tekstilin % ağırlık kısmı,  $\lambda_T$  kuru kumaşın ısıl iletkenliğidir. Kumaş içerisindeki nem artışı ile ısıl iletkenlik artmakta ve ısıl direnç azalmaktadır. Bunun nedeni kuru kumaşın gözeneklerinde bulunan havanın, ıslanma durumunda iletkenliği çok daha yüksek olan su ile yer değiştirmesidir. Verilen modelin sadece ölçülen değerlerin belirli bir kısmında kullanılabileceği belirtilmektedir. Bunun nedeninin yüksek nem seviyelerinde su köprülerinin olması, suyun sürekli bir katman oluşturması olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kumaşın nemi %5 ile % 60 aralığında arttığında hava geçirgenliğinin neredeyse lineer olarak azaldığı görülmüştür.

Qian ve Fan (2009), iletim, ışıma ve doğal taşınım, su buharlaşması ve hava akımını içeren temel ısı ve kütle transfer mekanizmasına dayanan bir tahminleme modeli üretmiştir. Model, vücudun durgun havada ve ayakta durma pozisyonunda ölçülen giysi ısıl izolasyonu ve su buharı direncinden, rüzgarlı

koşullarda vücut hareketi ile değişen toplam ısı izolasyon ve su buharı direncini tahminlemektedir. Bu modelle geliştirilen tahminleme doğruluğu 0,96 gibi yüksek bir uygunluk yüzdesine sahiptir.

Ogulata ve Mavruz (2010), örme kumaşların gözeneklilikleri için teorik bir model önermişler ve düz örme kumaşların hava geçirgenliklerini tahminlemiştir. Örme yapıların gözeneklilik ve hava geçirgenliğini tahminlemek için oluşturulan teorik model, cm deki çubuk sayısı, cm deki sıra sayısı, ilmek uzunluğu, kumaş kalınlığı, iplik numarası, iplik çapı ve lif yoğunluğu gibi geometrik parametrelere dayanmaktadır. Araştırmacılar teorik modelden hesaplanan hava geçirgenliği değerleri ile deneysel değerler arasındaki yakınlık ( $R^2=0,87$ ) nedeniyle–modelin örme kumaşların hava geçirgenliklerini tahminlemek için başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmada ayrıca geçirgenlik ve gözeneklilik özelliklerinin birbirleri ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Eğer bir kumaş yüksek gözenekliliğe sahip ise, geçirgen olduğu varsayılabilir. Ayrıca gözenek boyutu ile hava geçirgenliği arasında hemen hemen pozitif lineer ilişki bulunmuştur ( $R^2=0,81$ ), bu sebeple geliştirilen modelin farklı lif tipleri ile üretilen düz örme kumaşların hava geçirgenliklerini tahminlemek için uygun olduğu varsayılmıştır.

### **3.3 Kumaş Konfor Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahminlenmesi ile İlgili Çalışmalar**

Kumaşların konfor özelliklerini tahminlemek için son yıllarda yapay sinir ağları yönteminin kullanılması önerilmektedir. Bu yöntem aralarında doğrusal ilişki olmayan parametreler ile tahminleme yapmaya imkan verdiği için, kumaş konfor özelliklerinin tahminlenmesi konusunda tercih edilmektedir.

Wong vd. (2003), ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı kullanarak psikolojik algılardan duyuşal giysi konforunu tahminlemiştir. Tahminlenen giysi konforu ile gerçek giysi konforu algısı arasındaki uygunluk, giysi duyuşal konforunun psikolojik algılarını modellemek için sinir ağının etkin bir teknik olduğunu göstermiştir.

Bhattacharjee ve Kothari (2007), dokuma kumaşların kararlı ve geçici haldeki ısı özelliklerini tahminlemek için ileri beslemeli, geri yayımlı bir yapay sinir ağı sistemi kullanmışlardır. Çalışmada aynı girdi ile tandem beslemeli

çalışan sıralı iki ağ ve iki çıktı veren tek ağ arasında karşılaştırma yapılmıştır. Doku tipi, atkı ve çözgü ipliği numarası, iplik yoğunluğu, kalınlık ve alansal yoğunluk girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Her iki durumda da üç tabakalı ağ kullanılmıştır. Ağlarda eğitilmemiş girdi seti kullanılarak çıktı olan ısı özelliklerinden, ısı direnç ve  $Q_{max}$ , deneysel olarak elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Aynı girdi seti ile tandem olarak çalışan iki ağı yapı, bir girdi seti ile iki çıktı veren yapıdan daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışma kumaşların durgun haldeki ve geçici ısı özelliklerinin tahminlenmesinde yapay sinir ağlarının başarılı bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Fayala vd. (2008), düz örgü kumaşlarda ısı iletkenlik özelliğini yapay sinir ağı kullanarak tahminlemeye çalışmışlardır. Farklı hammaddelerden üretilen kumaşların gözeneklilik, hava geçirgenliği, birim ağırlık ve iplik iletkenliği girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Çalışma için üretilen 81 kumaşın %80'i modelde eğitim için kullanılmıştır. Ağ yapısı olarak en iyi tahminleme performansını gösteren beş nöronlu gizli katmanı olan yapı tercih edilmiştir. Bu sistem ile kumaş ısı iletkenliğini 0,913 korelasyon katsayısı ile tahminlenebildiği belirtilmiştir.

Congshan (2010), BP sinir ağı kullanarak örme kumaşların sübjektif ısı-ıslak konfor özelliklerini tahminlemiştir. 36 adet örme kumaşın hava geçirgenlik oranı, nem iletim oranı, kapilarite yüksekliği, nem alım oranı, nem difüzyon oranı ve ısı direnci test edilmiştir. Sübjektif değerlendirmede kumaşın sıcak, ıslak, yapışkan ve soğuk hissetme parametreleri seçilmiştir. Model kurmak için 28 tip kumaş seçilmiş, diğer 8 tip kumaş, modelin doğruluğunu onaylamak için kullanılmıştır. BP sinir ağı kullanılarak yapılan tahminlemenin sonucunda, tahminlenen değerlerin kabul edilebilir olduğu, bu modelin kumaş sübjektif ısı-ıslak konfor özelliklerini etkin bir şekilde tahmin edebildiği belirtilmiştir.

Majumadar (2011), çalışmasında pamuk-bambu ipliklerden örülmüş kumaşların ısı iletkenliklerini yapay sinir ağları kullanarak tahminlemiştir. Çalışma için %100 pamuk, %50 pamuk- %50 bambu ve %100 bambu liflerden 30-24 ve 20 tex ring ipliklerden düz örgü 1x1 rib ve interlok kumaşlar üretilmiştir. Seçilen yapay sinir ağı modelinin bir gizli katmanı bulunmaktadır ve transfer fonksiyonu olarak log-sigmoid seçilmiştir. Örgü tipi, iplik lineer yoğunluğu, bambu lif oranı (%), kumaş kalınlığı ve kumaş alansal yoğunluğu girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Tahminlenen ve gerçek ısı iletkenlik değerleri arasındaki korelasyon katsayısı eğitim (0,982) ve test (0,963) veri setlerinde çok

iyi bulunmuştur. Tahminlemenin ortalama mutlak hatası eğitim ve test veri setleri için sırasıyla %2,347 ve 2,376'dır.

Yüksel vd. (2011), farklı hammaddelerden üretilmiş ve farklı yapısal özelliklere sahip örme ve dokuma kumaşların ön kol testinden elde edilen sıcaklık ve ıslaklık algı derecelerini kumaş parametreleri ve giysi konforu ile ilgili olduğu düşünülen fizyolojik ölçümlerden yapay sinir ağları kullanarak tahminlemiştir. %0, % 20 ve %40 nemlendirilmiş kumaşlar için oluşturulan yapay sinir ağı modelleri üç katmandan oluşmaktadır. Modellerde ısı direnç, hava geçirgenliği, kalınlık ve fizyolojik bir ölçüm (deri yüzey sıcaklığı düşmesi) gibi özellikler girdi olarak kullanılarak ön kol testinden elde edilen subjektif sıcaklık ve ıslaklık algısı tahmin edilmiştir. Modellerden elde edilen değerler ile gerçek değerler arasında iyi bir korelasyon elde edilmiş ve yapay sinir ağlarının ön kol testinden elde edilen değerleri tahminlemede etkin bir metot olduğu belirtilmiştir.

Alibi vd. (2013), pamuk ve viskon liflerden yapılmış kumaşlar ile elastan ile vanize örülmüş kumaşların ısı iletkenliklerini yapay sinir ağları kullanarak modellemiştir. Örme kumaş yapısı, iplik numarası, iplik kompozisyonu, makine inceliği, elastan lif oranı (%), elastan iplik lineer yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve kumaşın alansal yoğunluğunun girdi olarak kullanıldığı bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin % 5'ten daha düşük ortalama hata ve %90'dan daha yüksek korelasyon katsayısı ile tahminlemede iyi bir uygunluk gösterdiği belirtilmektedir.

### 3.4 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında öngörülen modellerle, giysilerin kullanım performansında önemli bir parametre olan ısı direnç özelliğinin farklı nem oranlarındaki değişiminin, ölçüm yapılmadan bilinen kumaş konstrüksiyon parametreleri kullanılarak kolayca hesaplanabilmesi hedeflenmiştir.

Özellikle spor ve yazlık giysilik kumaşların ıslandıktan sonra değişen ısı direnç özellikleri kullanıcı için önemlidir. Bu özelliğin önceden tahminlenebilmesi ve modellenebilmesi, kumaş parametrelerinin karar aşamasında üreticiye yardımcı olacaktır. Böylelikle kumaşların nemli haldeki ısı direnç özelliklerinin belirlenmesi üretimden önce sağlanabilecek ve gerekli değişiklikler yapılabilir.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında nemli durumdaki kumaşların ısı özellikleri ile ilgili çok fazla çalışmaya rastlanmamaktadır. Kumaşların ısı özelliklerinin tahminlenmesi ve modellenmesi ile ilgili çalışmalar da genellikle kuru kumaşlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Nemli örme kumaşların ısı özellikleri ile ilgili yapılan az sayıdaki çalışma ise sınırlı deney planları ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak düz örgü kumaşların ısı direnç özellikleri kumaş konstrüksiyon parametrelerinden tahminlenmesi, giysilerde sıklıkla kullanılan liflerle, kontrollü şartlarda geniş iplik numarası aralığında ve farklı sıklıklarda üretilen kumaşlarda gerçekleştirilmiştir. Tahminleme için regresyon analizi ve yapay sinir ağları kullanılmıştır. Bunun yanında kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı dirençlerinin hesaplanabilmesi için teorik bir model önerilmiştir. Ayrıca bahsedilen üç modelin tahminleme hassasiyeti karşılaştırılmıştır.

## 4.MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada, spor giysilik olarak kullanımı yaygın olan pamuk, poliester, modal, akrilik lifleri tercih edilerek farklı materyallerin ısıl direnç üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

DeneySEL çalışmada kullanılan liflerin ortalama lif uzunlukları ve incelikleri Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan lif özellikleri

Materyal	İncelik	Uzunluk
Pamuk	4,5 mikroner (1,77 dtex)	32,5 mm
Poliester	1,3 dtex	38 mm
Modal	1,4 dtex	38 mm
Akrilik	2 denye (2,22 dtex)	200 mm

### 4.2 İplik Üretimi

Çalışmada lif cinsi, iplik numarası, büküm ve kumaş sıklığı gibi yapısal parametrelerin ısıl direnç üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan ön denemelerde, incelenmesi planlanan parametrelerden iplik bükümünün etkisi % 95 güven aralığında istatistiksel olarak önemsiz bulunduğundan ( $p > 0,05$ ) üretilen ipliklerde tek bir büküm katsayısı seçilmiştir.

Fital olarak temin edilen pamuk, poliester ve modal liflerden iplik üretimi Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Pamuk İpliği İşletmesi'nde Rieter G30 makinesinde gerçekleştirilmiştir. Akrilik iplikler Erzurum Tekstil ve San. ve Tic. Ltd.'de üretilmiştir.

Pamuk, poliester ve modal liflerinden üretilen ipliklerde büküm katsayısı  $\alpha_e=3,6$  ve akrilik ipliklerinde büküm katsayısı  $\alpha_m=85$  olarak seçilmiştir.

Üretilmesi planlanan ipliklerden Nm 100 akrilik iplikler Erzurum Tekstil ve San. ve Tic. Ltd.'nin makine parkına bağlı olarak üretilmemiştir.

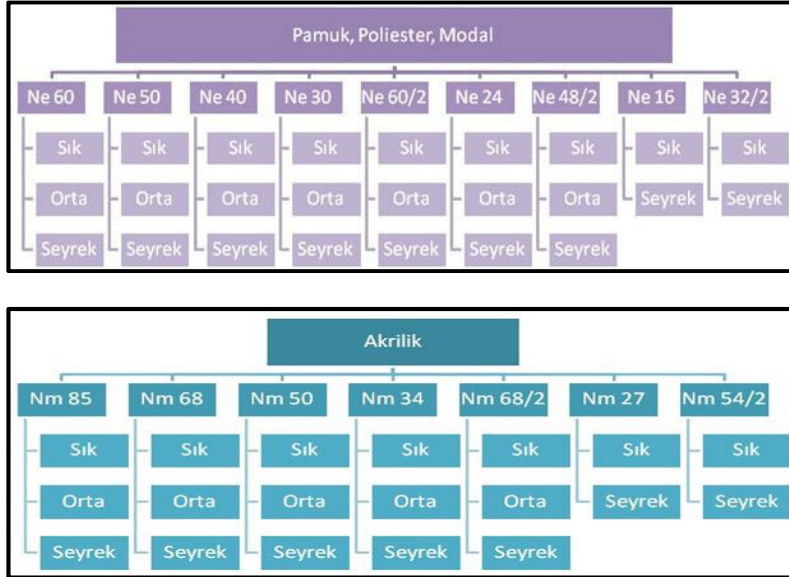
Poliester ve modal iplikler Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Dokuma Hazırlık Ünitesi'nde Schlafhorst bobin aktarma makinesinde bobinlenmiştir. Pamuk ipliklerinin parafinli olarak bobinlenmesi Uz Pamuk Ticaret ve Tekstil Sanayi A. Ş. 'de gerçekleştirilmiştir.

Katlı iplikler, Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Dokuma Hazırlık Ünitesi'ndeki Saureer Allma katlı büküm makinesinde hazırlanmıştır.

### 4.3 Kumaş Üretimi

Üretilen Ne 16 ve Ne 32/2 pamuk, poliester ve modal iplikler ile Nm 27 ve Nm 54/2 akrilik ipliklerden örme kumaş üretiminde Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Örme İşletmesi'nde bulunan Mesdan Labknitter (4,5", 140 iğne) örgü makinesi kullanılmıştır. Bu makine ile her bir iplikten iki farklı sıklıkta kumaş üretilebilmiştir. Deney planındaki diğer ipliklerden kumaş üretimi için Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Örme İşletmesi'nde bulunan Terrot süprem örgü makinesi (16", E28) kullanılmıştır. Bu ipliklerden planlandığı gibi üç farklı sıklıkta kumaş üretilmiştir. Bu şekilde oluşturulan üretim planı Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kumaş üretim planı



Üretilen kumaşların üzerindeki parafin, avivaj gibi maddelerin uzaklaştırılması için Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Terbiye İşletmesi'ndeki Rapid tamburlu parça boya yıkama cihazında, kumaşın üretildiği materyale ve üzerinde bulunan yabancı maddelere uygun koşullarda soda- sabun yıkaması uygulanmış ve



kumaşlar sererek kurutulmuştur. Kumaşlara uygulanan yıkama reçeteleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kumaşlara uygulanan yıkama reçeteleri

	Yıkama			Durulama			
	Reçete	Süre	Sıcaklık	Süre	Sıcaklık	Süre	Sıcaklık
<b>Pamuk</b>	1 g/l ıslatıcı 3 g/l soda	60 dk	95 °C	30 dk	95 °C	15 dk	Soğuk
<b>Poliester</b>	1 g/l ıslatıcı 2 g/l soda 1 g/l kompleks oluşturucu	45 dk	95 °C	30 dk	95 °C	15 dk	Soğuk
<b>Modal</b>	1 g/l ıslatıcı 1 g/l soda	45 dk	50 °C	30 dk	50 °C	15 dk	Soğuk
<b>Akrilik</b>	1 g/l ıslatıcı 4 g/l soda	60 dk	95 °C	30 dk	95 °C	15 dk	Soğuk

#### 4.4 Uygulanan Testler

##### 4.4.1 İplik testleri

Deneysel çalışma için üretilen ipliklerin çap ölçümleri USTER TESTER 5 S800 (Şekil 4.1) cihazı ile yapılmıştır. Ölçümler pamuk, poliester, modal ve akrilik iplikler için 400 m/dk ölçüm hızı ve 2,5 dakika test süresinde gerçekleştirilmiştir.

İplik numara ölçümleri de USTER TESTER 5 S800 cihazının FA modülü kullanılarak ölçülmüştür. Cihazda ölçüm DIN 53812'de belirtilen çile yöntemine göre gerçekleştirilmektedir. Üretilen her iplik tipinden 10'ar numara ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.1 USTER TESTER 5 S800

#### 4.4.2 Kumaş testleri

Kumaşlara uygulanan tüm testler, kumaşlar 24 saat süreyle TS EN ISO 391'e göre standart atmosfer koşullarında ( $20^{\circ}\text{C}\pm 2$  sıcaklık,  $\%65\pm 4$  bağıl nem) kondüsyonlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir.

##### 4.4.2.1 İlmek iplik uzunluğu tayini

Düz örgü kumaşta bir ilmekte kullanılan iplik uzunluğunu ölçmek için milimetrik skalası olan bir cetvel kullanılmıştır. Örme kumaş üzerinden 50 adet ilmek çubuğu içeren 10'ar adet iplik sökülmüş ve uçlarına iplik üzerindeki kıvrımların açılması için 10 g'lık ağırlık takılarak cetvel üzerindeki çeneye tutturulmuş ve ipliklerin kıvrımsız uzunlukları ölçülmüştür. Yapılan 10 ölçümün ortalaması alınıp 50'ye bölünerek bir ilmek için sarf edilen iplik miktarı bulunmuştur.

##### 4.4.2.2 Birim uzunluk ve birim alandaki ilmek sayısı tayini

Örme kumaşın cm'deki sıra ve çubuk sayıları TS EN 14971'e göre, bir lup yardımı ile kumaşların 5 farklı yerinden ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

Birim alan başına örgü ilmeği sayısı tayini, sıra sıklığı ve çubuk sıklığı ortalama değerlerinin çarpılması ile elde edilmiş ve ilmek yoğunluğu olarak ifade edilmiştir.

#### 4.4.2.3 Kalınlık tayini

Kumaş kalınlıkları ALAMBETA (Şekil 4.3) cihazında ölçülmüştür. ALAMBETA cihazı kumaşların ısı özellikleri ile birlikte kumaş kalınlığını da ölçmektedir. Cihazın ölçüm kafasının kumaşa temas ettiği seviye ile numunesiz durumdaki seviye arasındaki fark belirlenerek kumaş kalınlığı tespit edilir (Alambeta User's Guide, 2003). Çalışmada kumaşların kondüsyonlu durumdaki kalınlıkları kullanılmıştır.

#### 4.4.2.4 Gramaj tayini

Kumaşların gramajları TS EN 12127 standardına göre, 5'er adet ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir.

#### 4.4.2.5 Gözeneklilik tayini

Kumaşların ısı direnç özelliklerinin tahminlenmesi amaçlandığı için yoğunluk esaslı gözeneklilik tayini tercih edilmiştir. Kumaşların gözeneklilikleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_b}$$

Eşitlikte,  $\rho_a$  kumaş yoğunluğunu ( $\text{g/cm}^3$ ) ve  $\rho_b$  lif yoğunluğunu ( $\text{g/cm}^3$ ) ifade etmektedir. Kumaş yoğunluğu,  $\text{m}^2$  ağırlığının (gramajının) kumaş kalınlığına oranı ile bulunmaktadır.

#### 4.4.2.6 Hava geçirgenliği tayini

Kumaşların hava geçirgenlikleri Air Permeability Tester FX 3300 (Şekil 4.2) cihazında  $20 \text{ cm}^2$  ölçüm kafası kullanılarak  $100 \text{ Pa}$  basınç altında,  $1/\text{m}^2/\text{sn}$  biriminde ölçülmüştür. Her kumaş için yapılan 10 testin ortalaması alınmıştır (TS391 EN ISO 9237).



Şekil 4.2 Air Permeability Tester FX 3300

#### 4.4.2.7 Isıl direnç tayini

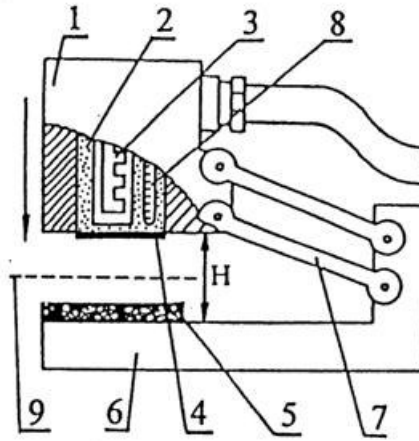
Kumaşların ısı dirençleri ALAMBETA (Şekil 4.3) cihazında ölçülmüştür. Alambeta cihazında kumaşın ısı direnç ve kalınlığı dışında ısı iletkenlik, ısı yayılım ve ısı soğurganlık değerleri de ölçülebilmektedir.



Şekil 4.3 ALAMBETA test cihazı

Şekil 4.4' te Alambeta cihazı şematik olarak gösterilmektedir. Cihazda bulunan ısı akış sensörü (4), sabit sıcaklıkta olan metal blokta (2) bulunmaktadır.

Kumaş numunesi (5) düzgün bir şekilde cihazın tabanındaki (6) plaka üzerine yerleştirilir. Isı akış sensörü ile birlikte ölçüm kafası (1) aşağıya iner ve numuneye temas eder. Bu sıcak plaka (32 °C) kumaş ile temas ettiğinde kumaş içerisindeki soğuk yüzeye doğru (22 °C) gerçekleşen ısı akışı sensör tarafından belirlenir. Cihazda bulunan kalınlık sensörü ile de Bölüm 4.4.2.3'te açıklandığı şekilde kumaş kalınlık değeri ölçülür (Hes,2000, 2001) Ölçülen değerlerden kumaş ısı direnci hesaplanır. Ölçüm kafası basıncı ayarlanmış ve bir manivela ve arka tarafta ayarlanabilir bir kurşun ile dengelenmiştir. Bakır ölçüm kafası elektrik ile ısıtılır. Ölçümler 200 Pa basınç altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bu cihazdan elde edilen kalınlık değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4.4 Alambeta cihazı şeması

Çalışmada kullanılan kumaşların ısı dirençleri mutlak kuru ve kütlece %25, %50, %75 ve %100 nemli şekilde ölçülmüştür. Alambeta cihazında ölçümün birkaç dakika içinde gerçekleştirilmesi sayesinde nemli kumaş ölçümleri, kumaşların nem oranları önemli ölçüde değişmeden gerçekleştirilebilmektedir.

Bunun için kumaşlar öncelikle Alambeta cihazında ölçüm için uygun boyutlarda (20 cm x 20 cm) 3'er adet olarak kesilmiş ve etüvde 105 °C sıcaklıkta 4 saat süresince tutularak üzerlerindeki tüm nemin uzaklaşması sağlanmıştır. Kumaşlar bundan sonraki işlemlerde havadan nem almamaları için desikatörde tutulmuştur.

Kumaşların mutlak kuru halde tartımları (0,001 g hassasiyette) alınmış ve hemen Alambeta cihazında ölçümleri yapılmıştır. Her kumaşın mutlak kuru ağırlığı üzerinden %100, %75, %50 ve %25 nemli ağırlıkları hesaplanmıştır. Kumaşlar saf su ile ıslatılıp kurumaya bırakılmış, bu sırada tartımları alınarak

kontrol edilmiştir. Kumaşlar uygun ağırlığa geldiğinde Alambeta cihazında ısı direnç ölçümleri yapılmış ve bir sonraki ölçüm için tekrar kuruması beklenmiştir.

Isıl direnç ölçümleri için maksimum varyasyon katsayısı %4 olarak belirlenmiş, bundan daha yüksek olduğu durumlarda ölçümler tekrar edilmiştir.

#### **4.4.3 Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan metotlar**

##### **4.4.3.1 Varyans analizi**

Varyans analizi (ANOVA), ikiden fazla örnek ortalamasını birlikte test etmek ve aralarındaki farkın önem kontrolünü yapmak için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. ANOVA değişik davranışları temsil eden popülasyonların ortalamaları arasındaki farkları belirlemek için tasarlanmıştır.

Tek yönlü varyans analizinde bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkisi olup olmadığı incelenmektedir. İki yönlü varyans analizi ile iki bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkileri eş zamanlı olarak incelenebilir. İki yönlü varyans analizi aynı zamanda, her faktörün tek başına ve iki faktörün bir arada etkilerinin incelenmesine imkan vermektedir. Çok-faktörlü varyans analizinde, (MANOVA-Multivariate ANOVA) bir ya da daha fazla bağımsız değişkene ait grupların, iki yada daha fazla bağımlı değişkene ilişkin ortalamaları karşılaştırılmakta ve ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde (%95, %99 gibi) anlamlı (önemli) olup olmadığı test edilmektedir. Bu test ile her bir bağımsız değişkene ait gruplar kendi arasında, her bir bağımlı değişkene ilişkin ölçümlere göre ayrı ayrı karşılaştırılmaktadır.

Çalışmada, seçilen materyal, kumaş sıklığı ve iplik numarası parametrelerinin ölçülen değerler üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi amacı ile varyans analizi yapılmıştır.

##### **4.4.3.2 Regresyon analizi**

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu

ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler yapabilmek amacı ile kullanılmaktadır.

Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilir. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir.

Regresyon analizi esas olarak değişkenler arasındaki ilişkinin niteliğini saptamayı amaçlamaktadır. Her tahmin değişkeninin kriter değişkenindeki toplam değişmeye olan katkısının saptanması ve dolayısıyla tahmin değişkenlerinin doğrusal kombinasyonunun değerinden hareketle kriter değerinin tahmin edilmesidir.

Regresyon analizi, bağımlı bir değişken ile bağımlı değişken üzerinde etkisi olduğu varsayılan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel bir model ile açıklanmasıdır.

Bu çalışmada, bağımlı değişken olarak kumaşların farklı nem içeriklerindeki ısı direnç özellikleri, bağımsız değişken olarak ısı direnç özelliğini etkilediği düşünülen çeşitli lif, iplik ve kumaş özellikleri ile modellenmiştir.

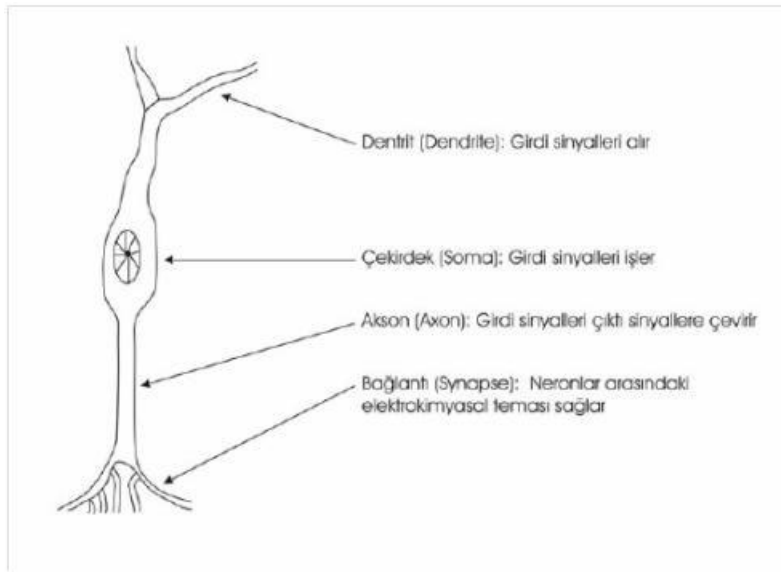
#### **4.4.3.3 Yapay sinir ağları**

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üreteceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde; öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturur ve daha sonra benzer konularda benzer kararları verirler (Öztemel, 2003).

Merkezi sinir sisteminin temel işlem elemanı sinir hücreleridir (nöron) ve insan beyinde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Sinir

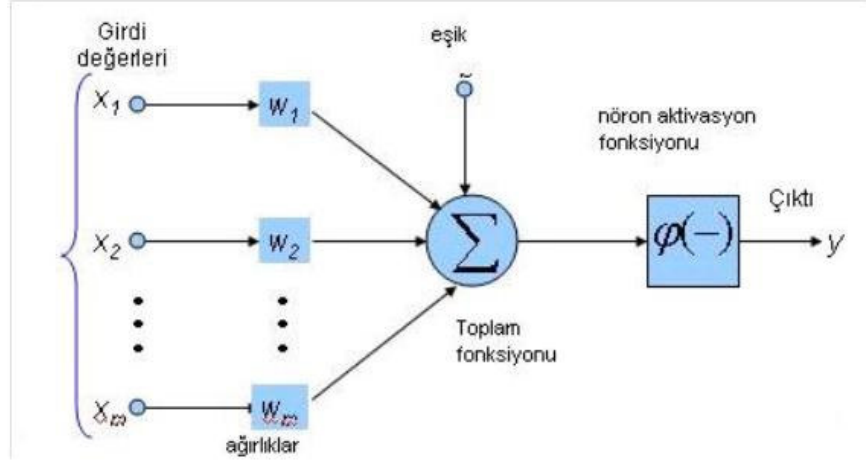
hücre; hücre gövdesi, dentritler ve aksonlar olmak üzere 3 bileşenden meydana gelmektedir (Şekil 4.5). Dentritler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre gövdesine bir ağaç yapısı şeklinde ince yollarla iletmekte, daha uzun bir yol olan aksonlar ise elektriksel darbeler şeklindeki bilgiyi hücreden dışarı taşımaktadır. Aksonların bitimi ince yollara ayrılmaktadır ve bu yollar, diğer hücreler için dentritleri oluşturmaktadır. Akson-dentrit bağlantı elemanı sinaps olarak adlandırılmaktadır. Sinyallerin bir hücreden diğer hücreye sinapslerde iletilmesi karmaşık, elektrokimyasal bir süreçtir. Sinapslerin görevi, alıcı hücrenin elektrik potansiyelini arttırmak ya da azaltmaktır. Bu potansiyel belirli bir eşik değerine ulaştığında aksonlar uyarılmaktadır (Chattopadhyay and Guha, 2004).



Şekil 4.5 Biyolojik nöronun genel yapısı ve işlevleri (Yurtoğlu, 2005)

Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan yapay nöronlar, doğal nöronların dört temel fonksiyonunu simüle etmektedir. Bir yapay nöronun temel yapısı, genel haliyle, Şekil 4.6' da sunulmaktadır. Modelde girdi değerleri,  $x_i$  matematiksel sembolü ile gösterilmiştir ve bu gösterimde  $i=0,1,2,\dots,n$  değerlerini almaktadır. Bu girdi değerlerin her biri, bir bağlantı ağırlığıyla çarpılmaktadır. Bu ağırlıklar ise  $w_i$  ile gösterilmektedir. En basit yapıda, bu çarpımlar toplanmakta ve bir transfer fonksiyonuna gönderilerek sonuç elde edilmektedir. Oluşturulan modellerde değişik toplama fonksiyonları ve transfer fonksiyonları kullanabilmekte ve farklı ağ yapılarında uygulanabilmektedir (Yurtoğlu, 2005).





Şekil 4.6 Yapay sinir ağı

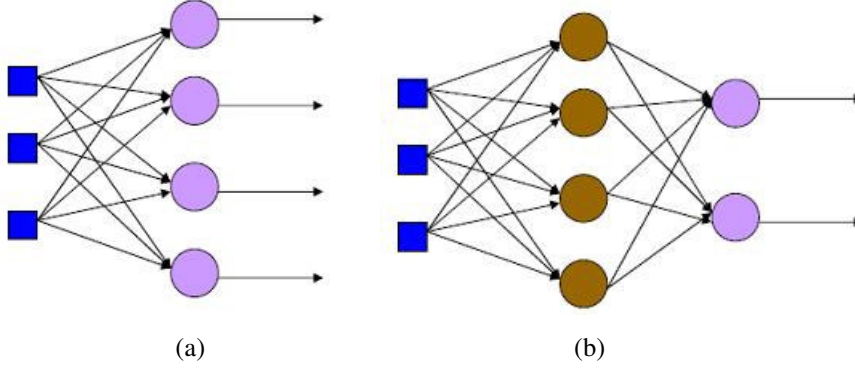
Yapay sinir hücresinde bir veya birden fazla girdi aynen biyolojik sinir hücresinde olduğu gibi (dendritler) hücre gövdesine ilgili ağırlıklarla çarpılarak iletilirler. Biyolojik sinir hücresi gövdesine benzer şekilde burada ağırlıklı çarpım sonuçları toplanır ve elde edilen sonucun ilgili transfer fonksiyonunda dönüşümü gerçekleştirilir (Chattopadhyay and Guha, 2004). Çizelge 4.4'te yapay sinir ağlarında kullanılan transfer fonksiyonları gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 Transfer fonksiyonları (Hagan ve ark., 1996)

Fonksiyon Adı	Girdi Çıktı İlişkisi
Hard Limit	$a=0 \ n<0$ $a=1 \ n \geq 0$
Simetrik Hard Limit	$a=-1 \ n<0$ $a=+1 \ n \geq 0$
Doğrusal	$a=n$
Doymuş Doğrusal	$a=0 \ n<0$ $a=n \ 0 \leq n \leq 1$ $a=1 \ n>1$
Simetrik Doymuş Doğrusal	$a=-1 \ n<-1$ $a=n \ -1 \leq n \leq 1$ $a=1 \ n>1$
Log-Sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$
Hiperbolik Tanjant Sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$
Pozitif Doğrusal	$a=0 \ n<0$ $a=n \ 0 \leq n$
Rekabetçi	$a=1$ maksimum $n$ sahip olan nöron $a=0$ diğer bütün nöronlar

En basit yapay sinir ağı çıktı ve girdi katmanları olmak üzere iki katmandan oluşurken, girdi ve çıktı katmanları arasında gizli katman olarak adlandırılan katmanların yerleştirilmesiyle çok katmanlı ağlar oluşmaktadır (Chattopadhyay and Guha, 2004). Ağ üzerinde bilgi akışı sürekli ileri doğru ise bu yapıya sahip

modeller ileri sürümlü olarak adlandırılmaktadır. Ağ yapısında geri besleme bağlantıları varsa bu tipteki sistemler geri beslemeli olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 a) Tek katmanlı ileri sürümlü b) Çok katmanlı (3-4-2) ileri sürümlü ağ

Yapay sinir ağlarının eğitilmesinde öğreticili, öğreticisiz ve destekleyici öğrenme olmak üzere üç farklı öğrenme mekanizması bulunmaktadır. YSA, kullanıma başlamadan önce eğitilmektedir. Eğitim sırasında hem girdiler, hem de girdiler karşılığında oluşturulması gereken çıktılar sisteme verilmektedir. Bu sayede olayın girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkiler öğrenilmektedir. Eğitim aşaması genelde çok zaman almaktadır. Yapay sinir ağlarının pek çoğunda öğreticili öğrenme yöntemi kullanılmaktadır (örneğin MLP-çok katmanlı algılayıcı ağı). Destekleyici öğrenme yöntemi, her girdi seti için üretilmesi gereken çıktı setini sisteme göstermek yerine, sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktısını üretmesini beklemekte ve üretilen çıktının doğru veya yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretmektedir. Bu sinyal dikkate alınarak, eğitim süreci devam ettirilmektedir. Özellikle sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır (örneğin LVQ ağı-learning vector quantization-öğrenme vektör nicelendirmesi). Öğreticisiz öğrenme yönteminde ise, sisteme sadece girdi değerleri gösterilmekte ve parametreler arasındaki ilişkileri sistemin kendi kendine öğrenmesi beklenmektedir. Daha çok kümeleme problemlerinde kullanılmaktadır (örneğin SOM ağı-self organizing map-özörgütlemeli harita ağı) (Uğur, 2006).

Ağın ne kadar başarılı olduğunu belirlemek için ortalama hata (ME), ortalama mutlak hata (MAE), hata kareler ortalaması (MSE), hata kareler toplamı (SSE), ortalama hata kareleri kökü (RMSE) gibi performans fonksiyonları kullanılmaktadır.

Kumaşların ıslak haldeki ısı dirençlerinin lif, iplik ve kumaş özellikleri yardımıyla tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağı modeli oluşturulurken şu işlemler gerçekleştirilmiştir:

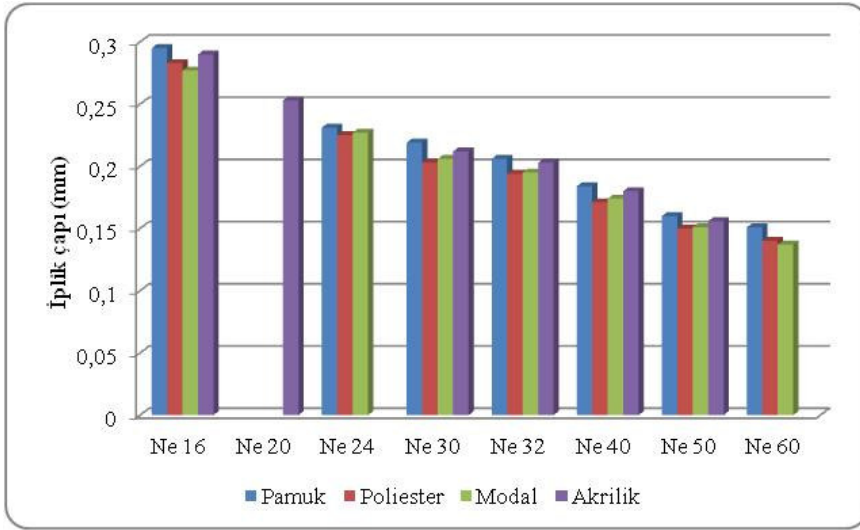
- ✓ Uygun ağ yapısının seçilmesi
- ✓ Uygun öğrenme algoritmasının seçilmesi
- ✓ Yapıya uygun giriş, çıkış ve ara katman sayısının belirlenmesi
- ✓ Ara katman nöron sayısının belirlenmesi
- ✓ Aktivasyon fonksiyonunun belirlenmesi
- ✓ Eğitim ve test setlerinin belirlenmesi

Çalışmada öğreticili, ileri beslemeli-geri yayımlı ağ tercih edilmiştir.

## 5.BULGULAR

### 5.1 İplik Çaplarına Ait Bulgular

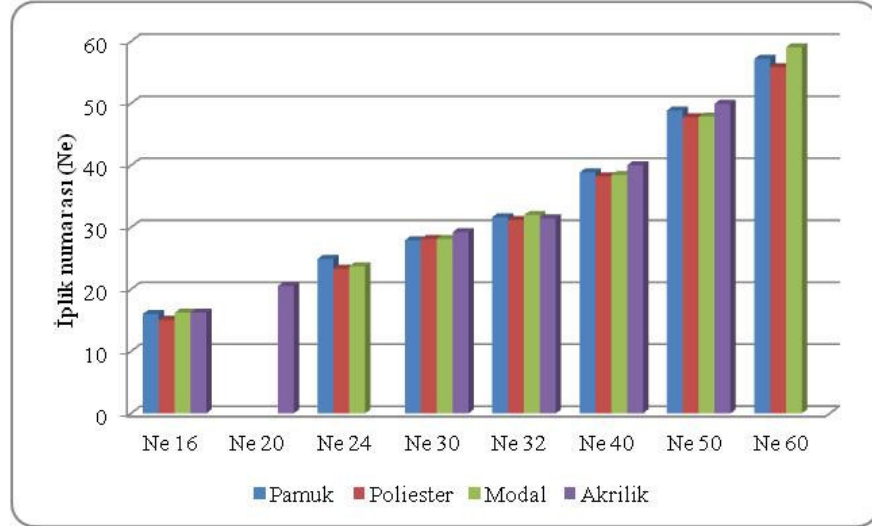
Tez çalışması kapsamında üretilen ipliklerin ortalama çap değerleri grafiği Şekil 5.1’de gösterilmektedir. İpliklerin çap ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler Ek 1’ de verilmektedir.



Şekil 5.1 İpliklerin ortalama çap değerleri (mm)

### 5.2 İplik Numaralarına Ait Bulgular

İpliklerin ortalama numara değerlerine ait grafik Şekil 5.2’de gösterilmektedir. İpliklerin numara ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler Ek 2’de verilmektedir.

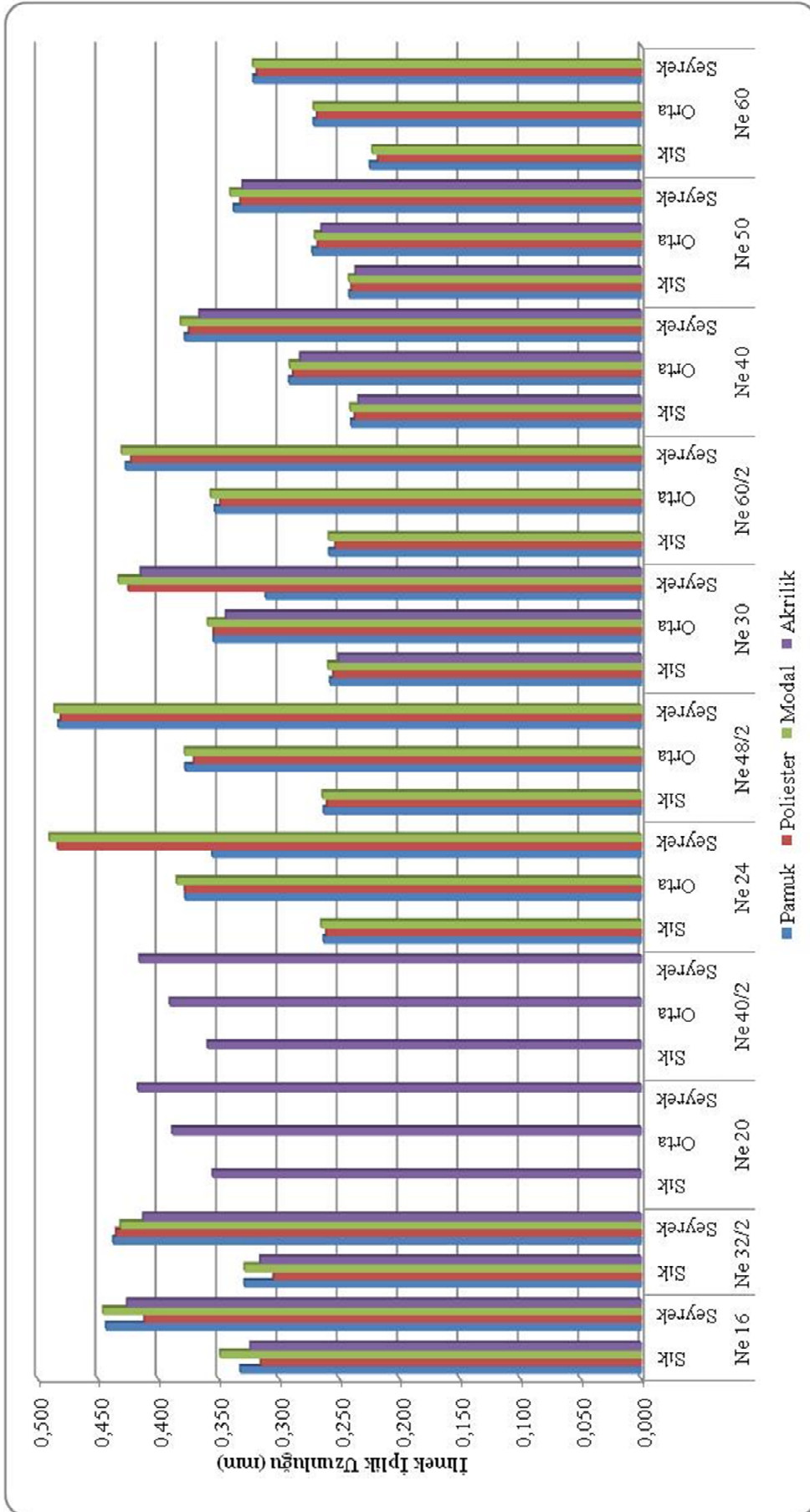


Şekil 5.2 Ortalama iplik numarası (Ne)

İpliklerin aynı numarada üretilmesi planlandığı halde, farklı materyallerin temin edilen fitil numaraları farklılık gösterdiğinden dolayı, ring iplik makinesinde farklı çekim dişlileri seçilmesi gerekmiştir. Bu sebeple hedeflenen numara değerinde küçük sapmalar meydana gelmiştir. Ancak tahminleme ve modellemede ipliklerin ölçülen numaralarının kullanılması nedeniyle, bu durum sorun yaratmamıştır.

### 5.3 Kumaşların İlmek İplik Uzunluklarına Ait Bulgular

Tez çalışmasında kullanılan kumaşların ilmek iplik uzunluklarının ortalama değerleri Şekil 5.3'te grafik olarak gösterilmektedir. İlmek iplik uzunluğu ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler Ek 3'te verilmektedir.

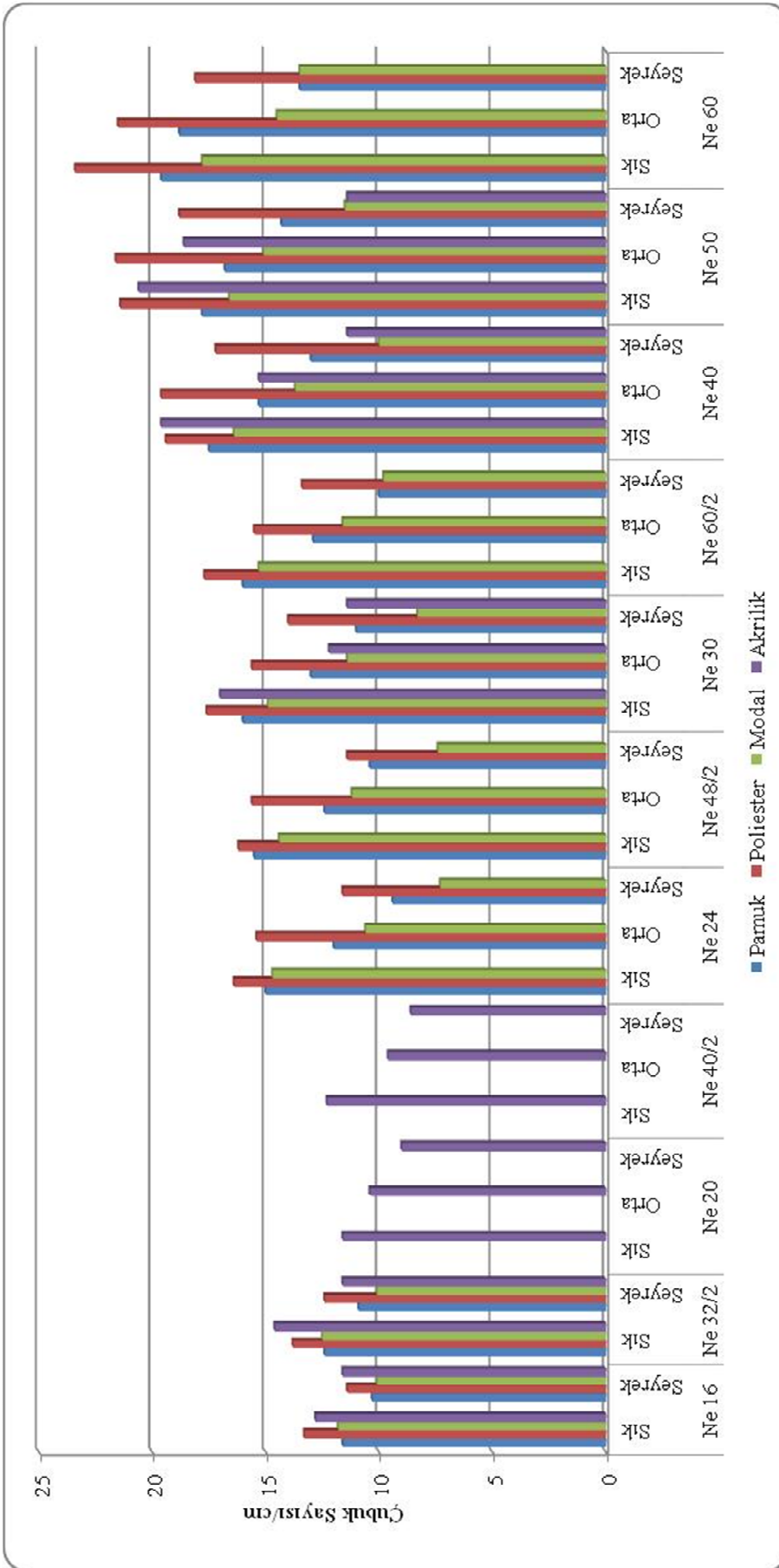


Şekil 5.3 Ortalama ilmek iplik uzunluğu değerleri (mm)

Sıklık arttıkça kumaşların ilmek iplik uzunlukları azalmaktadır. Ayrıca materyaller arasında karşılaştırma yapıldığında pamuklu ve modal kumaşların ilmek iplik uzunluğu değerlerinin poliester ve akrilik kumaşlardan yüksek olduğu görülmektedir. Ancak bu farklılık çok küçüktür.

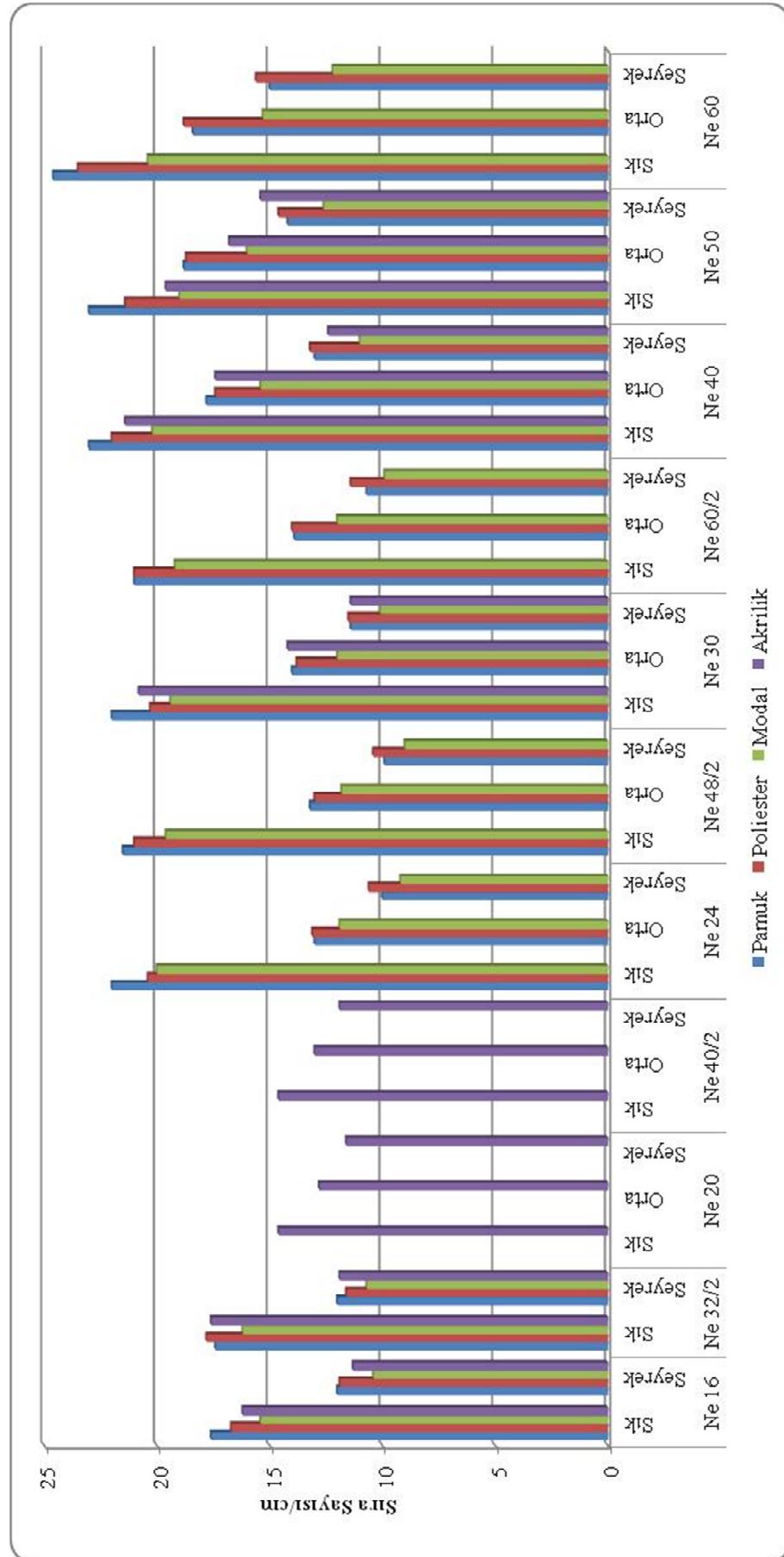
#### **5.4 Kumaşların Birim Uzunlukta ve Birim Alandaki İlmek Sayılarına Ait Bulgular**

Kumaşların çubuk ve sıra yönündeki ortalama sıklık değerleri Şekil 5.4 ve 5.5'te grafik olarak gösterilmektedir. Çubuk ve sıra sıklığı ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler Ek 4'te verilmektedir.



Şekil 5.4 Ortalama çubuk sıklığı değerleri (Çubuk sayısı/cm)

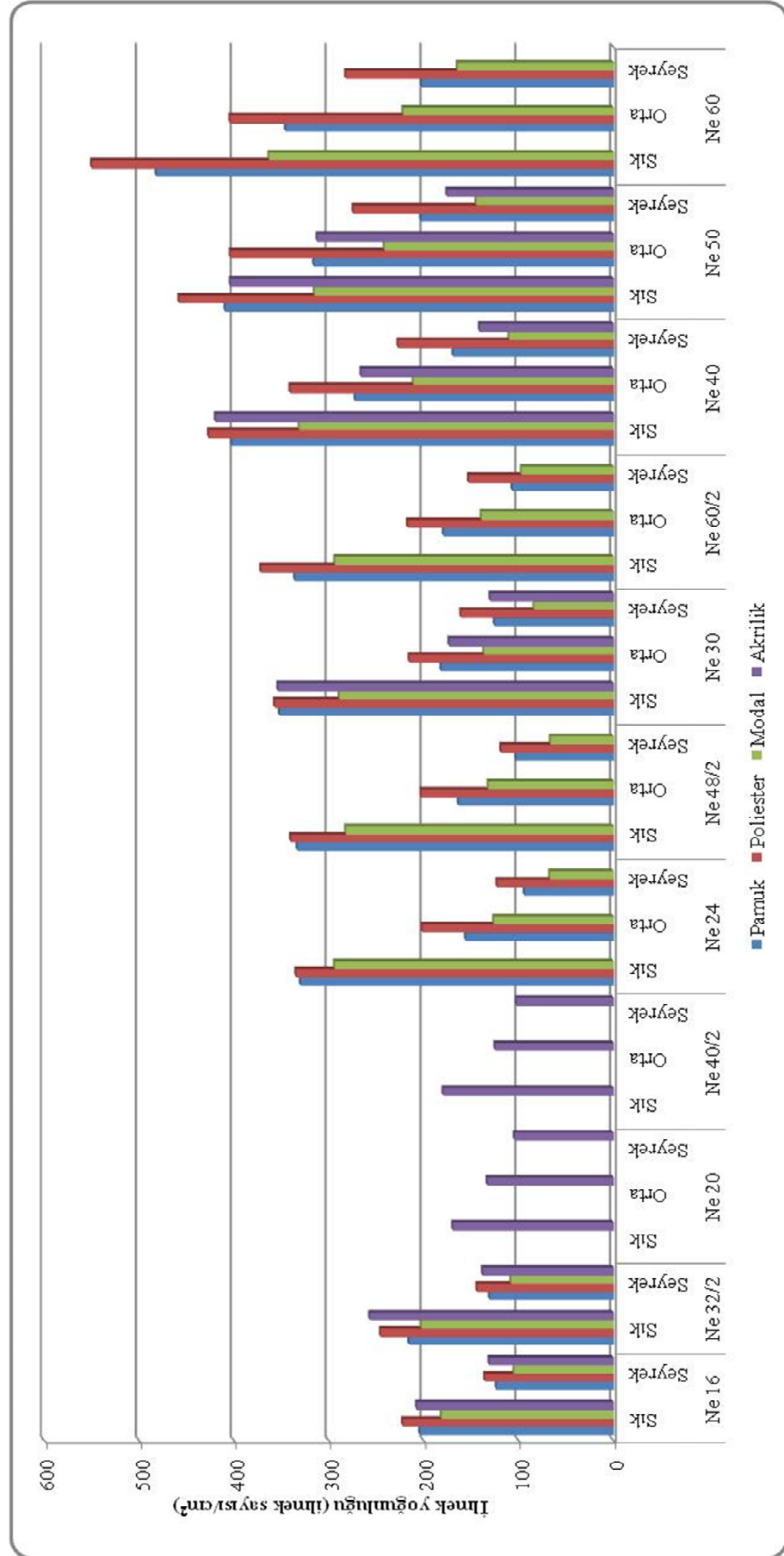




Şekil 5.5 Ortalama sıra sıklığı değerleri (Sıra sayısı/cm)

Beklenildiği gibi iplik inceldikçe ve kumaş sıklaştıkça kumaşların çubuk ve sıra sıklıkları da artmaktadır. Modal kumaşların çubuk ve sıra sıklığı değerleri diğer kumaşlardan daha düşüktür.

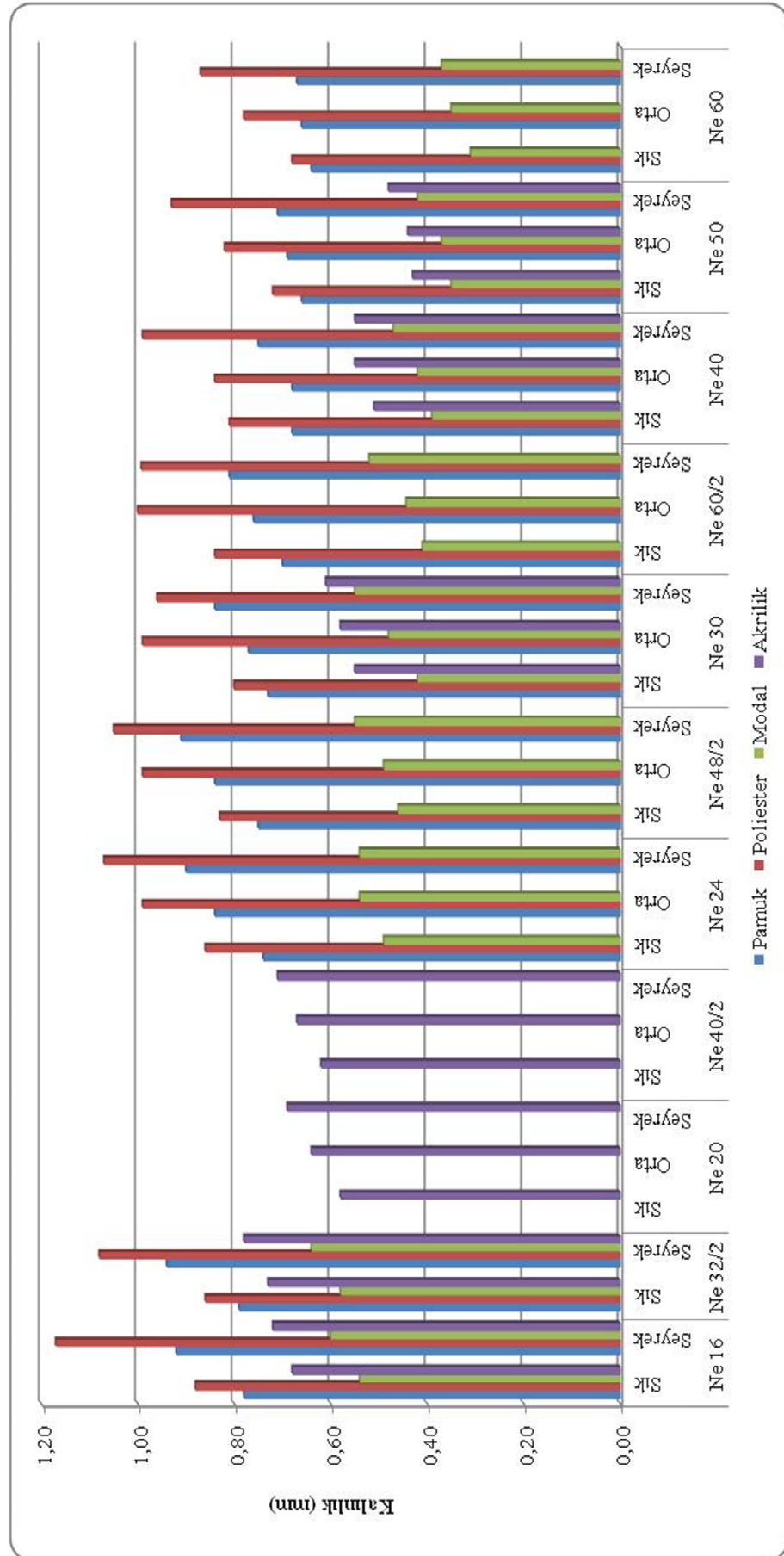
Şekil 5.6'da kumaşların ilmek yoğunluğu değerleri grafiği gösterilmektedir. Kumaşların ilmek yoğunluğu değerleri Ek 5'te verilmektedir.

Şekil 5.6 İlmeğe yoğunluğu değerleri (ilmeğe sayısı/cm<sup>2</sup>)

Aynı iplik numarası ve sıklık değerindeki kumaşlar, aynı makine ayarlarında üretilmişlerdir. Bu sebeple cm'deki çubuk ve sıra sıklıkları ve ilmek yoğunlukları üretimde aynıdır. Ancak materyallerin birbirinden farklı olması ve yıkama işlemi gerçekteştirilmesi sebebi ile kumaşlar birbirlerinden farklı çekme göstermişlerdir. Şekil 5.6'da görüldüğü gibi en yüksek ilmek yoğunluğu poliester kumaşlarda ve en düşük ilmek yoğunluğu da modal kumaşlarda görülmektedir. Bu sonuçlara dayanarak yıkamada en fazla poliester kumaşların ve en az da modal kumaşların çektii söylenebilir.

### **5.5 Kumaşların Kalınlıklarına Ait Bulgular**

Şekil 5.7'de çalışmada kullanılan kumaşların ortalamakalınlık değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Ek 6'da kumaşların kalınlık ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler verilmektedir. Şekil 5.7'de poliester kumaşların diğer kumaşlardan daha kalın olduğu, bunu pamuklu kumaşların izlediği görülmektedir. Modal kumaşlar ise en düşük kalınlık değerine sahiptirler. Bunun yanında iplik kalınlıklaşıkça ve kumaş seyredikçe kalınlık değerleri artış göstermektedir.



Şekil 5.7 Ortalama kalınlık değerleri (mm)

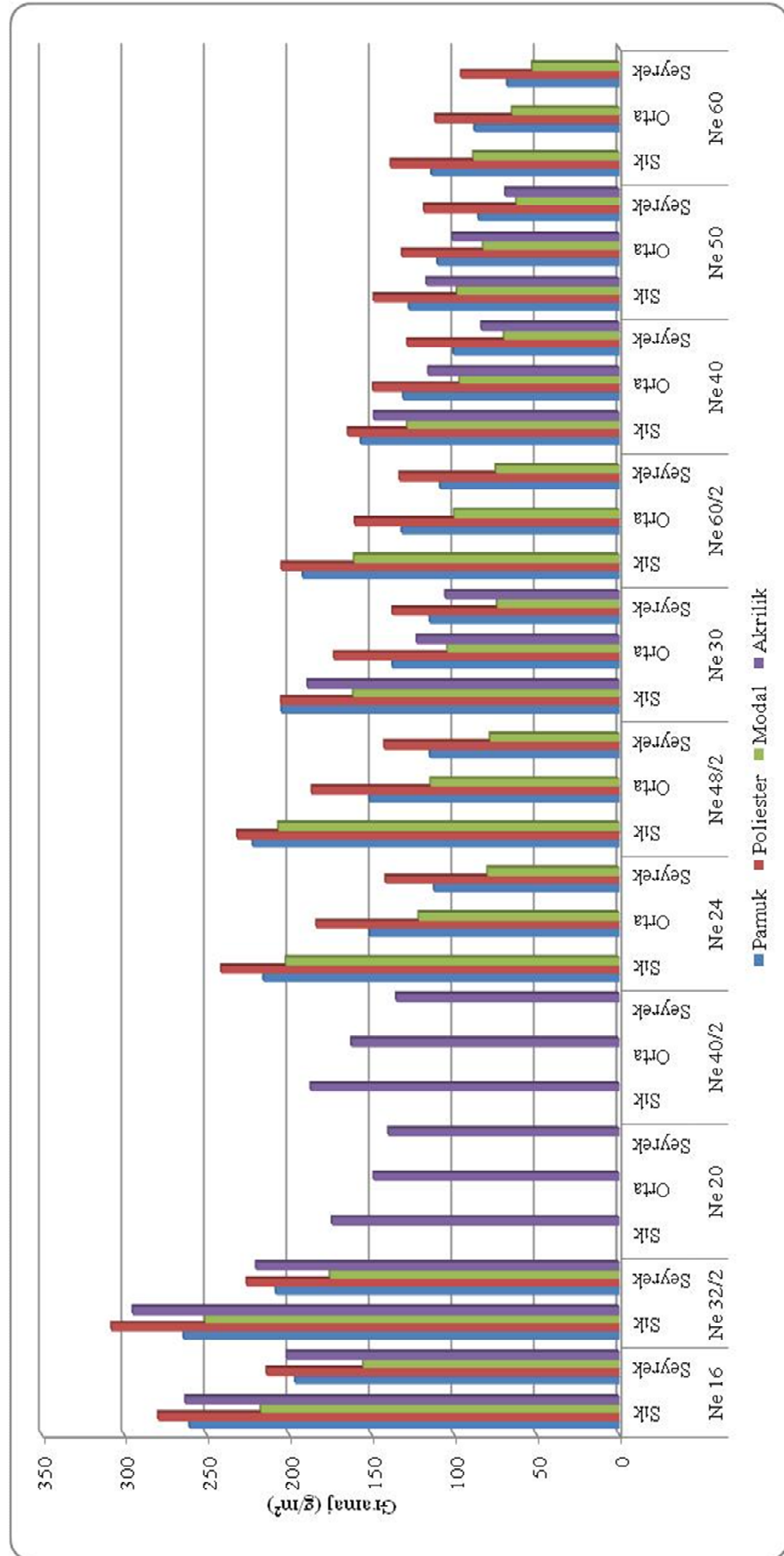
## 5.6 Kumaşların Gramajlarına Ait Bulgular

Şekil 5.8' de kumaşların ortalama gramaj değerleri grafik olarak gösterilmektedir. Ek 7'de kumaşların gramaj ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler verilmektedir.

İlmeğe yoğunluğuna ait bulgularda belirtildiği gibi yıkamada en çok çekme poliester kumaşlarda, en az çekme de modal kumaşlarda meydana gelmiştir. Bu durum poliester kumaşların gramaj değerlerinin daha yüksek ve modal kumaşların gramaj değerlerinin daha düşük olmasını açıklamaktadır.

Bunun yanında, iplik kalınlıkları ile birlikte değerlendirildiğinde, poliester ipliklerin daha kalın olması da, gramaj değerini arttıran bir sebep olarak düşünülmektedir.

Kumaşların sıklığı arttıkça beklenildiği gibi gramajları da yükselmektedir. Ayrıca iplik kalınlaştıkça kumaş gramaj değerleri yükselmektedir.

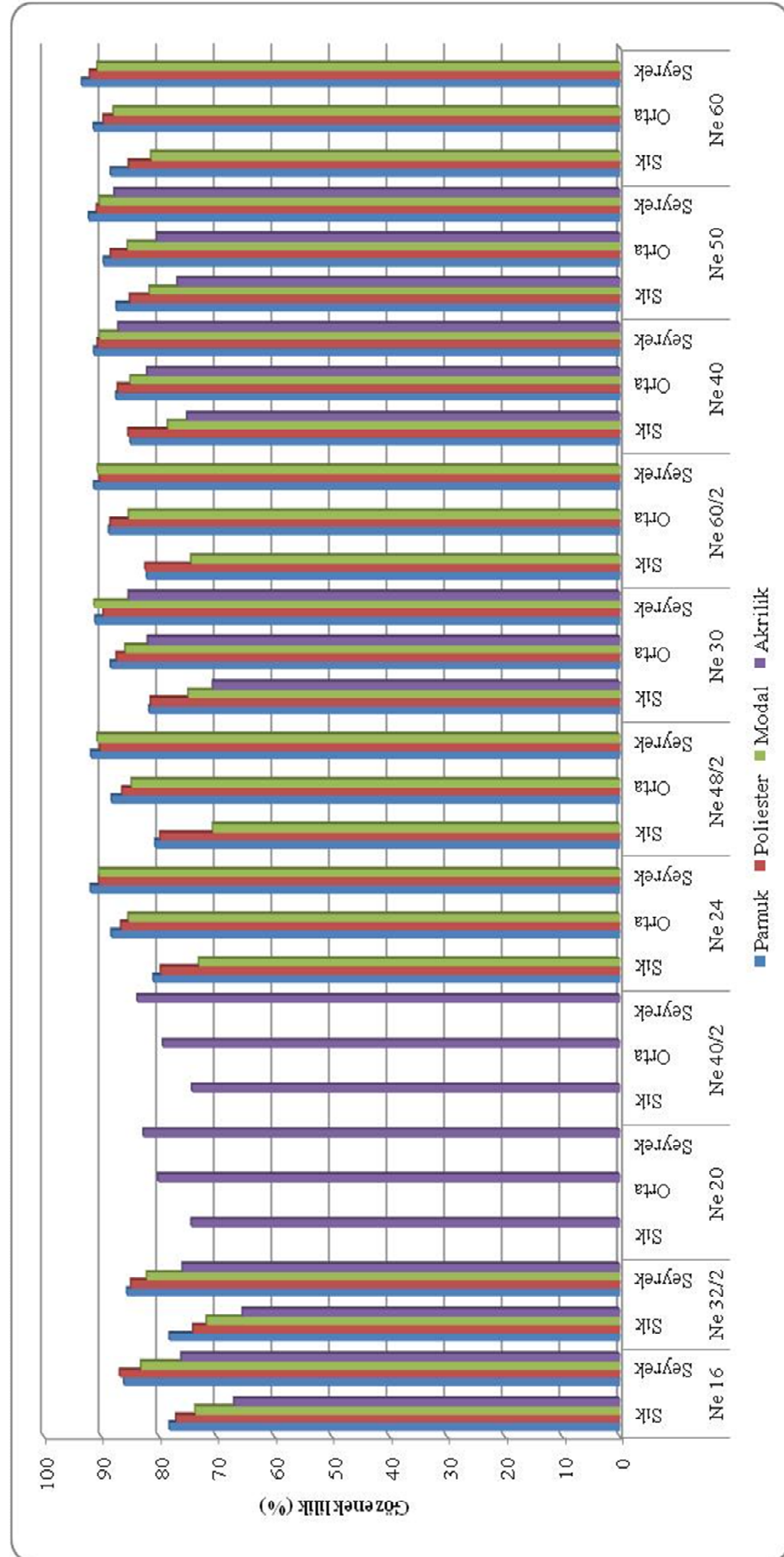
Şekil 5.8 Ortalama gramaj değerleri (g/m<sup>2</sup>)

## 5.7 Kumaşların Gzenekliliklerine Ait Bulgular

Şekil 5.9’da kumaşların Bölüm 4.4.2.5’te verilen formüle göre hesaplanan gözeneklilik değerleri grafik olarak gösterilmektedir. Ek 8’de kumaşların gözeneklilik değerleri verilmektedir.

Hesaplamalarda pamuk ve modal liflerinin yoğunluğu  $1,53 \text{ g/cm}^3$ , poliester lifinin yoğunluğu  $1,38 \text{ g/cm}^3$  ve akrilik lifinin yoğunluğu  $1,17 \text{ g/cm}^3$  alınmıştır.





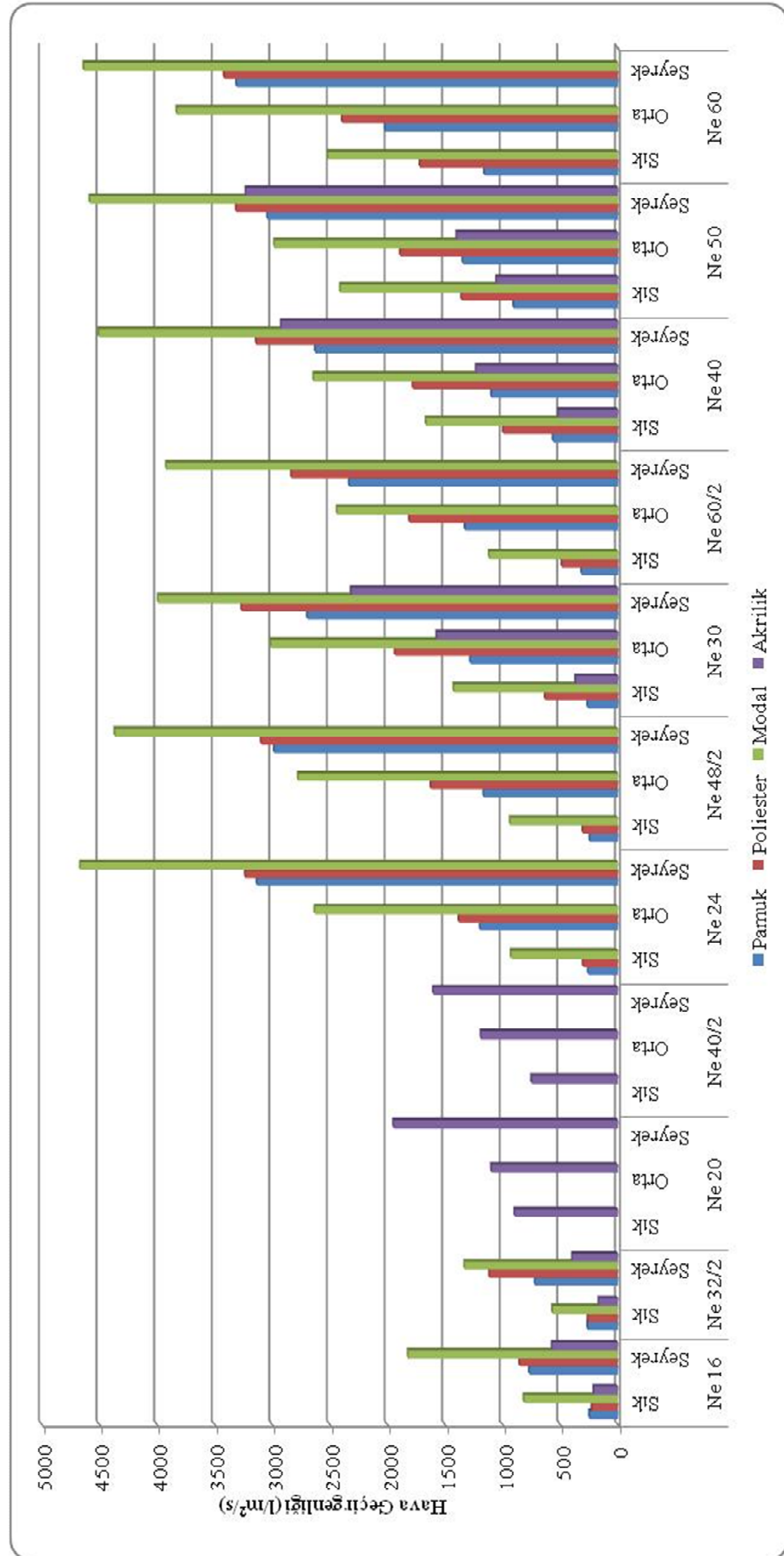
Şekil 5.9 Gözeneklilik değerleri (%)

Şekil 5.9 incelendiğinde akrilik kumaşların gözeneklilik değerlerinin en düşük olduğu, pamuk ve poliester kumaşların gözeneklilik değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Pamuklu kumaşların gözeneklilik değerleri genellikle çok küçük bir fark ile poliester kumaşlardan daha yüksektir. Gözeneklilik formülüne göre kumaş gramajının kalınlık ve lif yoğunluğuna oranı ne kadar yüksek ise gözeneklilik o kadar düşük çıkacaktır.

### **5.8 Kumaşların Hava Geçirgenliklerine Ait Bulgular**

Şekil 5.10'da kumaşların ortalama hava geçirgenlik değerleri grafik olarak gösterilmektedir. Ek 9'da kumaşların hava geçirgenlik ölçümlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler verilmektedir.

Kumaşların hava geçirgenliklerinin kumaşın sıklığı arttıkça azaldığı ve modal kumaşların en yüksek hava geçirgenlik değerlerini gösterdiği Şekil 5.10'da görülmektedir. En düşük hava geçirgenliği özelliğini ise pamuklu kumaşlar göstermektedir. En düşük kumaş sıklığına sahip modal kumaşların en yüksek hava geçirgenliğine sahip olması beklenen bir durumdur. Genel olarak iplik incelidikçe hava geçirgenliği değerleri artmaktadır.

Şekil 5.10 Ortalama hava geçirgenliği değerleri (l/m<sup>2</sup>/s)

## 5.9 Kumaşların Isıl Dirençlerine Ait Bulgular

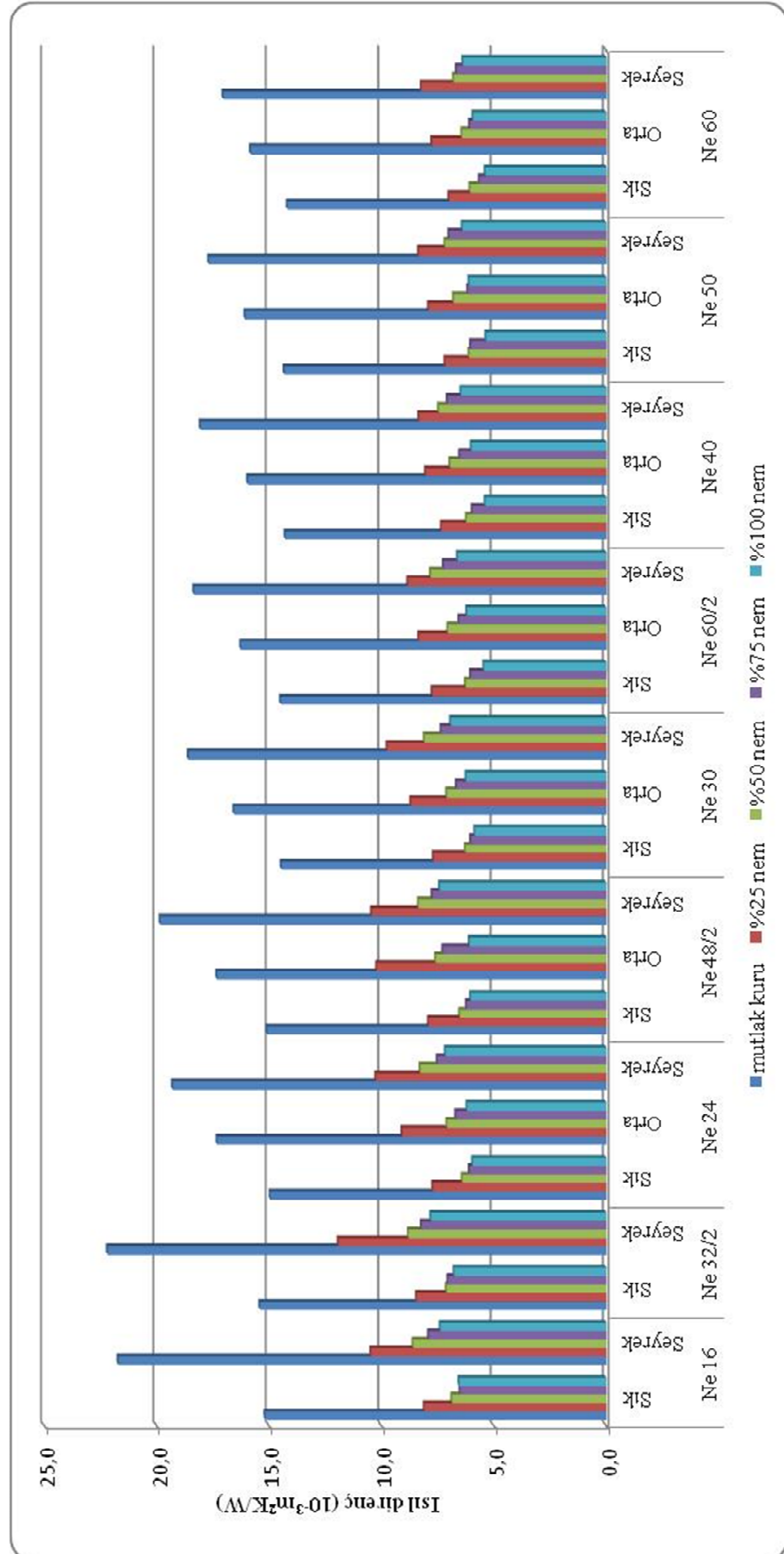
Ek 10'da kumaşların farklı nem oranlarında ölçülen ısı direnç değerlerine ait ortalama değerler, varyasyon katsayısı değerleri ve ölçümlerden elde edilen maksimum-minimum değerler verilmektedir.

Genel olarak en düşük ısı direnç değerine sahip olan kumaşlar modal kumaşlar olup, bu durum en düşük kalınlığa sahip olmaları ile açıklanmaktadır. Direnç formülü gereği ( $R=h/\lambda$ ) düşük kalınlığa sahip kumaşların ısı direnç değerleri de düşük olmaktadır. Aynı sebepten dolayı, poliester kumaşların ısı direnç değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Poliester kumaşların kalınlık değerleri diğer kumaşlardan daha yüksek çıkmıştır.

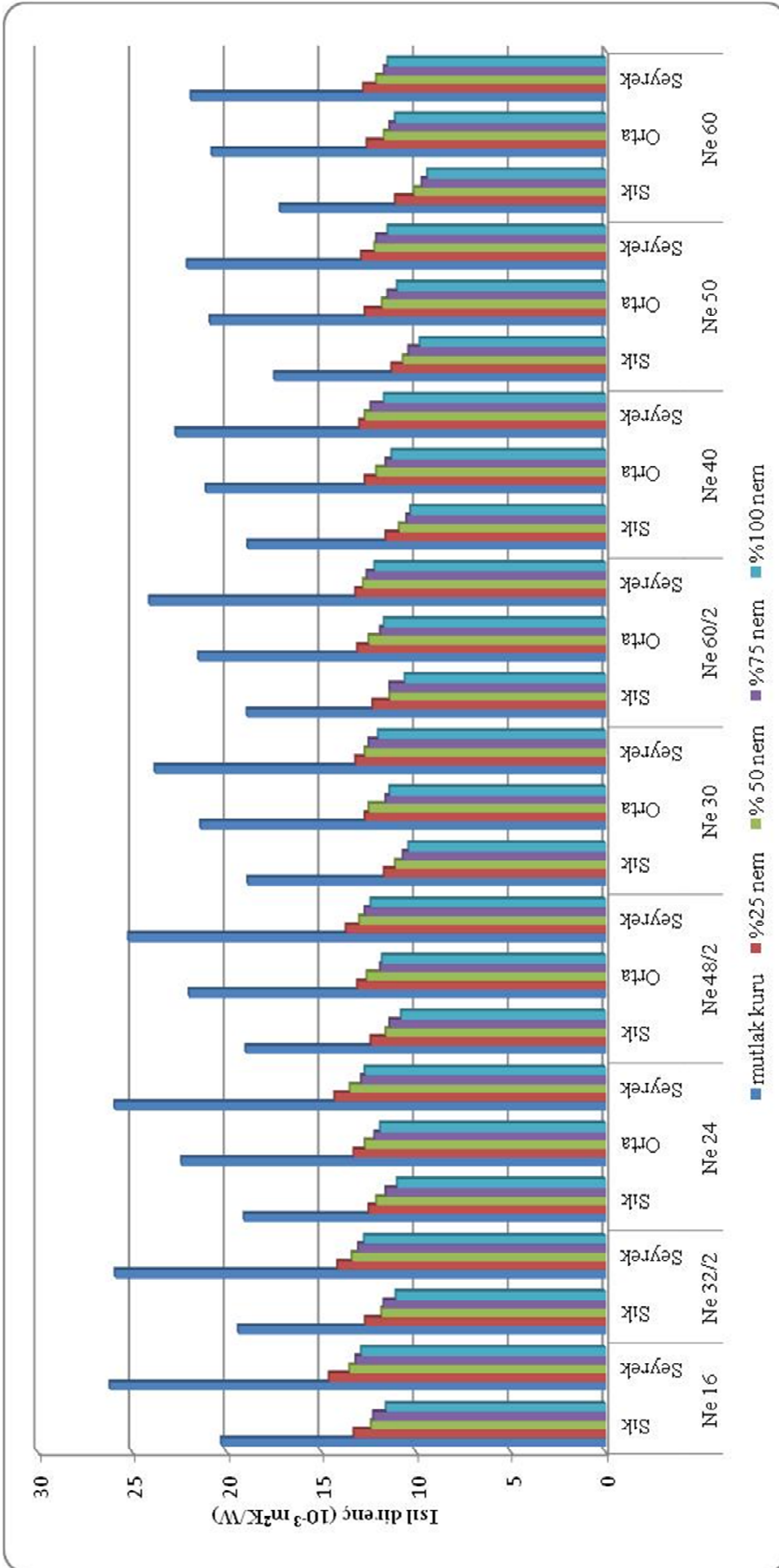
Çift katlı ipliklerden örülmüş kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerleri, eşdeğer numaradaki tek katlı ipliklerden örülmüş kumaşlar ile istatistiksel olarak karşılaştırıldığında modal ipliklerden üretilmiş Ne 60/2 ile Ne 30 ve Ne 48/2 ile Ne 24 haricindeki kumaşlarda %95 güven aralığında önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Modal ipliklerde karşılaşılan bu durumun iplik inceliğindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yukarıda bahsedilen çift katlı iplikler, karşılaştırıldıkları tek katlı ipliklerden daha ince üretilmiş oldukları için ısı direnç değerleri daha düşük olmaktadır.

Kumaşların sıklığının artması ile kumaşın kalınlık değerleri düşmekte ve kumaş içerisinde bulunan hava miktarı azalmaktadır. Bu sebeple, kumaşların sıklığının artması ile ısı direnç değerlerinde düşme görülmektedir.

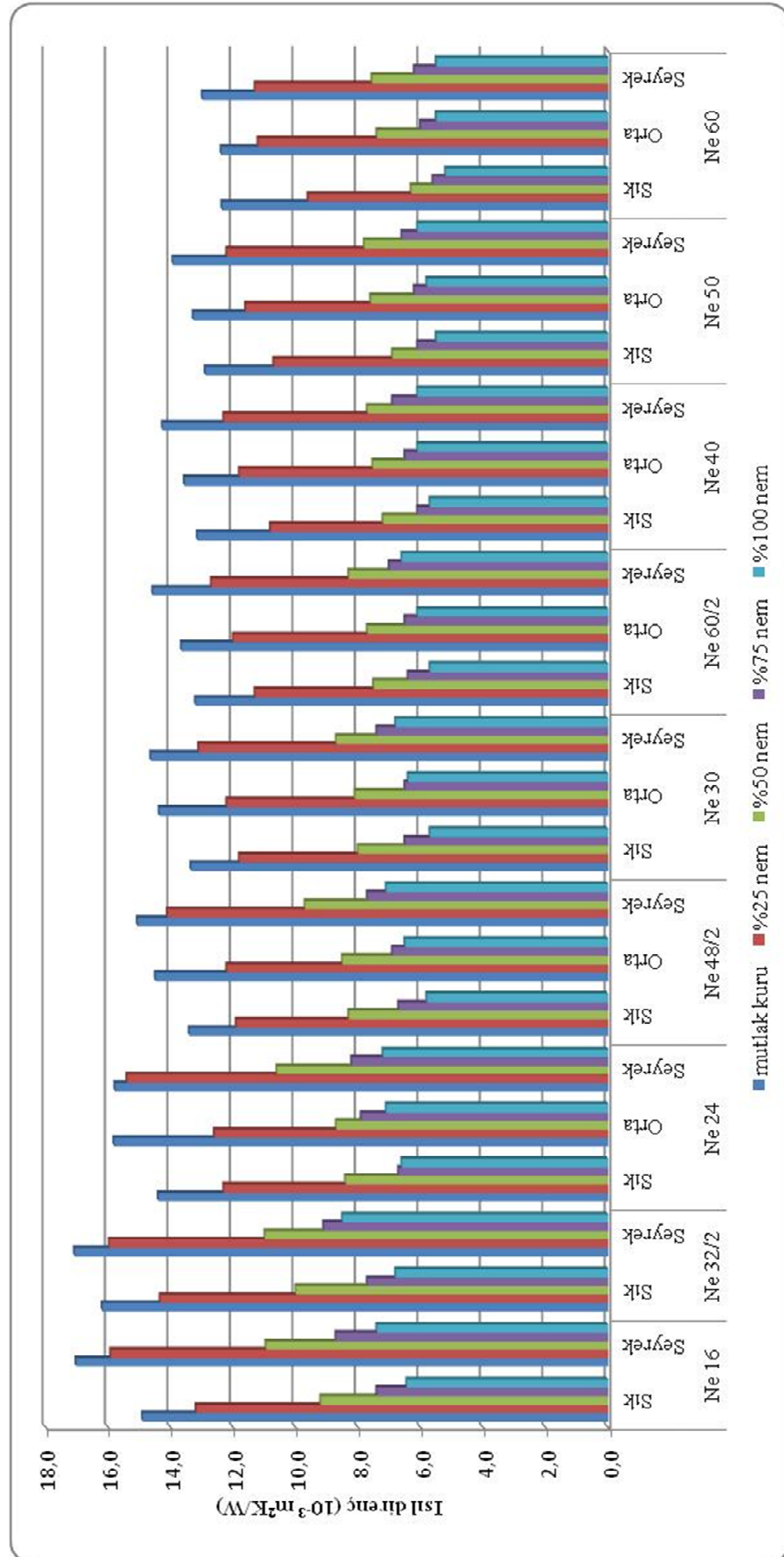
Şekil 5.11 ve 5.14 arasında pamuk, poliester, modal ve akrilik kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç değişimleri ayrı ayrı verilmiştir. Beklendiği gibi, nem arttıkça, ısı iletkenlik değeri düşük olan hava ile ısı iletkenlik değeri yüksek olan suyun yer değiştirmesi nedeniyle ısı direnç düşmektedir. En büyük düşüş ise kumaşların mutlak kuru ile %25 arasında neme sahip olduklarında görülmektedir.



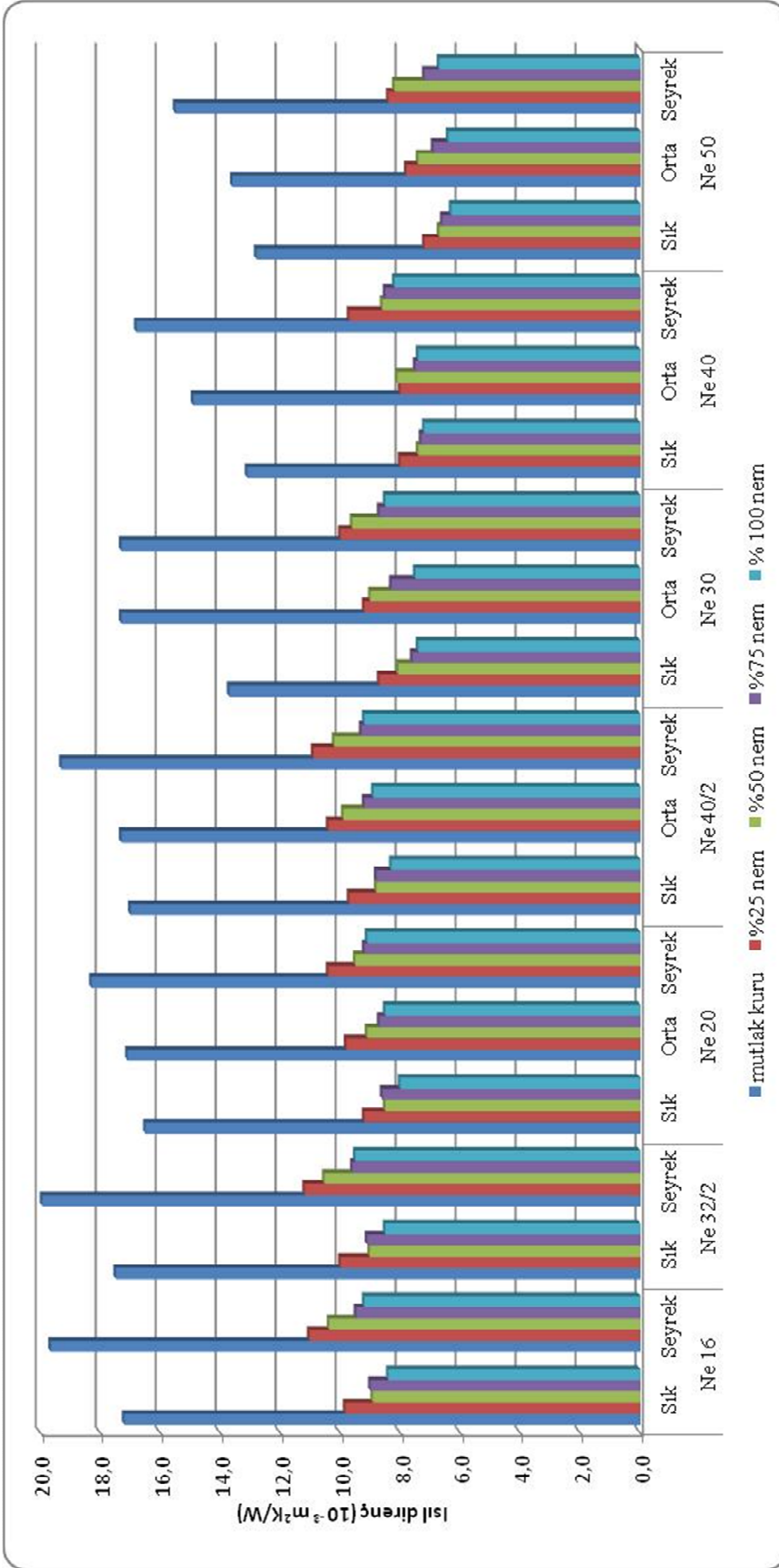
Şekil 5.11 Pamuklu kumaşların ortalama ısıl direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )



Şekil 5.12 Poliester kumaşların ortalama ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )



Şekil 5.13 Modal kumaşların ortalama ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )



Şekil 5.14 Akrilik kumaşların ortalama ısıl direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )



## 6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 6.1 Kumaş Isıl Direncine Etki Eden Faktörlerin Varyans Analizi ile İncelenmesi

Çalışmada kullanılan materyal, iplik numarası ve sıklık özelliklerinin kumaşların gramaj, kalınlık, ilmek iplik uzunluğu, çubuk ve sıra sıklığı, hava geçirgenliği ve farklı nem oranlarındaki ısı direnci bağımlı değişkenleri üzerine etkileri varyans analizi yardımı ile incelenmiştir. Özelliklerin ana etkileri yanında ikili ve üçlü etkileşimleri de değerlendirilmiştir. Çizelge 6.1 'de çalışmada incelenen faktörler ile bağımlı değişkenler arasındaki varyans analizine ait  $\alpha=0.05$  güven derecesine göre önem katsayıları (p) verilmektedir. 0.05`den küçük önem derecesine sahip faktörlerin incelenen özellik üzerine etkisinin, rastgele bir etki olmadığı, istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6.1 Çalışmada incelenen faktörler ile bağımlı değişkenler arasındaki varyans analizine ait p değerleri

Faktörler	Bağımlı değişkenler										
	Gramaj	Kalınlık	İlm. İpl. Uz.	Çubuk Sık.	Sıra Sık.	Hava Geç.	Isıl Direnc				
							Mutlak kuru	%25 nem	%50 nem	%75 nem	%100 nem
Materyal	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
İplik No	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Sıklık	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Materyal*İplik No	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Materyal*Sıklık	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
İplik No*Sıklık	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,029*	0,003*
Materyal*İplik No*Sıklık	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,004*

\*  $\alpha=0,05$  seviyesi için önemlidir.

Çizelge 6.1 incelendiğinde çalışmada incelenen bağımlı değişkenlerin hepsinin materyal, iplik numarası, sıklık faktörlerinden ve bunların ikili etkileşimlerinden istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiği görülmektedir.

## 6.2 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Regresyon Yöntemi ile Tahminlenmesi

Tez çalışmasında kullanılan kumaşların farklı nem oranlarında ısıl direnç değerlerinin tahmin edilebilmesi amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Öncelikle kumaşların farklı nem oranlarında gösterdikleri ısıl direnç özellikleri bağımlı değişken; kumaştaki su yüzdesi, lif yoğunluğu, lif iletkenliği, özgül ısı, gramaj, iplik numarası, iplik çapı, kumaş kalınlığı, çubuk ve sıra sıklığı, ilmek yoğunluğu, ilmek iplik uzunluğu, gözeneklilik ve hava geçirgenliği değerleri bağımsız değişken olarak düşünülmüştür. Lif iletkenliği ve özgül ısı değerleri arasında yüksek bir korelasyon olduğundan, lif özelliğini daha iyi yansıttığı düşünülen özgül ısı bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir. Lif yoğunluğu, kumaşta bulunan su yüzdesi ve kumaş kalınlığı değerlerinin ısıl direnç ile arasında yüksek korelasyon bulunduğu için modele dahil edilmişlerdir. Kumaş kalınlığı değeri ile arasında korelasyon bulunan iplik ve kumaş özellikleri bağımsız değişken olarak kabul edilmemiştir. Kumaş sıklığını açıklayan ilmek yoğunluğu ve ilmek iplik uzunluğu parametreleri arasında korelasyon yüksek bulunmuştur, bu sebeple ilmek yoğunluğu ölçüm kolaylığı açısından tercih edilmiştir. Elde edilen eşitlik aşağıda verilmektedir.

$$R_{kumaş} = [ -169,278 + 80,647 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 49,836 * \text{Lif yoğunluğu (} d_{lif} \text{) (g/cm}^3 \text{)} + 11,547 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 8,437 * \text{Su miktarı (\%)} + 0,000 * \text{İlmeğin yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2 \text{)} ]$$

Regresyon belirleme katsayısının  $R^2 = \%76,3$  ve düzeltilmiş belirleme katsayısı  $R^2 \text{ adj} = \%76$  olduğu denklemde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.2'de görülmektedir.

Çizelge 6.2 Farklı nem oranları için elde edilen ısıl direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-169,278	-12,585	0,000
Özgül ısı	80,647	13,746	0,000
Lif yoğunluğu	49,836	12,632	0,000
Kumaş kalınlığı	11,547	20,907	0,000
Su miktarı	-8,437	-31,078	0,000
İlmeğin yoğunluğu	0,000	-0,227	0,821

Çizelge 6.2'ye göre eşitlik içinde yer alan her bir bağımsız değişkenin önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Değişkenin önemli olmaması durumunda ( $p \geq 0,05$ ), değişkenin ihmal edilebildiği belirtildiğinden (Ergün, 1995), modelde önemsiz değişken eşitlikten çıkarılmış ve nemli durumda kumaşın ısı direnci için aşağıdaki sadeleştirilmiş eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{kumaş} = [ -169,899 + 80,893 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 50,004 * \text{Lif yoğunluğu (} d_{lif} \text{) (g/cm}^3 \text{)} + 11,570 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 8,437 * \text{Su miktarı (\%)} ]$$

Elde edilen ikinci denklemin  $R^2$ ' si %76,3 ve düzeltilmiş  $R^2$ ' si %76'dır. Denkleminde yer alan tüm değişkenler %95 güven aralığında önemlidir. Kumaşın ısı direnci ile denkleminde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Lif yoğunluğu, lif özgül ısısı ve kumaş kalınlığının artması ile ısı direncin arttığı, kumaşın içerdiği su miktarının artması ile ise ısı direncin düştüğü görülmektedir.

Yeni denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.3'te, denklemin varyans analizi Çizelge 6.4'te verilmektedir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.3 Farklı nem oranları için düzenlenen ısı direnci regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

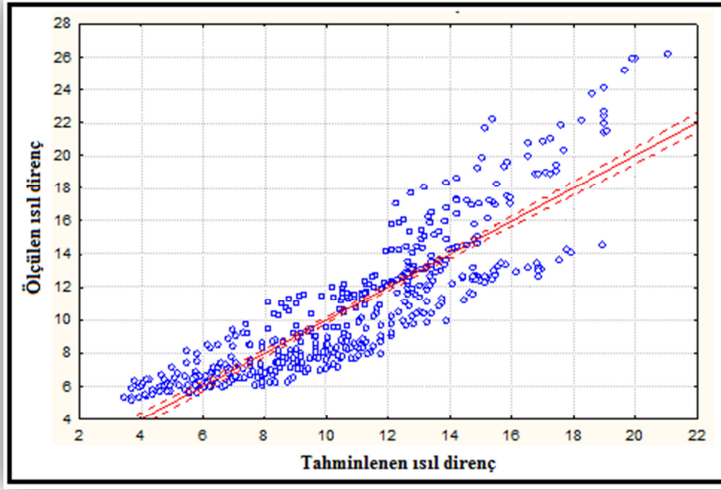
Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-169,899	-12,914	0,000
Özgül ısı	80,893	14,044	0,000
Lif yoğunluğu	50,004	12,915	0,000
Kumaş kalınlığı	11,570	21,311	0,000
Su miktarı	-8,437	-31,110	0,000

Çizelge 6.4 Farklı nem oranlarındaki ısı direnci regresyon denkleminde ait varyans analizi

	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	4	6451,716	1612,929	373,267	0,000
Artık (hata)	465	2009,320	4,321		
Toplam	469	8461,036			

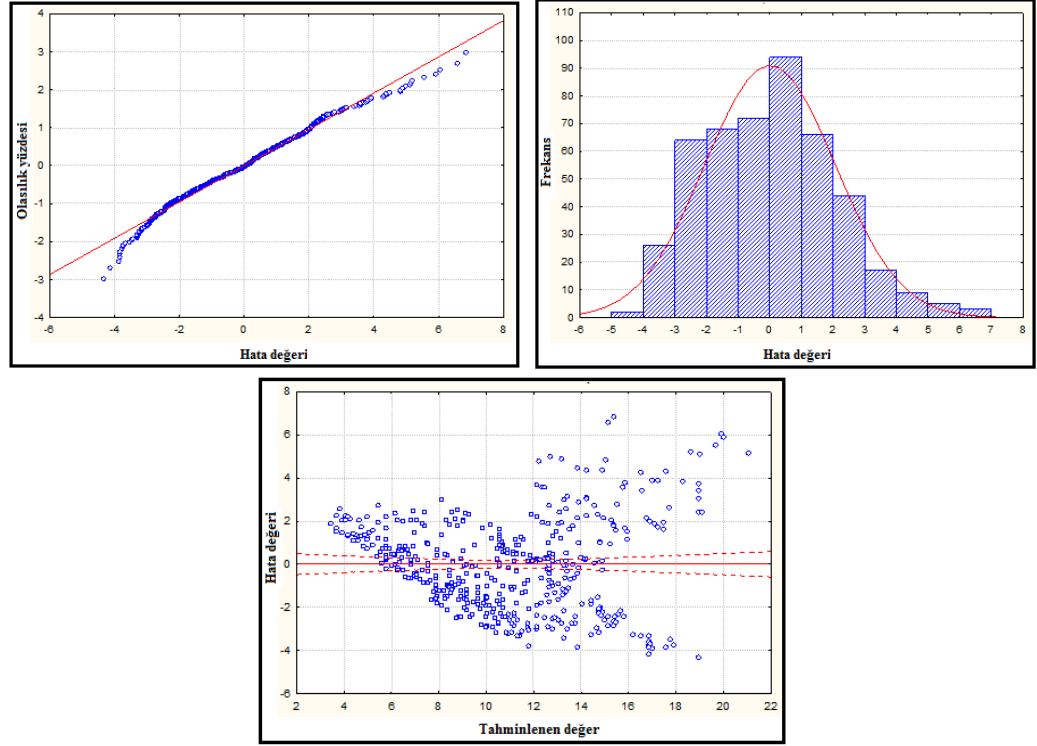
Şekil 6.1'de oluşturulan regresyon modeli kullanılarak kumaşların farklı nem oranlarında tahminlenen ısı direnci ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi

gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 87,3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.1 Tahminlenen ısıl direnç ile ölçülen ısıl direnç arasındaki ilişki

Regresyon modelinin geçerliliğinin test edilmesi için hata teriminin de incelenmesi gereklidir. Tahminlenen değer ile gerçek değer arasındaki fark olarak ifade edilen hata terimi normal dağılım göstermelidir. Bunun için normal olasılık grafikleri çizildiğinde noktaların bir doğru üzerinde olması beklenmektedir. Hata değerlerinin normal dağılım gösterip göstermediği histogram yardımıyla da belirlenebilmektedir. Ayrıca hata değerleri ile tahminlenen değerlerin de ortalama hata değeri olan 0 değerine göre simetrik bir dağılım göstermesi beklenmektedir. Şekil 6.2`de hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılıma yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.2 Farklı nem oranlarındaki ısı direnci tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

İkinci olarak kumaşların her bir nem oranında gösterdikleri ısı direnci özellikleri bağımlı değişken; özgül ısı, lif yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve ilmek yoğunluğu bağımsız değişken olarak alınmış ve her nem oranı için ayrı bir regresyon analizi yapılmıştır. Mutlak kuru durum için elde edilen eşitlik aşağıda verilmektedir.

$$R_{(mutlak\ kuru)} = [ -100,617 + 49,867 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 29,166 * \text{Lif yoğunluğu (} d_{lif} \text{) (g/cm}^3 \text{)} + 17,298 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 0,003 * \text{İlme yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2 \text{)} ]$$

Elde edilen denklemin  $R^2$ ' si %92,5 ve düzeltilmiş  $R^2$ ' si %92,2 gibi çok yüksek bir değerdir. Denkleminde yer alan tüm değişkenler %95 güven aralığında önemlidir. Mutlak kuru kumaşın ısı direnci ile denkleminde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özgül ısı, lif yoğunluğu ve kumaş kalınlığının artması ile kumaşın mutlak kuru durumdaki ısı direnci artmakta, ilmek yoğunluğunda meydana gelen artış ile direnci azalmaktadır. Denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.5'te, denklemin varyans analizi Çizelge 6.6'da gösterilmiştir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

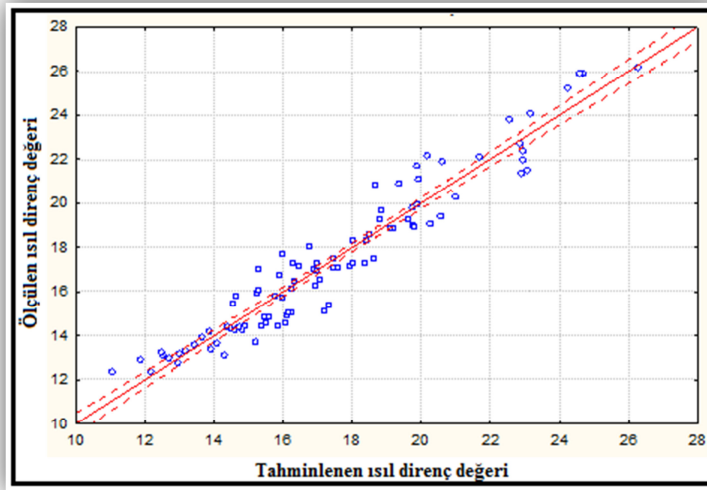
Çizelge 6.5 Mutlak kuru durumdaki ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-100,617	-7,265	0,000
Özgül ısı	49,867	8,255	0,000
Lif yoğunluğu	29,166	7,180	0,000
Kumaş kalınlığı	17,298	30,416	0,000
İlmek yoğunluğu	-0,003	-3,440	0,001

Çizelge 6.6 Mutlak kuru durumdaki ısı direncin regresyon denkleminde ait varyans analizi

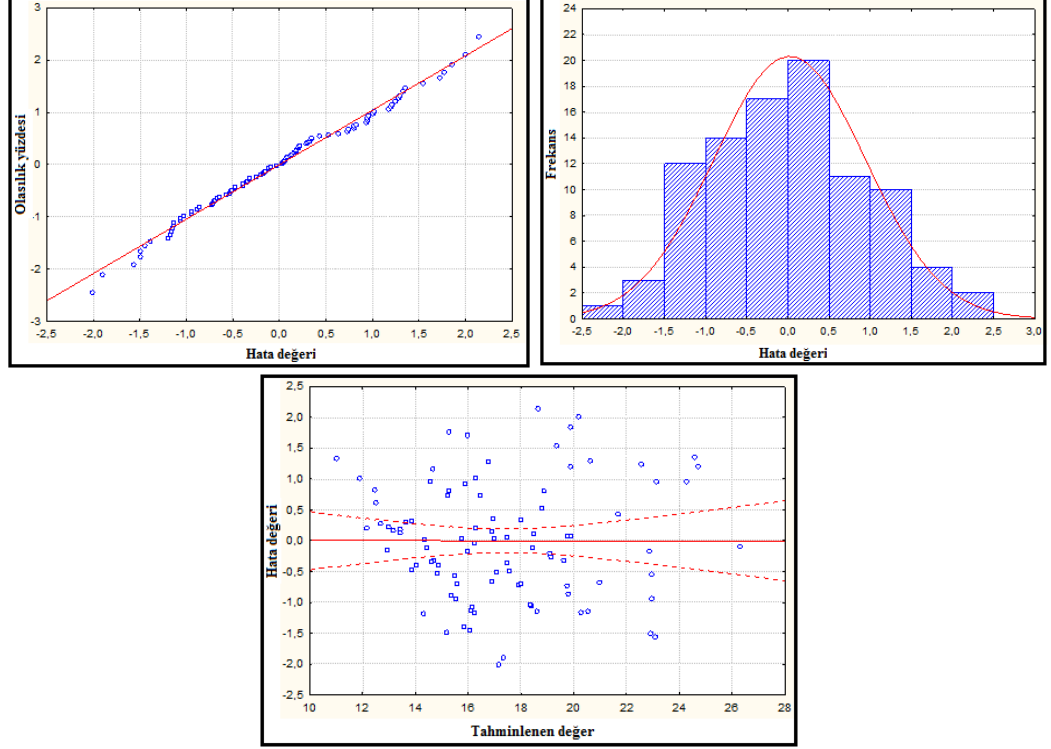
	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	4	1007,103	251,776	274,245	0,000
Artık (hata)	89	81,708	0,918		
Toplam	93	1088,811			

Şekil 6.3'te oluşturulan regresyon modeli kullanılarak kumaşların mutlak kuru durumdaki tahminlenen ısı dirençleri ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 96,2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.3 Mutlak kuru durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki

Şekil 6.4'te hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılışa yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.4 Mutlak kuru durundaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

Kumaşın %25 nemli olduğu durumdaki ısı direncin tahminlenmesi için gerçekleştirilen regresyon analizi ile aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{(%25)} = [ -261,426 + 118,012 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 80,006 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3) + 7,357 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 0,003 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2) ]$$

Elde edilen denklemin  $R^2$ ' si %92,7 ve düzeltilmiş  $R^2$ ' si %92,4 gibi çok yüksek bir değerdir. Denkleminde yer alan tüm değişkenler %95 güven aralığında önemlidir. %25 nemli kumaşın ısı direnci ile denkleminde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özgül ısı, lif yoğunluğu ve kumaş kalınlığının artması ile kumaşın %25 nemli durumdaki ısı direnci artmakta, ilmek yoğunluğunda meydana gelen artış ile direnç değeri azalmaktadır. Denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge

6.7'te, denklemin varyans analizi Çizelge 6.8'de gösterilmiştir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.7 %25 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

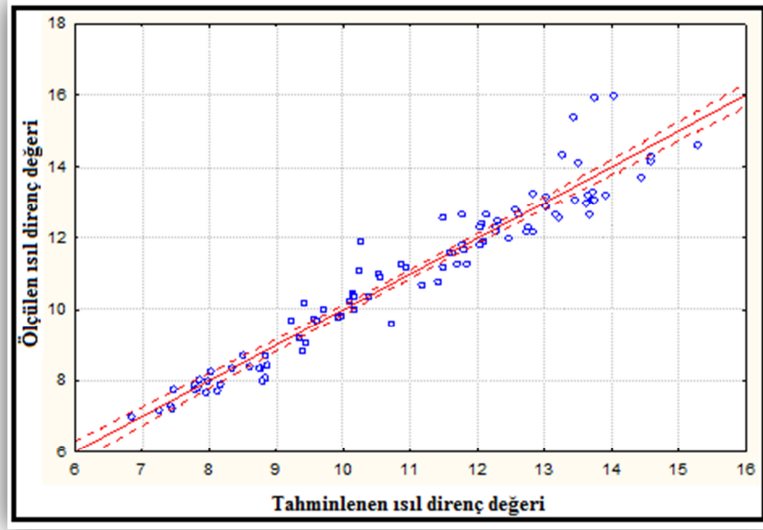
Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-261,426	-29,274	0,000
Özgül ısı	118,012	30,296	0,000
Lif yoğunluğu	80,006	30,545	0,000
Kumaş kalınlığı	7,357	20,061	0,000
İlmek yoğunluğu	-0,003	-5,702	0,000

Çizelge 6.8 %25 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi

	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	4	1007,103	251,776	274,245	0,000
Artık (hata)	89	81,708	0,918		
Toplam	93	1088,811			

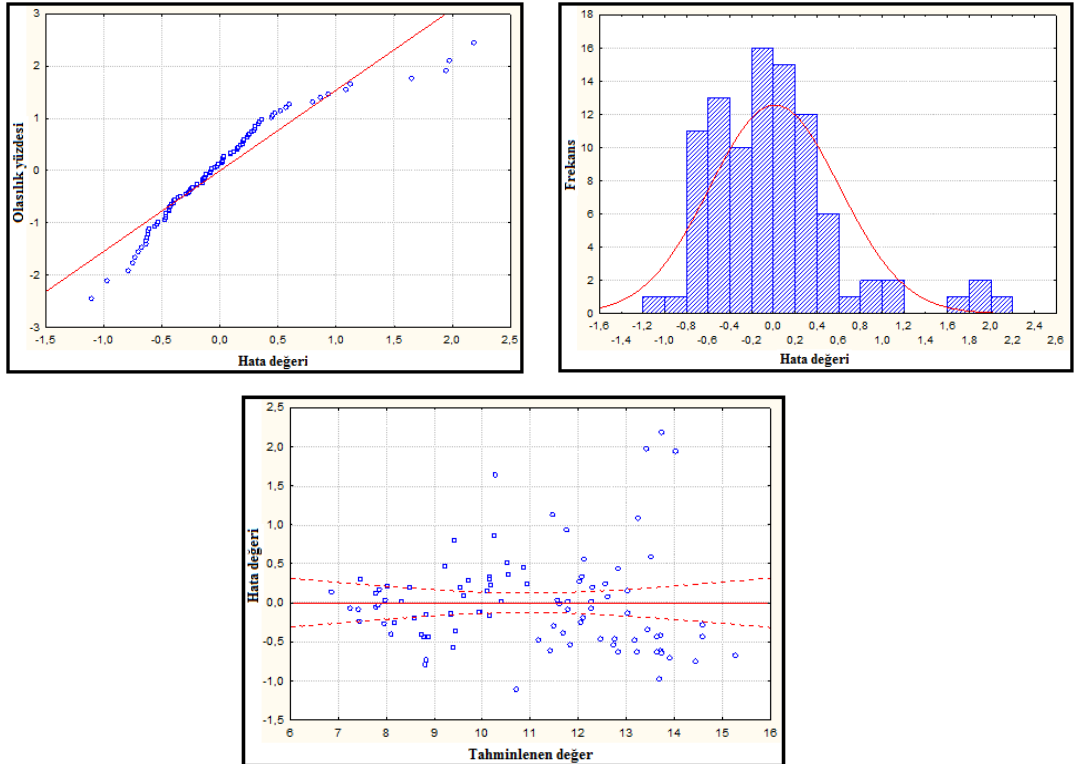
Şekil 6.5'te oluşturulan regresyon modeli kullanılarak %25 nemli kumaşın tahminlenen ısı dirençleri ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 96,3 olarak belirlenmiştir.





Şekil 6.5 %25 nemli durumda tahminlenen ısı direnç ile ölçülen ısı direnç arasındaki ilişki

Şekil 6.6'da hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılışa yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.6 %25 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

Kumaşın %50 nemli olduğu durumdaki ısı direncin tahminlenmesi için gerçekleştirilen regresyon analizi ile aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{(%50)} = [ -191,42 + 88,565 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 54,417 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 10,431 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} + 0,001 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Regresyon belirleme katsayısının  $R^2 = \%94,9$  ve düzeltilmiş belirleme katsayısı  $R^2 \text{ adj} = \%94,7$  olduğu denklemde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.9'da görülmektedir.

Çizelge 6.9 %50 nemli kumaşın ısı direnci regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-191,402	-26,622	0,000
Özgül ısı	88,565	28,805	0,000
Lif yoğunluğu	54,417	25,805	0,000
Kumaş kalınlığı	10,431	35,331	0,000
İlmek yoğunluğu	0,001	1,185	0,239

Çizelge 6.9'a göre eşitlik içinde yer alan her bir bağımsız değişkenin önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Değişkenin önemli olmaması durumunda ( $p \geq 0,05$ ), değişkenin ihmal edilebileceği belirtildiğinden (Ergün, 1995), modeldeki önemsiz değişken olan ilmek yoğunluğu eşitlikten çıkarılarak analiz tekrar edilmiş ve sonuçta %50 nemli durumdaki kumaşın ısı direnci için aşağıdaki sadeleştirilmiş eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{(%50)} = [ -189,664 + 87,877 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 53,949 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 10,368 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} ]$$

Elde edilen ikinci denklemin  $R^2$ ' si  $\%92,7$  ve düzeltilmiş  $R^2$ ' si  $\%92,4$  gibi çok yüksek bir değerdir. Denklemde yer alan tüm değişkenler  $\%95$  güven aralığında önemlidir. %50 nemli kumaşın ısı direnci ile denklemde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özgül ısı, lif yoğunluğu ve kumaş kalınlığının artması ile kumaşın %50 nemli durumdaki ısı direnci artmaktadır. Denklemde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve

önemlilik dereceleri Çizelge 6.10'da, denklemin varyans analizi Çizelge 6.11'de gösterilmiştir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

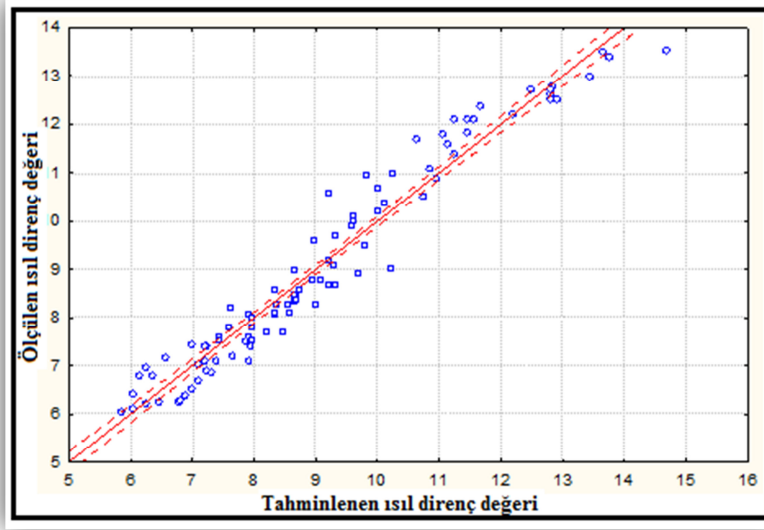
Çizelge 6.10 %50 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-189,664	-26,886	0,000
Özgül ısı	87,877	28,450	0,000
Lif yoğunluğu	53,949	25,985	0,000
Kumaş kalınlığı	10,368	35,613	0,000

Çizelge 6.11 %50 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi

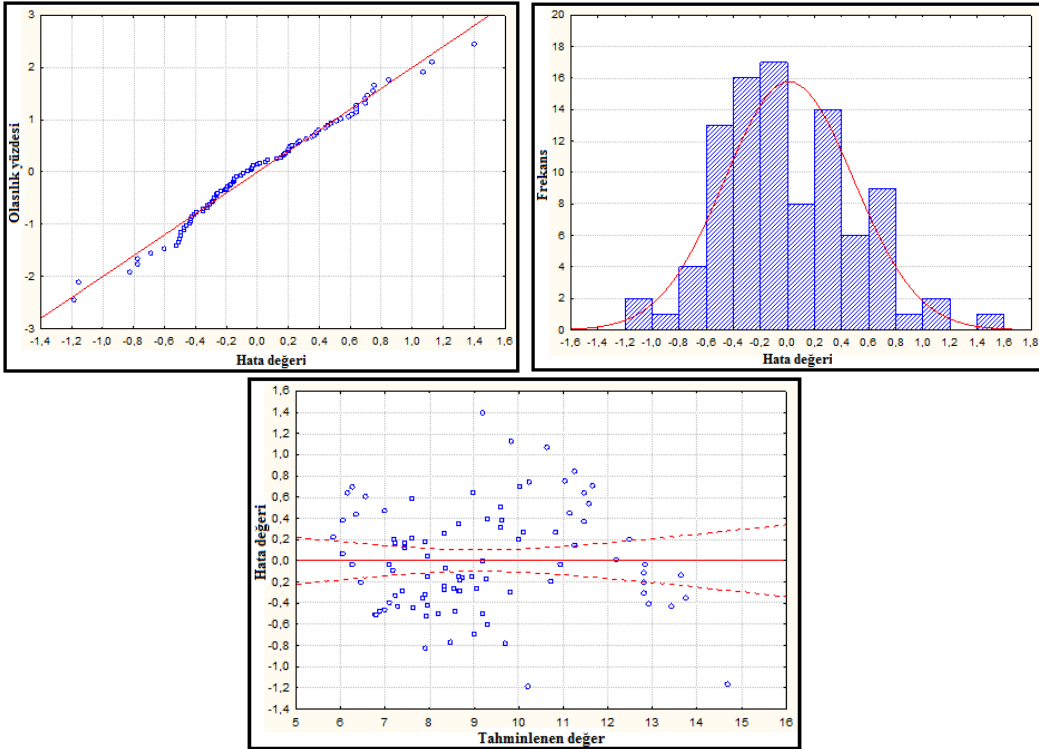
	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	3	412,387	137,462	553,129	0,000
Artık (hata)	90	22,367	0,249		
Toplam	93	434,754			

Şekil 6.7'de oluşturulan regresyon modeli kullanılarak %50 nemli kumaşın tahminlenen ısı dirençleri ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 97,4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.7 %50 nemli durumda tahminlenen ısıl direnç ile ölçülen ısıl direnç arasındaki ilişki

Şekil 6.8`de hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılışa yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.8 %50 nemli durumdaki ısıl direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

Kumaşın %75 nemli olduğu durumdaki ısı direncin tahminlenmesi için gerçekleştirilen regresyon analizi ile aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{(%75)} = [ -160,473 + 74,917 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 44,037 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 11,270 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} + 0,002 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Elde edilen denklemin R<sup>2</sup>' si %95,8 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup>' si %95,6 gibi çok yüksek bir değerdir. Denkleminde yer alan tüm değişkenler %95 güven aralığında önemlidir. %75 nemli kumaşın ısı direnci ile denkleminde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özgül ısı, lif yoğunluğu, kumaş kalınlığının ve ilmek yoğunluğunun artması ile kumaşın %75 nemli durumdaki ısı direnci artmaktadır. Denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.12'de, denklemin varyans analizi Çizelge 6.13'te gösterilmiştir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

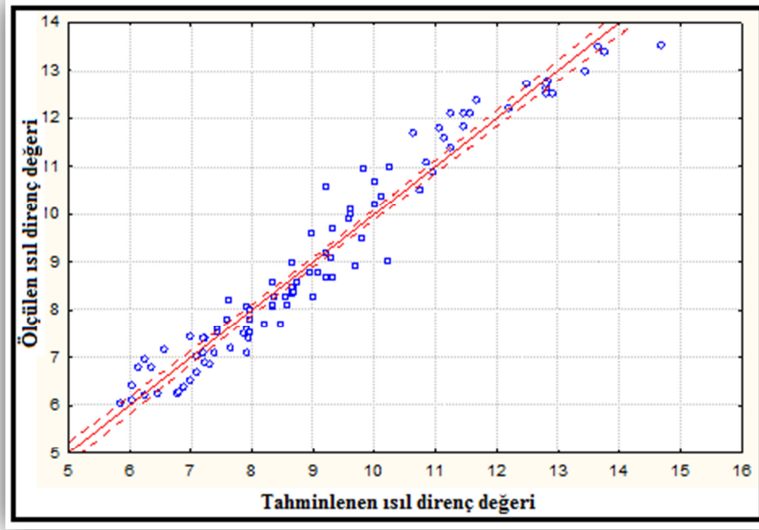
Çizelge 6.12 % 75 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-160,473	-23,351	0,000
Özgül ısı	74,917	24,992	0,000
Lif yoğunluğu	44,037	21,847	0,000
Kumaş kalınlığı	11,270	39,936	0,000
İlmek yoğunluğu	0,002	5,116	0,000

Çizelge 6.13 %75 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi

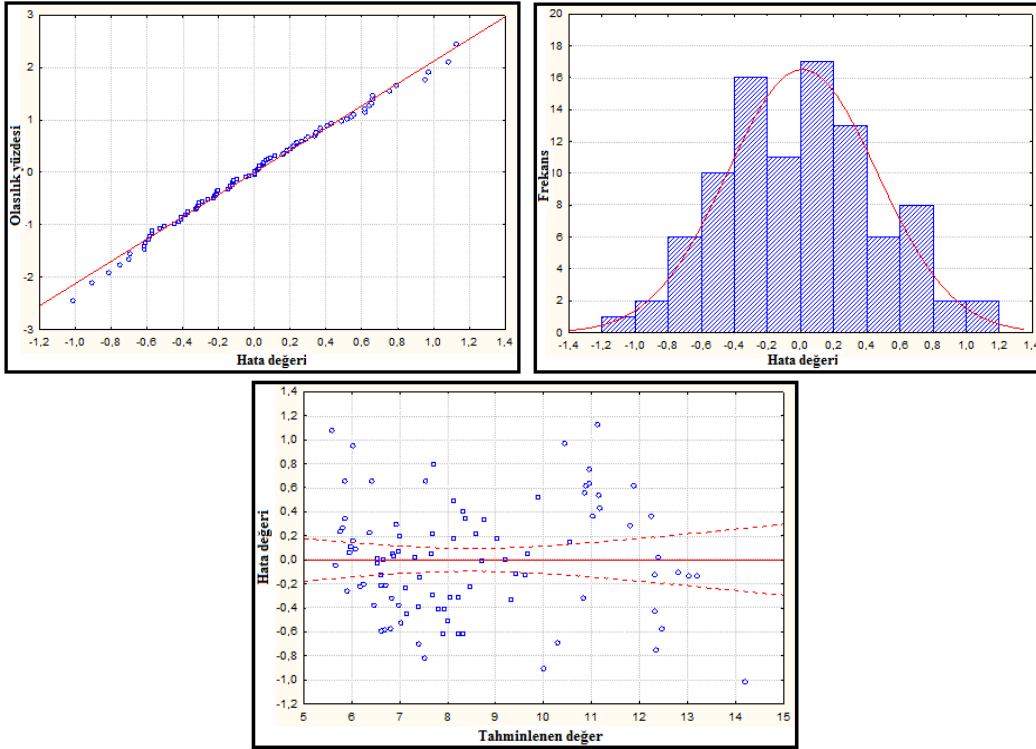
	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	4	454,618	113,654	502,774	0,000
Artık (hata)	89	20,119	0,226		
Toplam	93	474,737			

Şekil 6.9'de oluşturulan regresyon modeli kullanılarak %75 nemli kumaşın tahminlenen ısı dirençleri ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 97,9 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.9 %75 nemli durumda tahminlenen ısıl direnç ile ölçülen ısıl direnç arasındaki ilişki

Şekil 6.10'da hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılışa yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.10 %75 nemli durumdaki ısıl direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

Kumaşın %100 nemli olduğu durumdaki ısı direncin tahminlenmesi için gerçekleştirilen regresyon analizi ile aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$R_{(%100)} = [ -153,549 + 71,868 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 41,552 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3) + 11,381 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} + 0,003 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2) ]$$

Elde edilen denklemin  $R^2$ ' si %96,1 ve düzeltilmiş  $R^2$ ' si %95,9 gibi çok yüksek bir değerdir. Denkleminde yer alan tüm değişkenler %95 güven aralığında önemlidir. %100 nemli kumaşın ısı direnci ile denkleminde yer alan tüm değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özgül ısı, lif yoğunluğu, kumaş kalınlığının ve ilmek yoğunluğunun artması ile kumaşın %100 nemli durumdaki ısı direnci artmaktadır. Denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri Çizelge 6.14'te, denklemin varyans analizi Çizelge 6.15'te gösterilmiştir. Modelin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

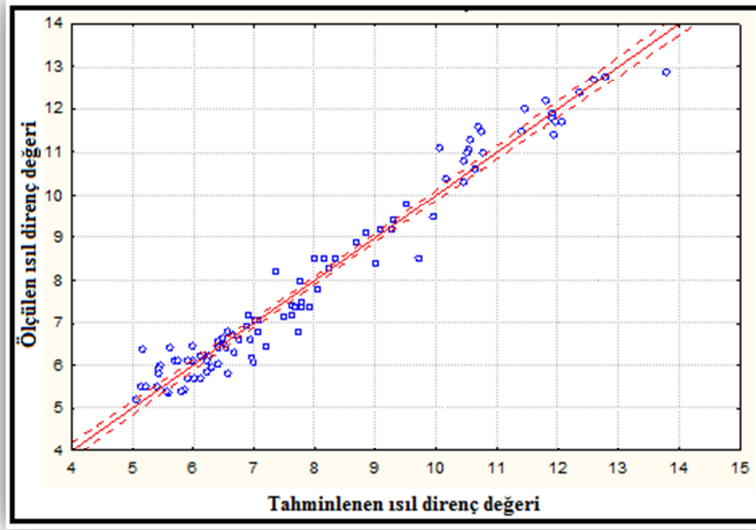
Çizelge 6.14 % 100 nem oranında ısı direnç regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenlere ait katsayı, t değerleri ve önemlilik dereceleri

Bağımsız değişken	Katsayı	t	Önemlilik
Sabit	-153,549	-22,972	0,000
Özgül ısı	71,868	24,651	0,000
Lif yoğunluğu	41,552	21,195	0,000
Kumaş kalınlığı	11,381	41,464	0,000
İlmek yoğunluğu	0,003	5,920	0,000

Çizelge 6.15 %100 nemli kumaşın ısı direnç regresyon denkleminde ait varyans analizi

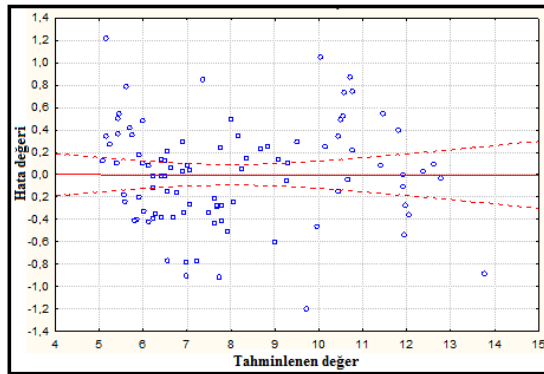
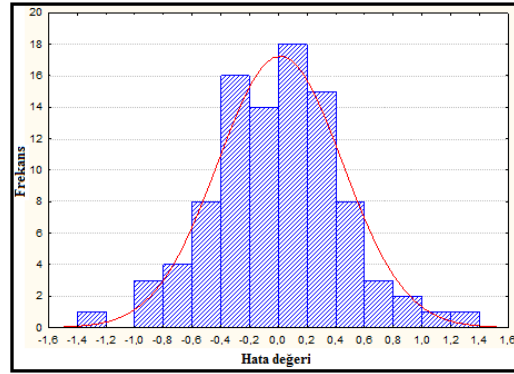
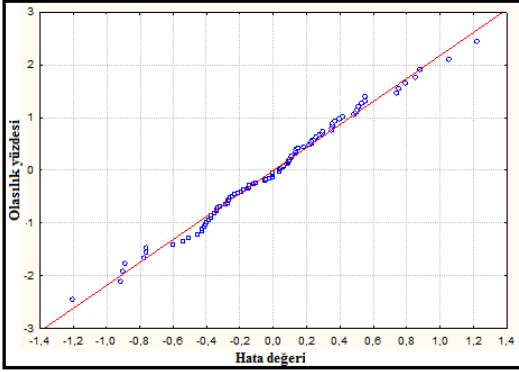
	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Regresyon	4	469,126	117,281	548,451	0,000
Artık (hata)	89	19,032	0,214		
Toplam	93	488,157			

Şekil 6.11 'de oluşturulan regresyon modeli kullanılarak %100 nemli kumaşın tahminlenen ısı dirençleri ile gerçek değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 98,0 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.11 %100 nemli durumda tahminlenen ısıl direnç ile ölçülen ısıl direnç arasındaki ilişki

Şekil 6.12'de hata değerlerinin dağılımına ait grafikler yer almaktadır. Hata değerlerinin dağılımının normal dağılışa yakın olması nedeniyle oluşturulan modelin uygun bir model olduğu sonucuna varılmaktadır.





Şekil 6.12 %100 nemli durumdaki ısı direnç özelliğinin tahminlenmesinde hata değerlerinin dağılımına ilişkin grafikler

### **6.3 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi (YSA) ile Tahminlenmesi**

Bu bölümde kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç özellikleri ile lif parametreleri ve kumaş yapısal özellikleri arasındaki ilişki yapay sinir ağları kullanılarak incelenmiştir. Yapay sinir ağlarının seçilme nedeni, yöntemin doğrusal olmayan ilişkileri açıklamada daha iyi sonuç vermesidir.

Yapay sinir ağları ile yapılan değerlendirmede STATISTICA istatistik paket programının Neural Networks analiz modu kullanılmıştır. Yapılan analizde “Intelligent Program Solver” modülü kullanılarak, en iyi tahminleme gücüne sahip ağ belirlenmiştir. Sinir ağları yönteminde girdi ve çıktı veri seti programa girilerek danışmanlı ve geri yayımlı öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Öğrenme aşamasının ardından oluşturulan ağın ne derece gerçeği yansıttığını anlamak amacıyla ise test adımı gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç, veri setinin bir bölümünü ile öğrenme sürecinin gerçekleştirilerek ağın oluşturulması ve geriye kalan veri seti ile ağın doğruluğunun ve güvenilirliğinin tespit edilmesidir.

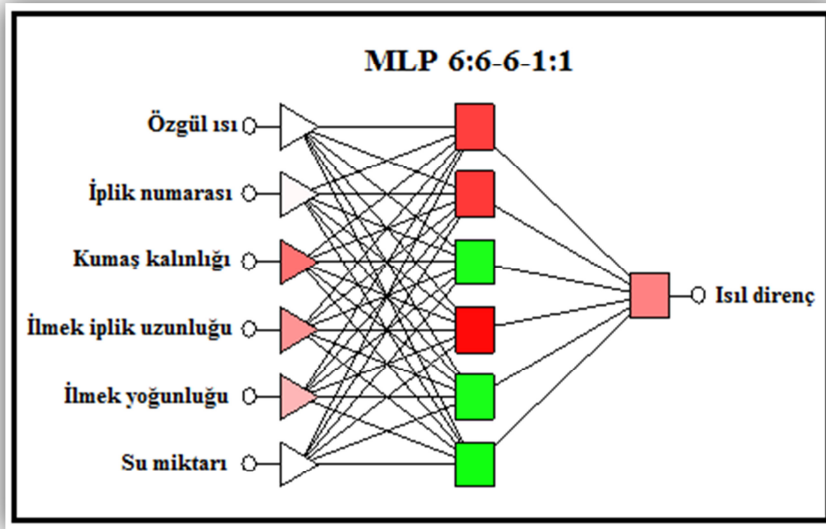
Analizlerde çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu tip ağ yapısı genellikle doğrusal olmayan ilişkilerin tahminlenmesinde iyi sonuçlar vermektedir. En iyi korelasyon ve regresyon katsayısına sahip ağın belirlenmesi amacıyla, çok fazla sayıda ağ oluşturulmuştur. Bu ağların birbirinden farkı; girdi, katman ve nöron sayılarının birbirinden farklılık göstermesidir. Analizlerde geri yayımlı öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan öğrenme oranı ve momentum katsayıları yapılan birçok deneme sonucunda optimum olarak 0,01 ve 0,3 olarak seçilmiştir. Girdi ve çıktı katmanlarında transfer (aktivasyon) fonksiyonu olarak doğrusal fonksiyon kullanılırken, ara katmanda hiperbolik fonksiyon kullanılmıştır.

Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde, yapılan denemeler sonucunda tahminlenen ve gerçek değerler arasında en yüksek korelasyon ve regresyon değerine sahip olan, standart sapma değeri en düşük hata ortalaması ve mutlak hata ortalaması sıfıra yakın olan ağ, en iyi tahminleyici model olarak seçilmiştir.

Kumaşların farklı nem oranlarında ısı dirençlerinin yapay sinir ağları ile tahminlenmesinde) iki farklı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Birinci ağı için lif yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ), lif ısı iletkenliği ( $\text{mW/mK}$ ), lif özgül ısısı ( $\text{J/gK}$ ), kumaş gramajı ( $\text{g/m}^2$ ), iplik numarası ( $\text{Ne}$ ), iplik çapı ( $\text{mm}$ ), kumaş kalınlığı ( $\text{mm}$ ), çubuk ve sıra sıklıkları (sıra sayısı/ $\text{cm}$ ), İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/ $\text{cm}^2$ ), İlmek iplik uzunluğu ( $\text{mm}$ ), gözeneklilik (%), kumaş hava geçirgenliği ( $\text{l/m}^2/\text{s}$ ) ve kumaştaki su miktarı (%) girdi olarak kullanılmış ve kumaşın ısı direnç değeri tahminlenmiştir.

470 veri seti üzerinden gerçekleştirilen analizlerde, 353 (%75) adet set öğrenme aşamasında, geriye kalan 117 (%25) adet set ise test amaçlı olarak kullanılmıştır. Seçilen bu girdilerden elde edilen sinir ağlardan tahminleme performansı en iyi olan ağı, lif özgül ısısı ( $\text{J/gK}$ ), ve iplik no ( $\text{Ne}$ ), kumaş kalınlığı ( $\text{mm}$ ), ilmek iplik uzunluğu ( $\text{mm}$ ), ilmek yoğunluğu (ilmek sayısı/ $\text{cm}^2$ ) ve su miktarı (%) değerlerini girdi olarak kullanmaktadır.

Yapılan denemeler sonucunda, çıktı ve gerçek değerler arasında en yüksek korelasyon ve regresyon değerlerini veren ağı yapısı şu şekildedir; ilk katmanın nöron sayısı 6 olup bu aynı zamanda modelde yer alan bağımsız değişken sayısını da ifade etmektedir. İkinci katmanda 6 nöron ve son katman olan çıktı katmanında ise 1 nöron bulunmaktadır. Elde edilen ağı ifadesi şu şekildedir; MLP 6:6-6-1:1. Oluşturulan yapay sinir ağı Şekil 6.11’de gösterilmektedir.



Şekil 6.13 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağı

Yapay sinir ağlarında öncelikle girdi değerleri belirli bir ağırlık değeri ( $w_i$ ) ile çarpılmaktadır. Ağdaki her bir bağımsız değişkenin ağırlıklı çarpım değerleri toplanarak ilgili transfer fonksiyonunda dönüşümü gerçekleştirilir. Ağırlık matrisinde satır ve sütunlarda “a.b” şeklinde ifade edilen rakamlardan ilki katmanı, ikincisi de nöronu ifade etmektedir. Ağda kullanılan girdiler yatay olarak sıralarda verilmektedir. Sütunlarda yer alan ifadeler o katmandaki sinir hücresinin çıktısını oluşturmak için kullanılan ağırlık değerlerini, yataydaki sıralar ise sütunda ifade edilen katmana beslenen girdiyi göstermektedir. Örneğin 2.1 sütunu 2. katmanın ilk sinir hücresini ifade etmektedir. 2. katmanın ilk sinir hücresi için ilk girdi olan özgül ısı değeri -0,1 ağırlığı ile çarpılmaktadır. 2. girdi olan iplik no değeri ise -0,2 ağırlığı ile çarpılmaktadır. Bu durum aşağıya doğru devam eden sütun boyunca gerçekleştirilir ve bütün girdiler ilgili ağırlıklarla çarpıldıktan sonra toplanır. Elde edilen değere eşik değeri eklendikten sonra bu değer 2. katmanın çıktısı olarak 3. katmanın girdisini oluşturur. Bu şekilde 2. katmandan 6 adet girdi 3. katmana iletilirken 3.1 sütunundaki ağırlıklar kullanılmaktadır. Ağda kullanılan ağırlıklar Çizelge 6.16’da verilmektedir.

Çizelge 6.16 Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait eşik ve ağırlık değerleri

	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
<b>Eşik</b>	-1,4	-0,8	0,6	-1,6	1,4	1,0	-0,2
<b>1.1 Özgül ısı</b>	-0,1	2,1	1,2	1,2	-1,2	-0,2	
<b>1.2 İplik no</b>	-0,2	0,0	0,2	0,4	-0,2	0,0	
<b>1.3 Kumaş kalınlığı</b>	-0,7	0,5	-0,8	0,5	0,1	-0,7	
<b>1.4 İlmek iplik uzunluğu</b>	-0,2	-0,1	-0,7	0,4	-0,2	-0,6	
<b>1.5 İlmek yoğunluğu</b>	0,1	-0,1	-0,4	-0,4	-0,2	-0,1	
<b>1.6 Su miktarı</b>	4,1	-0,4	0,2	0,7	-0,3	-0,5	
<b>2.1</b>							-1,3
<b>2.2</b>							0,8
<b>2.3</b>							-0,3
<b>2.4</b>							0,3
<b>2.5</b>							-0,4
<b>2.6</b>							0,3

Yapay Sinir Ağlarında hassasiyet analizleri yapılabilmektedir. Hassasiyet analizi, ağ elde edildikten sonra ağda yer alan her bir girdinin ağa yaptığı katılımı ifade etmektedir. Hassasiyet analizinde, hassasiyet oranı ve girdilerin tahminlemeye olan katkısı, girdi ağda olmadığı zaman elde edilen hatanın toplam hataya oranı olarak ifade edilmektedir. Bu durumda, ağda yer alan bağımsız

değişkenlerin hassasiyet oranları ne kadar büyükse, ağa yaptıkları katkının o derece çok olduğu anlaşılmaktadır. Modele ait hassasiyet analiz sonuçları Çizelge 6.17 'de verilmektedir.

**Çizelge 6.17** Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesinde kullanılan girdilere ait hassasiyet analiz sonuçları

	Su miktarı	Özgül ısı	Kumaş kalınlığı	İlmeğe iplik uzunluğu	İlmeğe yoğunluğu	İplik no
<b>Oran</b>	4,31	2,59	1,96	1,19	1,05	1,03
<b>Sıralama</b>	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Çizelge 6.17 incelendiğinde, direnç özelliklerini sırasıyla su miktarı, özgül ısı, kumaş kalınlığı, ilmeğe iplik uzunluğu, ilmeğe yoğunluğu ve iplik numarasının etkilediği görülmektedir.

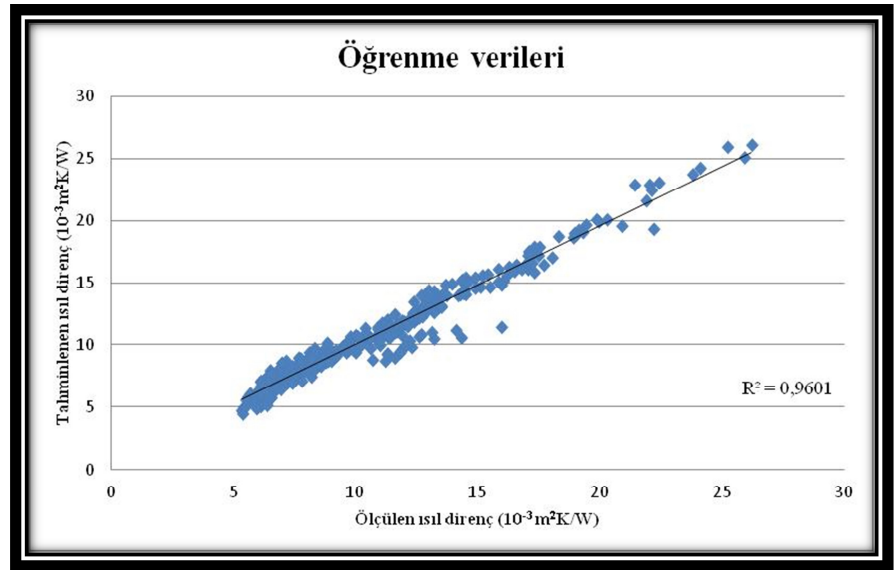
Yapay sinir ağları analizinde modelin oluşturulması gerçekleştirildikten sonra, modelin ne derece doğruyu yansıttığını ölçmek amacıyla test edilmesi gerekmektedir. Modelin oluşturulması aşamasında veri setinin %75'lik kısmı ağın geliştirilmesi amacıyla kullanılmış, geriye kalanlar ile oluşturulan ağ test edilmiştir. Oluşturulan ağ modelinin öğrenme, test ve toplam tahminleme değerlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 6.18'de verilmektedir.

**Çizelge 6.18** Kumaşların ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri

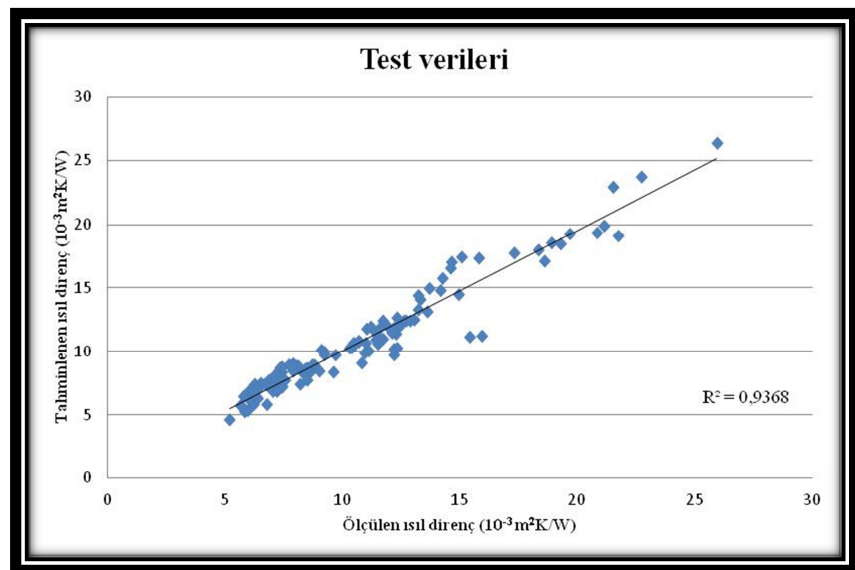
	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
<b>Veri ortalaması</b>	10,79397	10,74604	10,78204
<b>Veri standart sapması</b>	4,22003	4,30776	4,24209
<b>Hata ortalaması</b>	-0,00214	0,02021	0,00343
<b>Hata standart sapması</b>	0,84289	1,08372	0,90888
<b>Ortalama mutlak hata</b>	0,59231	0,77906	0,63880
<b>Standart sapma oranı</b>	0,19974	0,25157	0,21425
<b>Korelasyon katsayısı</b>	0,97986	0,96787	0,97678
<b>Regresyon katsayısı</b>	0,96010	0,93680	0,95410

Çizelgelerde verilen, istatistiksel tahminlemelerde, tahminleyicinin ne ölçüde başarılı olduğunu belirlemek için hesaplanan bazı istatistiksel değerlerden mutlak hata ortalaması, gözlemlenen değerlere yapılan tahminlerin ne kadar yakın olduğunu ifade eden bir belirleyici istatistik değeri olup, değerin sıfıra yaklaşması tahminleme gücünü artırmaktadır. Çizelgelerde verilen bu değerlerin sıfıra yakın olduğu ve korelasyon ve regresyon katsayılarının yüksek olduğu görülmektedir.

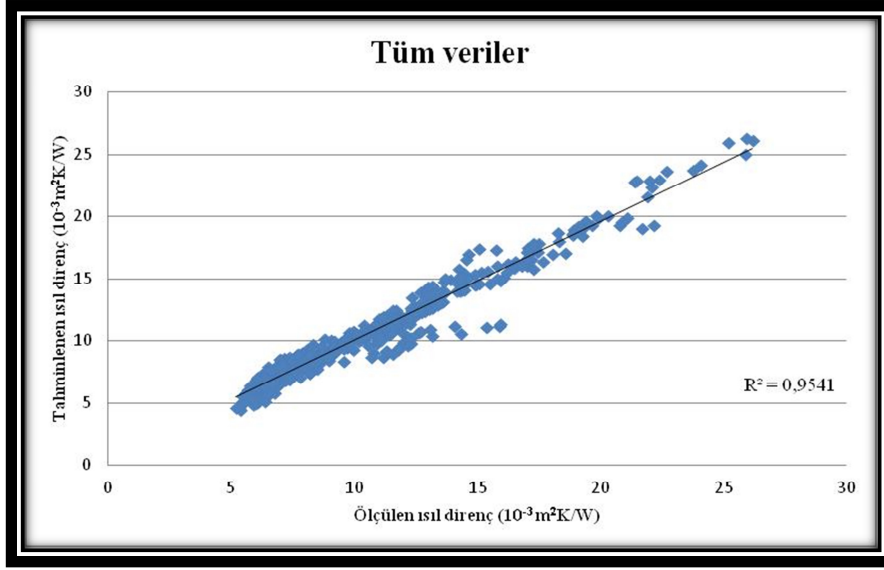
Şekil 6.14-6.16'te öğrenme, test ve toplam veriler için tahminlenen ve ölçülen değerler arasındaki ilişkiler verilmektedir.



Şekil 6.14 Kumaşların öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



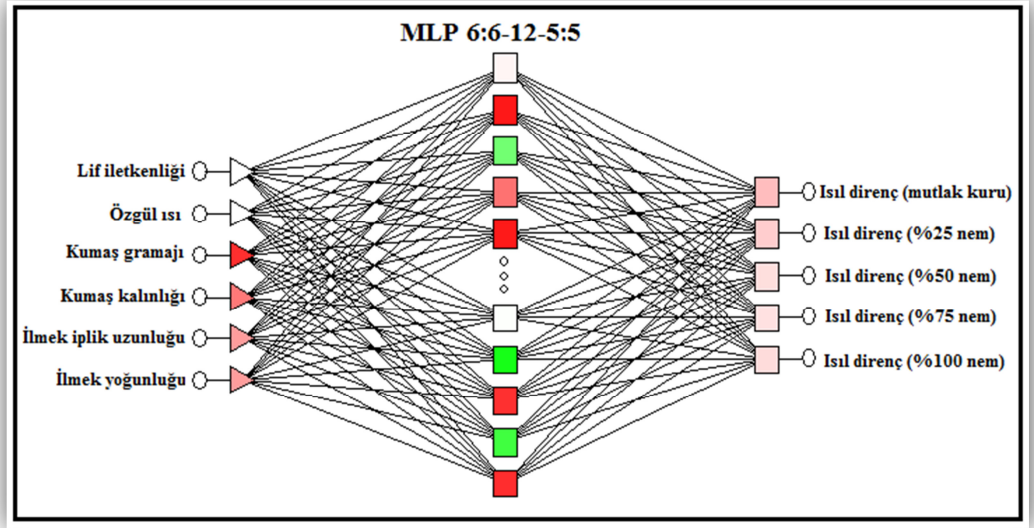
Şekil 6.15 Kumaşların test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



Şekil 6.16 Kumaşların tüm verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri

İkinci aşda lif yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ), lif ısı iletkenliği ( $\text{mW/mK}$ ), lif özgül ısısı ( $\text{J/gK}$ ), kumaş gramajı ( $\text{g/m}^2$ ), iplik numarası ( $\text{Ne}$ ), iplik çapı ( $\text{mm}$ ), kumaş kalınlığı ( $\text{mm}$ ), çubuk ve sıra sıklıkları (sıra sayısı/ $\text{cm}$ ), İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/ $\text{cm}^2$ ), İlmek iplik uzunluğu ( $\text{mm}$ ), gözeneklilik (%) ve kumaş hava geçirgenliği ( $\text{l/m}^2/\text{s}$ ) girdi olarak kullanılmış. ve kumaşların kütlece %0, %25, %50, %75 ve %100 nem oranlarındaki ısı dirençleri tahminlenmiştir. Seçilen bu girdiler ile elde edilen sinir ağlarından tahminleme performansı en iyi olan ağ, lif iletkenliği ( $\text{mW/mK}$ ), lif özgül ısısı ( $\text{J/gK}$ ), kumaş gramajı ( $\text{g/m}^2$ ), kumaş kalınlığı ( $\text{mm}$ ), ilmek iplik uzunluğu ( $\text{mm}$ ) ve ilmek yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ) değerlerini (girdi olarak kullanmaktadır. 94 veri seti üzerinden gerçekleştirilen analizlerde, 71 (%75) adet set öğrenme aşamasında, geriye kalan 23(%25) adet set ise test amaçlı olarak kullanılmıştır.

Yapılan denemeler sonucunda, çıktı ve gerçek değerler arasında en yüksek korelasyon ve regresyon değerlerini veren ağın yapısı şu şekildedir; ilk katmanın nöron sayısı 6 olup bu aynı zamanda modelde yer alan bağımsız değişken sayısını da ifade etmektedir. İkinci katmanda 12 nöron ve son katman olan çıktı katmanında ise 5 nöron bulunmaktadır. Elde edilen ağın ifadesi şu şekildedir; MLP 6:6-12-5:5. Oluşturulan yapay sinir ağı Şekil 6.17'de gösterilmektedir.



Şekil 6.17 Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan yapay sinir ağı

Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç özelliklerini tahminlemek amacıyla geliştirilen ağda kullanılan ağrılıklar Çizelge 6.19'da verilmektedir.

Çizelge 6.19 Kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı dirençlerinin tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait eşik ve ağrılık değerleri

	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
<b>Eşik</b>	-0,56	-0,78	0,33	-0,81	-1,80	-0,57	-0,86	0,02	1,56	-1,83	0,93	-2,24	0,59	-0,25	0,45	0,39	0,88
<b>1.1</b>	-1,32	-0,76	0,10	-1,47	-0,61	0,68	0,43	0,02	0,06	1,18	0,31	0,40					
<b>1.2</b>	-1,12	-0,23	-1,39	0,03	0,65	0,60	1,83	1,36	0,35	-0,40	-0,51	0,46					
<b>1.3</b>	0,10	-0,11	0,21	-0,16	-0,34	0,57	-0,15	0,25	0,16	-1,09	0,32	-1,06					
<b>1.4</b>	-0,99	1,37	-0,77	0,17	-0,52	-0,45	-0,09	-0,43	-0,10	1,04	-0,78	-0,35					
<b>1.5</b>	0,21	0,15	0,84	-0,15	0,36	0,04	-0,25	-0,09	-0,58	-1,47	0,09	-1,40					
<b>1.6</b>	-0,44	0,06	-1,00	-0,23	0,17	1,10	-0,60	0,19	0,41	0,52	0,22	1,34					
<b>2.1</b>													-0,05	-0,29	-0,64	-0,69	-0,42
<b>2.2</b>													0,56	0,53	0,62	0,69	0,73
<b>2.3</b>													-0,90	-0,75	-0,46	0,03	0,02
<b>2.4</b>													-0,26	0,86	0,53	0,21	0,11
<b>2.5</b>													0,36	0,03	0,08	-0,19	-0,27
<b>2.6</b>													-0,19	-0,64	-0,17	0,40	0,50
<b>2.7</b>													0,58	0,94	0,91	0,96	0,77
<b>2.8</b>													-0,50	0,72	0,14	-0,31	-0,12
<b>2.9</b>													-0,43	-0,02	-0,22	-0,19	0,17
<b>2.10</b>													-0,34	-1,34	-1,08	-0,41	-0,13
<b>2.11</b>													-0,47	-0,41	-0,19	0,54	-0,53
<b>2.12</b>													-1,02	-0,57	-0,28	-0,17	-0,32

Modelde yer alan girdilerin önem dereceleri hassasiyet analizi ile incelenmiştir. Modele ait hassasiyet analiz sonuçları Çizelge 6.20 'de verilmektedir.

Çizelge 6.20 Farklı nem oranlarında ısı direnç tahminlenmesinde kullanılan girdilere ait hassasiyet analiz sonuçları

	Özgül ısı	Lif iletkenliği	Kumaş kalınlığı	İlmek yoğunluğu	Kumaş gramajı	İlmek iplik uzunluğu
<b>Oran</b>	11,04	10,16	5,06	2,16	1,94	1,74
<b>Sıralama</b>	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Çizelge 6.20 incelendiğinde, direnç özelliklerinin sırasıyla özgül ısı, lif iletkenliği, kumaş kalınlığı, ilmek yoğunluğu, kumaş gramajı ve ilmek iplik uzunluğundan etkilendiği görülmektedir.

Oluşturulan ağ modelinin öğrenme, test ve toplam tahminleme değerlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri her bir ıslanma %'si için ayrı olarak Çizelge 6.21 – 6.25'te verilmiştir.

Çizelge 6.21 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (mutlak kuru)

	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
<b>Veri ortalaması</b>	17,15249	17,88215	17,33102
<b>Veri standart sapması</b>	3,40897	3,34251	3,40730
<b>Hata ortalaması</b>	0,01608	-0,18457	-0,03302
<b>Hata standart sapması</b>	0,46631	0,69778	0,53927
<b>Ortalama mutlak hata</b>	0,36263	0,59003	0,41827
<b>Standart sapma oranı</b>	0,13679	0,20876	0,15827
<b>Korelasyon katsayısı</b>	0,99061	0,97815	0,98740
<b>Regresyon katsayısı</b>	0,98130	0,95680	0,97500



Çizelge 6.22 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%25 nem)

	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
Veri ortalaması	10,90701	11,05004	10,94201
Veri standart sapması	2,18800	2,33508	2,22574
Hata ortalaması	-0,00030	-0,02563	-0,00649
Hata standart sapması	0,27983	0,53511	0,35962
Ortalama mutlak hata	0,20919	0,39740	0,25524
Standart sapma oranı	0,12789	0,22916	0,16157
Korelasyon katsayısı	0,99182	0,97366	0,98686
Regresyon katsayısı	0,98370	0,94800	0,97390

Çizelge 6.23 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%50 nem)

	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
Veri ortalaması	9,053539	9,422998	9,143938
Veri standart sapması	2,162347	2,095558	2,152066
Hata ortalaması	0,001682	0,015698	0,005112
Hata standart sapması	0,212790	0,362911	0,257803
Ortalama mutlak hata	0,170571	0,307440	0,204060
Standart sapma oranı	0,098407	0,173181	0,119793
Korelasyon katsayısı	0,995150	0,985361	0,992844
Regresyon katsayısı	0,99030	0,97090	0,98570

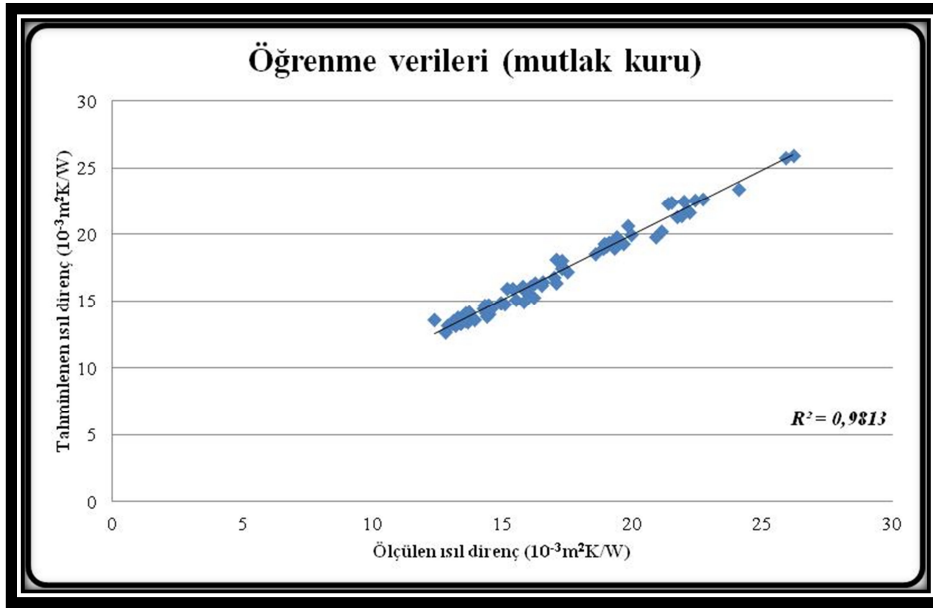
Çizelge 6.24 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%75 nem)

	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
Veri ortalaması	8,346518	8,850584	8,469854
Veri standart sapması	2,256187	2,167265	2,245238
Hata ortalaması	0,000484	-0,075666	-0,018148
Hata standart sapması	0,220213	0,282076	0,239099
Ortalama mutlak hata	0,179407	0,248017	0,196194
Standart sapma oranı	0,097604	0,130153	0,106492
Korelasyon katsayısı	0,995226	0,991708	0,994318
Regresyon katsayısı	0,99050	0,98350	0,98870

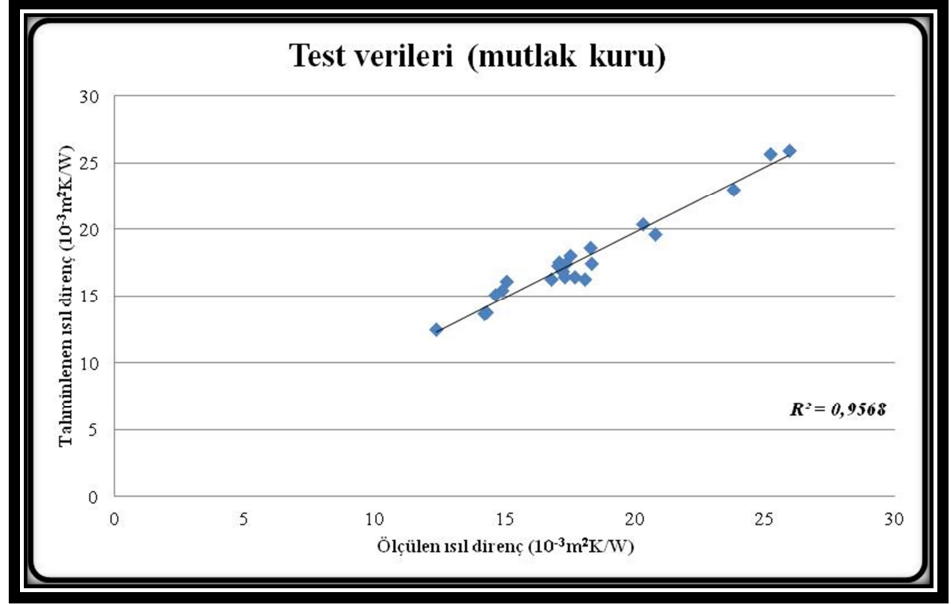
Çizelge 6.25 Isıl direnç tahminlenmesi için oluşturulan ağa ait tanımlayıcı istatistik değerleri (%100 nem)

	Öğrenme verileri	Test verileri	Tüm veriler
<b>Veri ortalaması</b>	7,923529	8,331549	8,023364
<b>Veri standart sapması</b>	2,277610	2,248379	2,277258
<b>Hata ortalaması</b>	0,000221	0,006738	0,001815
<b>Hata standart sapması</b>	0,206370	0,285685	0,228354
<b>Ortalama mutlak hata</b>	0,162681	0,233941	0,180117
<b>Standart sapma oranı</b>	0,090608	0,127063	0,100276
<b>Korelasyon katsayısı</b>	0,995903	0,992221	0,995011
<b>Regresyon katsayısı</b>	0,99180	0,98450	0,99000

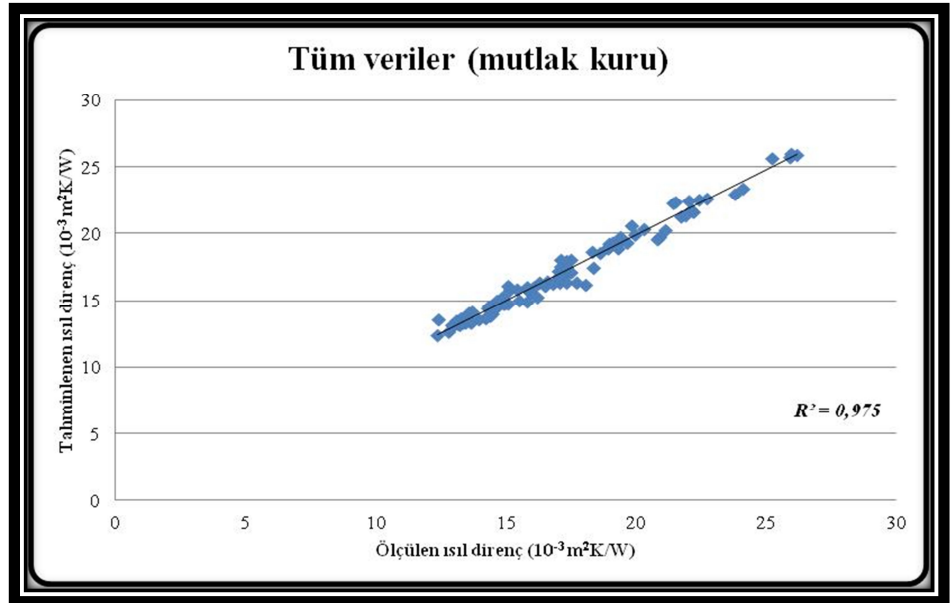
Şekil 6.18- 6.32’te öğrenme, test ve toplam veriler için her bir ıslanma %'si oranında tahminlenen ve ölçülen değerler arasındaki ilişkiler verilmektedir.



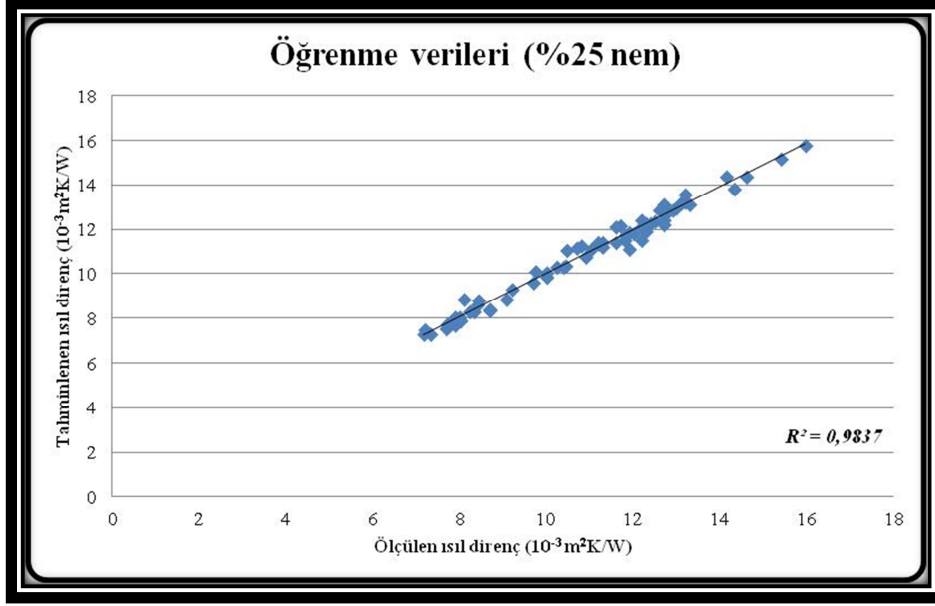
Şekil 6.18 Mutlak kuru durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



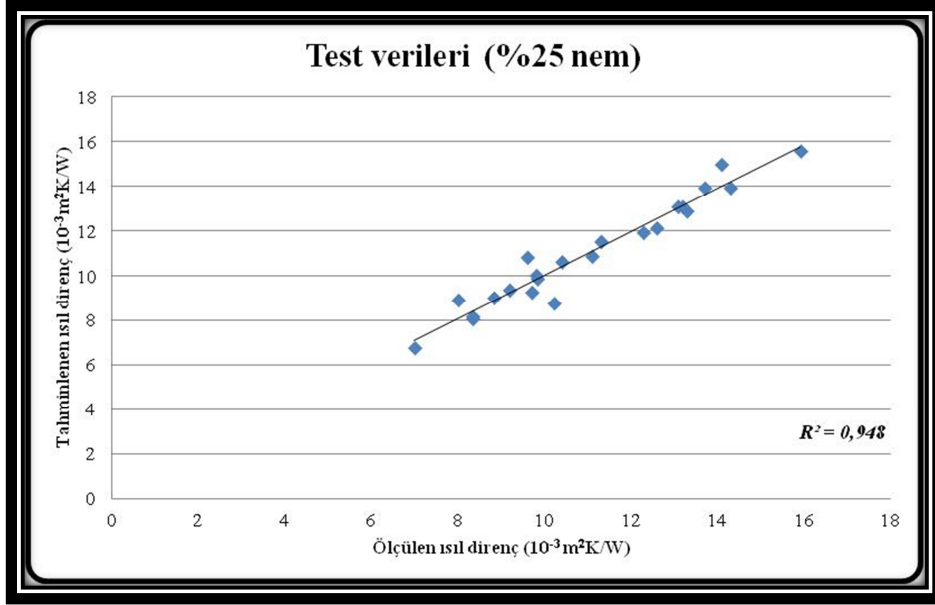
Şekil 6.19 Mutlak kuru durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



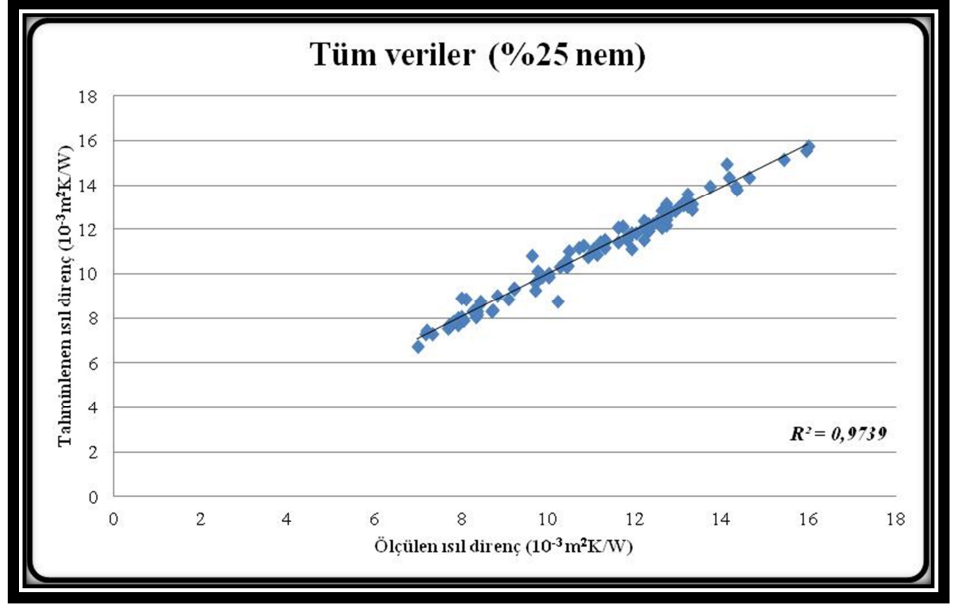
Şekil 6.20 Mutlak kuru durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



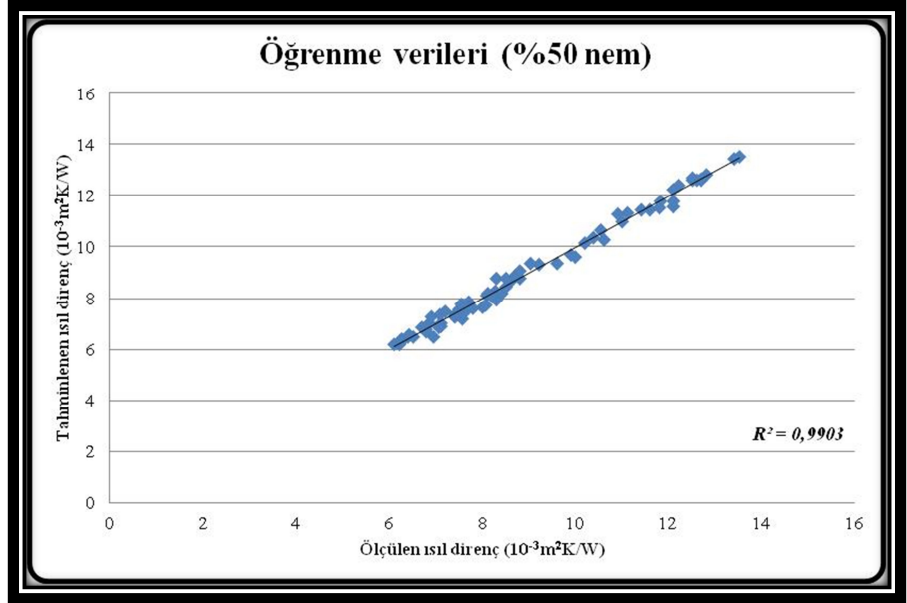
Şekil 6.21 % 25 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



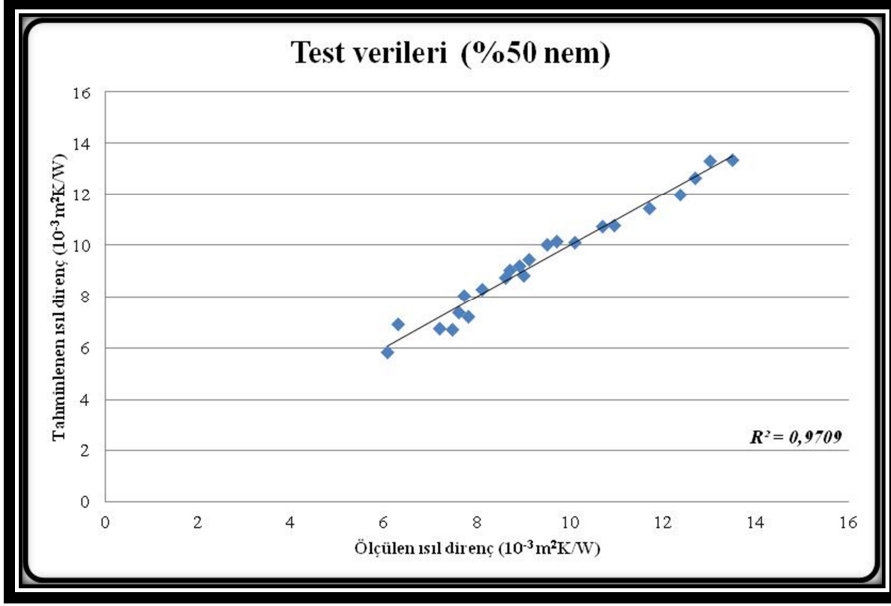
Şekil 6.22 % 25 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



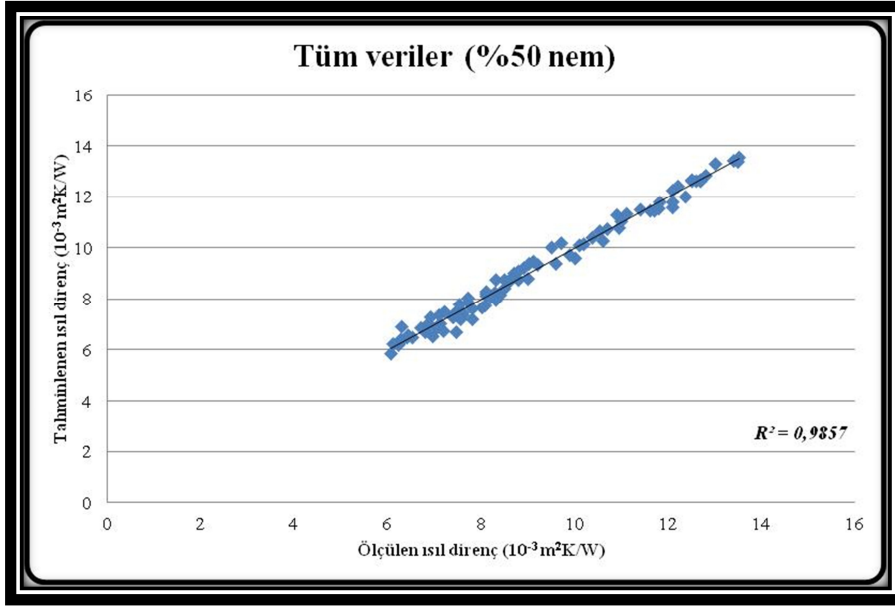
Şekil 6.23 %25 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri



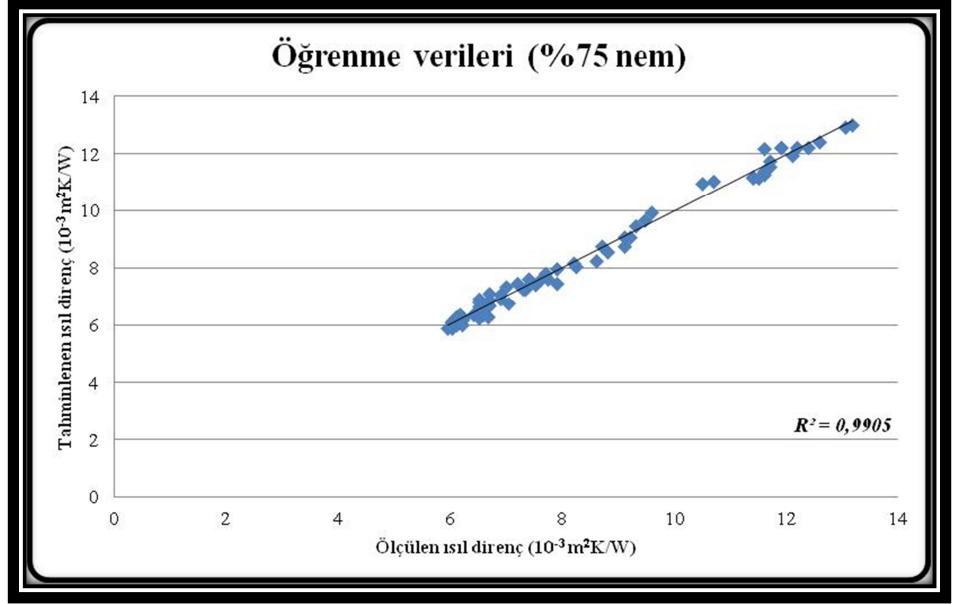
Şekil 6.24 % 50 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri



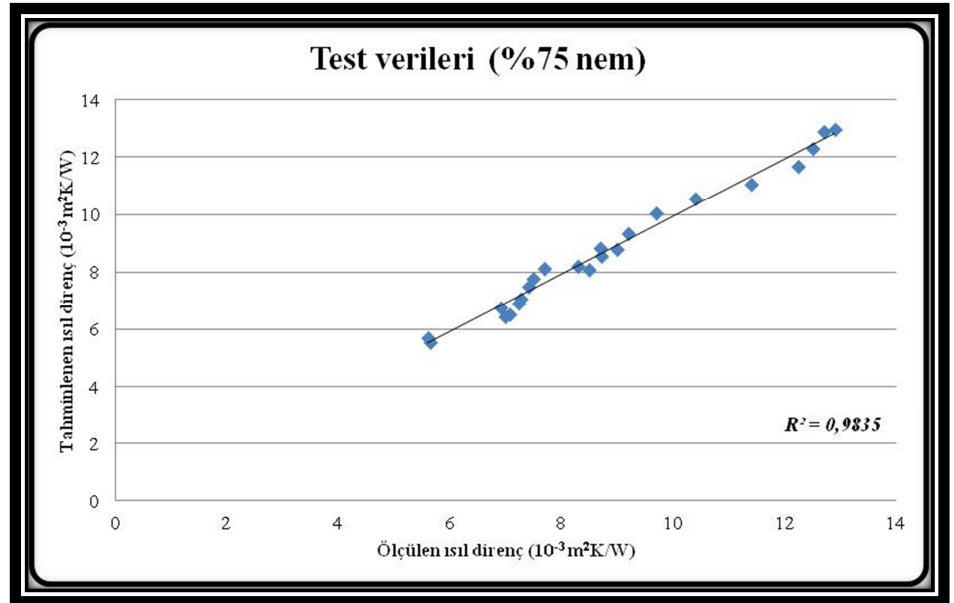
Şekil 6.25 % 50 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri



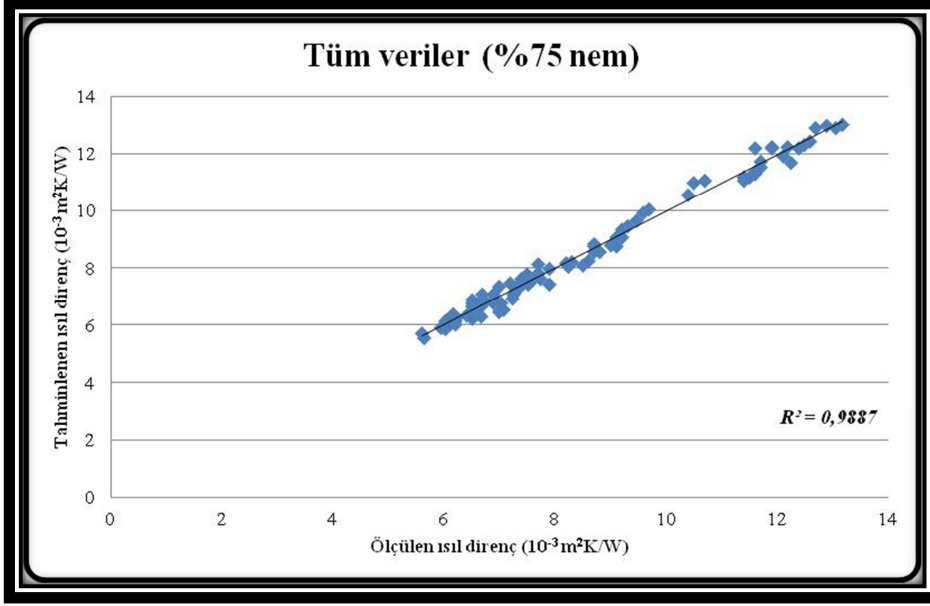
Şekil 6.26 %50 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri



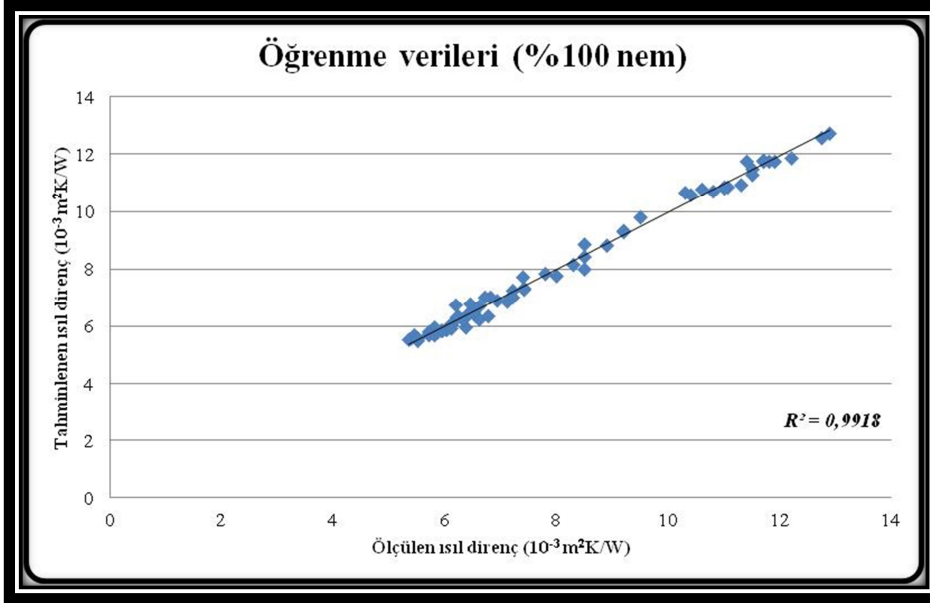
Şekil 6.27 %75 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri



Şekil 6.28 %75 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri

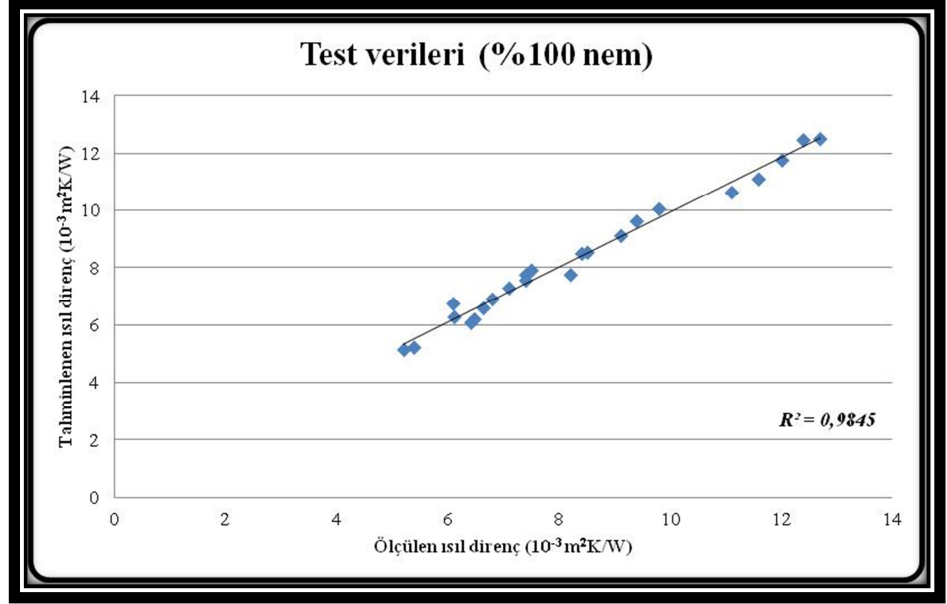


Şekil 6.29 %75 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri

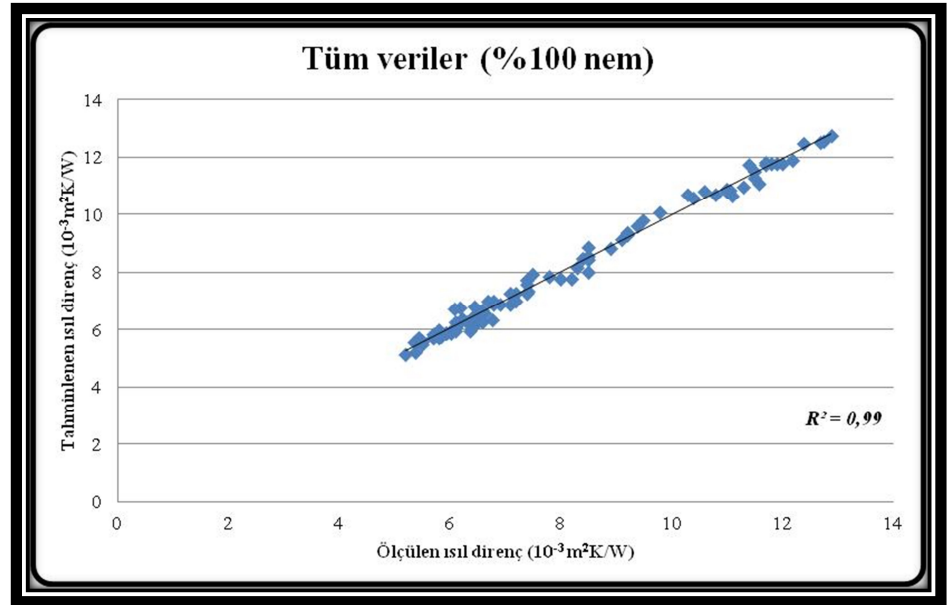


Şekil 6.30 %100 nemli durumda öğrenme verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnci değerleri





Şekil 6.31 %100 nemli durumda test verilerine ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri



Şekil 6.32 %100 nemli durumda tüm verilere ait ölçülen ve tahminlenen ısı direnç değerleri

## 6.4 Kumaşların Farklı Nem Oranlarındaki Isıl Direnç Özelliklerinin Matematik Modellemesi

Bu kısımda kumaşların farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerinin matematiksel olarak modellenirken kumaşlar, lif ve varsa su ile hava oluşan bir sistem olarak düşünülmüş ve bu sistemin ısı direnç değeri modellenmeye çalışılmıştır.

Isıl dirençler birbirlerine seri ya da paralel olarak bağlanırlar. Aşağıda seri ve paralel bağlanma durumunda eşdeğer direncin hesaplanması gösterilmektedir.

Seri bağlı durumda:  $R_{eş} = R_1 + R_2$

Paralel bağlı durumda:  $\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Sistemde bulunan lif, su ve hava için ısı direnç değerleri,  $R = \frac{h}{\lambda}$  denkleminde aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalarda kondüsyonlanmış kumaş kalınlıkları (mm) kullanılmıştır.

Formüllerde bulunan lif kalınlığı  $h \times (1 - p)$ , su kalınlığı  $h \times (1 - p)$ , ve hava kalınlığı  $h \times (p - pw)$  olarak belirlenmiştir (Dias and Delkumburewatte, 2007).

$$R_{lif} = \frac{h \times (1 - p)}{\lambda_{lif}}$$

$$R_{su} = \frac{h \times (1 - p)}{\lambda_{su}}$$

$$R_{hava} = \frac{h \times (p - pw)}{\lambda_{hava}}$$

Burada;

$R_{lif}$ = sistemde bulunan lifin direnci

$\lambda_{lif}$ = lifin iletkenlik değeri (birim)

$R_{su}$ = sistemde bulunan suyun direnci

$\lambda_{su}$ =suyun iletkenlik değeri

$R_{hava}$ =sistemde bulunan havanın direnci

$\lambda_{hava}$ = havanın iletkenlik değeri

$h$ = kumaş kalınlığı (mm)

$p$ = kumaş gözeneklilik değeri (%)

$w$ = kumaşın içerdiği su miktarı (%)’dir.

Sistemde var olan üç bileşenin dirençleri birbirlerine sekiz farklı şekilde bağlanabilir. Bu şekilde oluşturulan modeller incelenmiş ve modeller arasından ölçülen ve tahminlenen değerler arasındaki ortalama mutlak hata değeri düşük olan model önerilmiştir.

Oluşturulan modellerde, kumaşın mutlak kuru ve %100 nemli olduğu durum ile %25,%50,%75 nemli olduğu durumlar ayrı ayrı ele alınmıştır.

Önerilen modeller aşağıda belirtilmektedir:

- ✓ *Model 1*: Lif, hava ve su birbirleri ile seri bağlı
- ✓ *Model 2*: Lif, hava ve su birbirleri ile paralel bağlı
- ✓ *Model 3*: Lif ve hava birbiri ile seri, su onlar ile paralel bağlı
- ✓ *Model 4*: Lif ve hava birbiri ile paralel, su onlar ile seri bağlı
- ✓ *Model 5*: Hava ve su birbiri ile seri, lif onlar ile paralel bağlı
- ✓ *Model 6*: Hava ve su birbiri ile paralel, lif onlar ile seri bağlı
- ✓ *Model 7*: Lif ve su birbiri ile seri, hava onlar ile paralel bağlı
- ✓ *Model 8*: Lif ve su birbirleri ile paralel, hava onlar ile seri bağlı

Kumaşın mutlak kuru ve %100 nemli olduğu durumda önerilen modellerden sadece *Model 1* ve *Model 2* uygulanabilecektir. Bu iki modelin gözlemlenen değer ile tahminlenen değer arasındaki ortalama mutlak hata değerleri Çizelge 6.26’da verilmektedir.

Çizelge 6.26 Mutlak kuru ve %100 nem için ortalama mutlak hata değerleri

		Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
<b>Mutlak kuru</b>	<i>Model 1</i>	0,010261*	0,009645*	0,002081*	0,002306*
	<i>Model 2</i>	0,015512	0,020615	0,013251	0,015892
<b>100% nemli</b>	<i>Model 1</i>	0,003819*	0,009181*	0,004569*	0,006571*
	<i>Model 2</i>	0,005724	0,010874	0,005941	0,007703

Çizelge 6.26’da görüldüğü gibi, kumaşların mutlak kuru olması ve %100 nemli olması durumunda en küçük hata *Model 1* ile elde edilmektedir. *Model 1*’de lif, hava ve su birbirleri ile seri bağlıdır.

Çizelge 6.27’de kumaşların %25, %50 ve %75 nemli olduğu durumlarda gözlemlenen değer ile tahminlenen değer arasındaki ortalama mutlak hata değerleri verilmektedir.

Çizelge 6.27 %25, %50 ve %75 nem için ortalama mutlak hata değerleri

	<b>Pamuk</b>	<b>Poliester</b>	<b>Modal</b>	<b>Akrilik</b>
<i>Model 1</i>	0,0072963	0,0059779	0,001086	0,0029968
<i>Model 2</i>	0,0071378	0,0119239	0,0090531	0,0086674
<i>Model 3</i>	0,0069709	0,0116526	0,0089703	0,0085258
<i>Model 4</i>	0,0057264	0,0107753	0,0080312	0,0078614
<i>Model 5</i>	0,0062723	0,0114258	0,0083449	0,0082508
<i>Model 6</i>	0,0055907	0,0107558	0,0078625	0,007824
<i>Model 7</i>	0,0058848	0,0109083	0,0081409	0,0079543
<i>Model 8</i>	0,0057681*	0,0057265*	0,0017583*	0,0028234*

Çizelge 6.27’de, kumaşların %25, %50 ve %75 nemli olduğu durumda *Model 8*’in ortalama mutlak hata değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. *Model 8*, lif ve suyun birbiri ile paralel olarak, havanın ise onlara seri olarak bağlandığı sistemi göstermektedir.

Bu sebeple oluşturulan modelde, kumaşların mutlak kuru olduğu durumda lif ve havanın seri bağlı olduğu, kumaş nemlenmeye bağlandığında lif ve suyun paralel, havanın onlara seri bağlandığı kabul edilmiştir. Kumaşın %100 nemli olduğu, yani havanın sistemde olmadığı durumda ise su ve hava birbirleri ile tamamen yer değiştirmişlerdir. Bu durumda lif ve su birbirleri ile seri bağlanmaktadır. Çizelge 6.28-6.31’de önerilen model ile elde edilen değerler ve ölçülen değerler verilmektedir.

Çizelge 6.28 Pamuklu kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri

İplik No	Sıklık	Ölçülen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )					Tahminlenen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )				
		Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Ne 16	Sık	15,2	8,1	6,9	6,5	6,5	25,9	17,8	12,1	6,4	3,4
	Seyrek	21,7	10,5	8,6	7,9	7,4	32,3	23,1	15,7	8,3	3,1
Ne 32/2	Sık	15,4	8,4	7,1	7,0	6,8	26,2	18,0	12,3	6,5	3,5
	Seyrek	22,2	11,9	8,8	8,2	7,8	32,8	23,5	16,0	8,4	3,3
Ne 24	Sık	15,0	7,7	6,4	6,1	5,9	25,0	17,5	11,9	6,3	3,0
	Orta	17,3	9,1	7,1	6,7	6,2	29,9	21,6	14,7	7,7	2,6
	Seyrek	19,3	10,2	8,3	7,5	7,1	32,8	24,1	16,3	8,5	2,4
Ne 48/2	Sık	15,1	7,9	6,5	6,2	6,0	25,3	17,7	12,0	6,4	3,1
	Orta	17,3	10,2	7,6	7,3	6,1	29,9	21,6	14,7	7,7	2,6
	Seyrek	19,8	10,4	8,4	7,7	7,4	33,2	24,3	16,5	8,6	2,4
Ne 30	Sık	14,5	7,7	6,3	6,0	5,8	24,8	17,4	11,9	6,3	2,9
	Orta	16,6	8,7	7,1	6,7	6,2	27,4	19,9	13,5	7,0	2,4
	Seyrek	18,6	9,7	8,1	7,3	6,9	30,5	22,3	15,1	7,9	2,3
Ne 60/2	Sık	14,5	7,7	6,3	6,0	5,4	23,9	16,8	11,4	6,0	2,7
	Orta	16,3	8,3	7,0	6,6	6,2	27,1	19,7	13,3	7,0	2,3
	Seyrek	18,3	8,8	7,8	7,2	6,6	29,4	21,6	14,6	7,6	2,2
Ne 40	Sık	14,3	7,3	6,2	6,0	5,4	23,7	16,9	11,5	6,0	2,4
	Orta	16,0	8,0	6,9	6,5	6,0	24,1	17,4	11,8	6,2	2,2
	Seyrek	18,1	8,3	7,5	7,1	6,5	27,2	20,0	13,5	7,0	2,1
Ne 50	Sık	14,3	7,2	6,1	6,0	5,4	23,4	16,8	11,4	6,0	2,1
	Orta	16,1	7,9	6,8	6,2	6,1	24,8	18,0	12,2	6,4	2,0
	Seyrek	17,7	8,3	7,2	7,0	6,4	25,9	19,1	12,9	6,7	1,9
Ne 60	Sık	14,2	7,0	6,1	5,6	5,4	22,8	16,5	11,2	5,9	2,0
	Orta	15,8	7,8	6,4	6,1	5,9	24,0	17,6	11,9	6,2	1,8
	Seyrek	17,0	8,2	6,8	6,7	6,4	24,7	18,2	12,3	6,4	1,7

Çizelge 6.29 Poliester kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri

İplik No	Sıklık	Ölçülen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )				Tahminlenen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )					
		Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Ne 16	Sık	20,3	13,3	12,4	12,3	11,6	27,5	19,8	13,4	7,0	2,6
	Seyrek	26,2	14,6	13,5	13,2	12,9	40,2	29,6	20,0	10,4	2,8
Ne 32/2	Sık	19,4	12,7	11,8	11,7	11,1	26,1	18,6	12,6	6,7	2,7
	Seyrek	25,9	14,1	13,4	13,1	12,7	36,4	26,7	18,1	9,4	2,7
Ne 24	Sık	19,1	12,5	12,1	11,6	11	27,6	20,0	13,6	7,1	2,4
	Orta	22,4	13,3	12,7	12,2	11,9	33,9	25,0	16,9	8,7	2,4
	Seyrek	25,9	14,3	13,5	12,9	12,7	37,9	28,2	19,0	9,8	2,3
Ne 48/2	Sık	19	12,4	11,6	11,4	10,8	26,7	19,3	13,1	6,9	2,3
	Orta	22	13,1	12,6	11,9	11,8	33,8	24,9	16,9	8,7	2,4
	Seyrek	25,2	13,7	13	12,7	12,4	37,2	27,6	18,6	9,6	2,3
Ne 30	Sık	18,9	11,7	11,1	10,7	10,4	26,1	19,0	12,9	6,7	2,1
	Orta	21,4	12,7	12,5	11,6	11,4	34,2	25,2	17,0	8,8	2,3
	Seyrek	23,8	13,2	12,7	12,5	12	33,8	25,1	16,9	8,7	2,1
Ne 60/2	Sık	18,9	12,3	11,4	11,4	10,6	27,7	20,2	13,7	7,1	2,2
	Orta	21,5	13,1	12,5	11,9	11,7	34,8	25,8	17,4	9,0	2,3
	Seyrek	24,1	13,2	12,8	12,6	12,2	35,2	26,1	17,6	9,0	2,2
Ne 40	Sık	18,9	11,6	10,9	10,5	10,3	27,4	20,1	13,6	7,1	2,0
	Orta	21,1	12,7	12,1	11,6	11,3	28,9	21,3	14,4	7,5	2,0
	Seyrek	22,7	13	12,7	12,4	11,7	35,2	26,1	17,6	9,0	2,2
Ne 50	Sık	17,5	11,3	10,7	10,4	9,8	24,3	17,9	12,1	6,3	1,8
	Orta	20,9	12,7	11,8	11,5	11	28,6	21,1	14,3	7,4	1,9
	Seyrek	22,1	12,9	12,2	12,1	11,5	33,1	24,6	16,6	8,5	2,0
Ne 60	Sık	17,2	11,1	10,1	9,7	9,4	23,0	16,9	11,4	5,9	1,7
	Orta	20,8	12,6	11,7	11,4	11,1	27,5	20,4	13,7	7,1	1,7
	Seyrek	21,9	12,8	12,1	11,7	11,5	31,3	23,3	15,7	8,0	1,8

Çizelge 6.30 Modal kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri

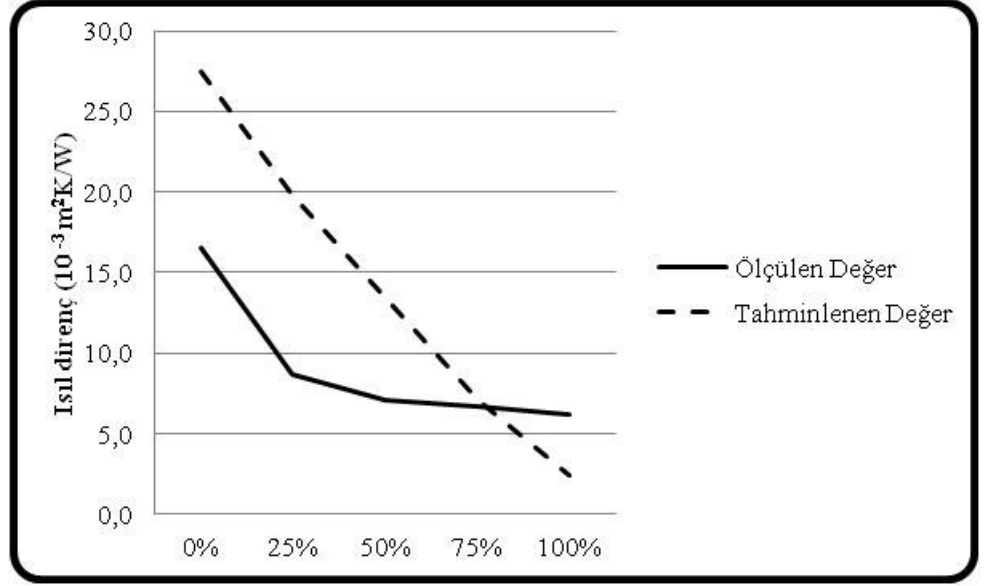
İplik No	Sıklık	Ölçülen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )					Tahminlenen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )				
		Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Ne 16	Sık	14,9	13,2	9,2	7,4	6,4	17,3	11,6	7,9	4,2	2,7
	Seyrek	17,0	15,9	11,0	8,7	7,4	20,6	14,6	9,9	5,2	2,3
Ne 32/2	Sık	16,2	14,3	10,0	7,7	6,8	18,3	12,2	8,3	4,4	3,0
	Seyrek	17,1	16,0	11,0	9,1	8,5	21,8	15,3	10,4	5,5	2,5
Ne 24	Sık	14,4	12,3	8,4	6,7	6,6	15,6	10,5	7,1	3,8	2,5
	Orta	15,8	12,6	8,7	7,9	7,1	18,8	13,4	9,1	4,8	1,9
	Seyrek	15,8	15,4	10,6	8,2	7,2	19,5	14,2	9,6	5,0	1,5
Ne 48/2	Sık	13,4	11,9	8,3	6,7	5,8	14,4	9,5	6,5	3,5	2,4
	Orta	14,5	12,2	8,5	6,9	6,5	17,0	12,1	8,2	4,3	1,7
	Seyrek	15,1	14,1	9,7	7,7	7,1	19,9	14,6	9,9	5,1	1,6
Ne 30	Sık	13,3	11,8	8	6,5	5,7	13,6	9,2	6,3	3,3	2,0
	Orta	14,4	12,2	8,1	6,5	6,4	16,8	12,0	8,2	4,3	1,6
	Seyrek	14,6	13,1	8,7	7,4	6,8	20,0	14,6	9,9	5,1	1,5
Ne 60/2	Sık	13,2	11,3	7,5	6,4	5,7	13,2	8,9	6,1	3,2	2,0
	Orta	13,7	12	7,7	6,5	6,1	15,5	11,0	7,5	3,9	1,6
	Seyrek	14,6	12,7	8,3	7	6,6	18,8	13,7	9,3	4,8	1,5
Ne 40	Sık	13,1	10,8	7,2	6,1	5,7	13,0	8,9	6,1	3,2	1,7
	Orta	13,6	11,8	7,5	6,5	6,1	14,6	10,4	7,1	3,7	1,5
	Seyrek	14,3	12,3	7,7	6,9	6,1	17,0	12,4	8,4	4,4	1,3
Ne 50	Sık	12,9	10,7	6,9	6,1	5,5	11,9	8,3	5,7	3,0	1,4
	Orta	13,3	11,6	7,6	6,2	5,8	12,9	9,2	6,3	3,3	1,3
	Seyrek	13,9	12,2	7,8	6,6	6,1	15,2	11,1	7,5	3,9	1,2
Ne 60	Sık	12,4	9,6	6,3	5,6	5,2	10,5	7,4	5,0	2,7	1,2
	Orta	12,4	11,2	7,4	6	5,5	12,4	9,0	6,1	3,2	1,1
	Seyrek	13,0	11,3	7,6	6,2	5,5	13,4	9,8	6,6	3,5	1,0

Çizelge 6.31 Akrilik kumaşların ölçülen ve model ile tahminlenen değerleri

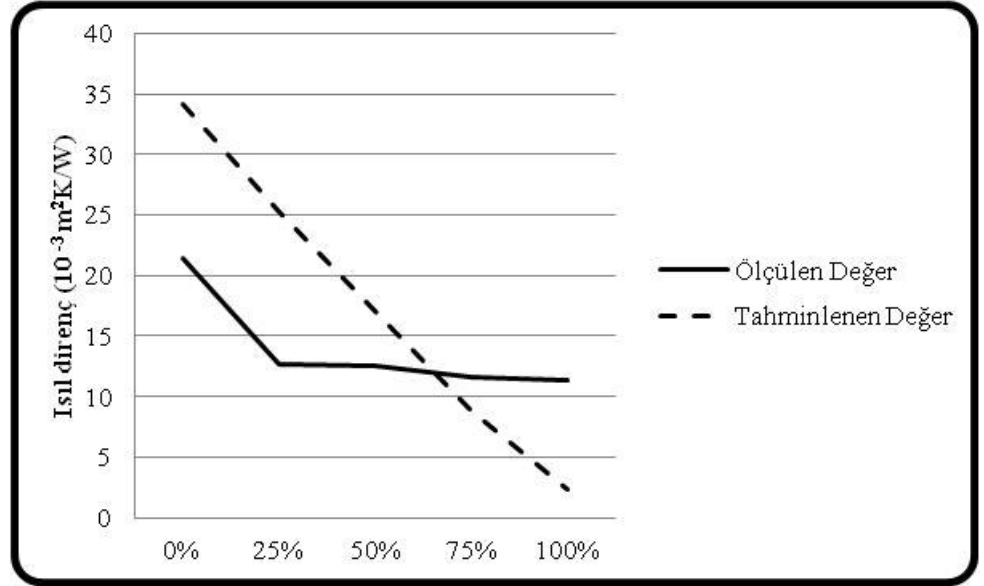
İplik No	Sıklık	Ölçülen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )				Tahminlenen Değer ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )					
		Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Ne 16	Sık	17,2	9,8	8,9	9	8,4	18,7	13,3	9,0	4,8	1,9
	Seyrek	19,7	11,0	10,4	9,5	9,2	22,0	16,0	10,8	5,7	1,8
Ne 32/2	Sık	17,5	10	9,0	9,1	8,5	19,7	14,0	9,5	5,0	2,1
	Seyrek	19,9	11,2	10,5	9,6	9,5	23,8	17,3	11,7	6,1	2,0
Ne 20	Sık	16,5	9,2	8,5	8,6	8	17,4	12,6	8,5	4,5	1,5
	Orta	17,1	9,8	9,1	8,7	8,5	20,4	15,0	10,1	5,3	1,5
	Seyrek	18,3	10,4	9,5	9,2	9,1	22,6	16,6	11,2	5,8	1,6
Ne 40/2	Sık	17	9,7	8,8	8,8	8,3	18,5	13,4	9,1	4,8	1,6
	Orta	17,3	10,4	9,9	9,2	8,9	21,2	15,5	10,5	5,5	1,6
	Seyrek	19,3	10,9	10,2	9,3	9,2	23,5	17,3	11,7	6,1	1,6
Ne 30	Sık	13,7	8,7	8,1	7,6	7,4	15,8	11,3	7,7	4,0	1,5
	Orta	17,3	9,2	9	8,3	7,5	18,8	13,9	9,4	4,9	1,3
	Seyrek	17,3	10	9,6	8,7	8,5	20,5	15,1	10,2	5,3	1,3
Ne 40	Sık	13,1	8	7,4	7,3	7,2	15,4	11,2	7,6	4,0	1,3
	Orta	14,9	8	8,1	7,5	7,4	17,9	13,2	8,9	4,6	1,3
	Seyrek	16,8	9,7	8,6	8,5	8,2	18,8	13,9	9,4	4,8	1,2
Ne 50	Sık	12,8	7,2	6,7	6,6	6,3	13,2	9,6	6,5	3,4	1,1
	Orta	13,6	7,8	7,4	6,9	6,4	14,1	10,3	7,0	3,6	1,0
	Seyrek	15,5	8,4	8,2	7,2	6,7	16,5	12,3	8,3	4,2	1,0

Matematik modelden elde edilen değerler ile ölçülen değerler arasındaki ilişki Ne 30 iplik numarası ile orta sıklıkta örülen kumaşlar için Şekil 6.33-6.36'da gösterilmektedir.

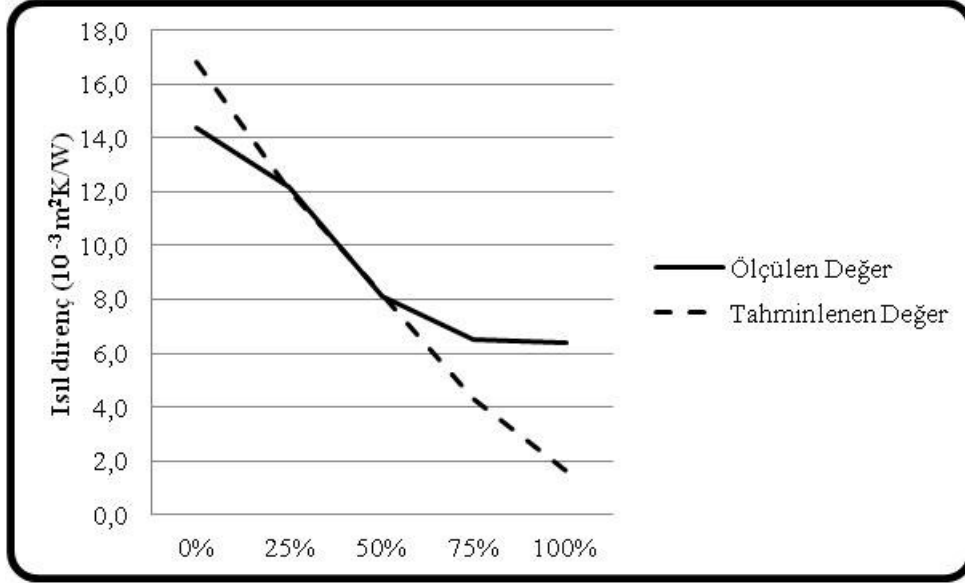




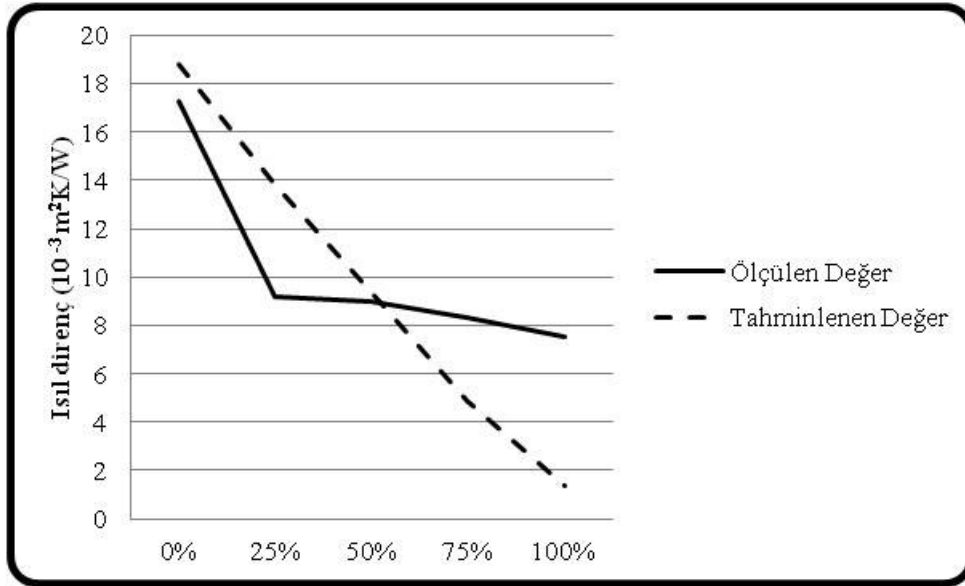
Şekil 6.33 Pamuklu kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer



Şekil 6.34 Poliester kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer



Şekil 6.35 Modal kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer



Şekil 6.36 Akrylic kumaş için ölçülen ve tahminlenen değer

## 6.5 Oluşturulan Modellerin Bir Örnek Üzerinde Uygulaması

Bu bölümde kumaş özellikleri kullanılarak farklı yöntemler ile tahminlenen farklı nem oranlarındaki ısı direnç özelliği, deney planında olmayan ve dışarıdan temin edilen bir kumaş üzerinde kullanılarak, önerilen tahminleme modellerinin performansı değerlendirilmiştir.

Ne 27 numara viskon lifinden üretilmiş düz örgü kumaşın özellikleri aşağıdaki Çizelge 6.32'de verilmektedir.

Çizelge 6.32 Modelleri denemek için kullanılan viskon kumaş özellikleri

Kumaş Özelliği	
Gramaj ( $\text{g/m}^2$ )	164,8
Kalınlık (mm)	0,55
İlmeğin İplik Uzunluğu (mm)	0,274
Çubuk Sayısı/cm	15,5
Sıra Sayısı/cm	19
İlmeğin yoğunluğu (ilmeğin sayısı/ $\text{cm}^2$ )	294,5
Gözeneklilik (%)	80,42
Hava Geçirgenliği ( $\text{l/m}^2/\text{s}$ )	1455

Hesaplamalarda viskon lifinin özgül ısısı  $1,26 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ve lif yoğunluğu  $1,53 \text{ g/cm}^3$  alınmıştır.

Kumaşın Alambeta cihazında gerçekleştirilen farklı nem oranlarındaki ısı direnç ölçüm sonuçları Çizelge 6.33'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.33 Farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Isıl direnç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	12,7	8,5	6,4	5,6	5,2

### 6.5.1 Elde edilen regresyon denklemleri ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerinin tahminlenmesi

Bu bölümde kullanılan viskon kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini tahminlemek için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemleri kullanılmıştır.

Su miktarının bağımsız değişken olarak dahil edildiği regresyon denklemi aşağıda verilmektedir. Kumaşın mutlak kuru, %25, %50, %75 ve %100 nemli durumu için denklem ayrı ayrı uygulanmıştır.

$$R_{kumaş} = [ -169,899 + 80,893 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 50,004 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 11,570 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 8,437 * \text{Su miktarı (\%)} ]$$

$$R_{(mutlak\ kuru)} = [ -169,899 + 80,893 * 1,26 + 50,004 * 1,53 + 11,570 * 0,55 - 8,437 * 0,00 ] = \underline{14,9}$$

$$R_{(25\%)} = [ -169,899 + 80,893 * 1,26 + 50,004 * 1,53 + 11,570 * 0,55 - 8,437 * 0,25 ] = \underline{12,8}$$

$$R_{(50\%)} = [ -169,899 + 80,893 * 1,26 + 50,004 * 1,53 + 11,570 * 0,55 - 8,437 * 0,50 ] = \underline{10,7}$$

$$R_{(75\%)} = [ -169,899 + 80,893 * 1,26 + 50,004 * 1,53 + 11,570 * 0,55 - 8,437 * 0,75 ] = \underline{8,6}$$

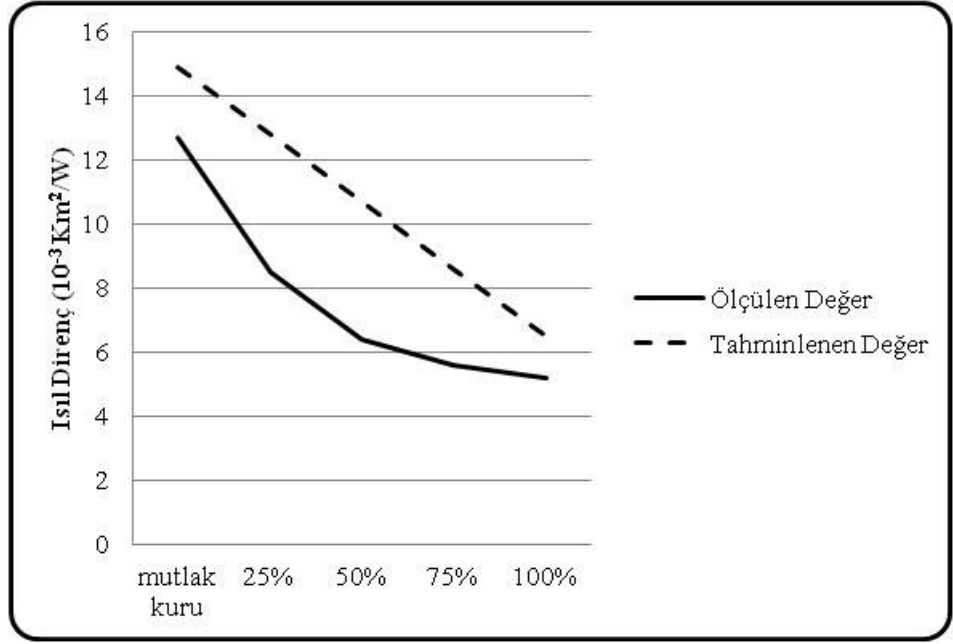
$$R_{(100\%)} = [ -169,899 + 80,893 * 1,26 + 50,004 * 1,53 + 11,570 * 0,55 - 8,437 * 1,00 ] = \underline{6,5}$$

Çizelge 6.34'de Bölüm 6.2'de elde edilen farklı nem oranları için elde edilen regresyon denklemi yardımıyla hesaplanan ısı direnç değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.34 Farklı nem oranları için elde edilen regresyon denklemi kullanılarak hesaplanan ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	<b>Mutlak kuru</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>
Isıl direnç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	14,9	12,8	10,7	8,6	6,5

Bölüm 6.2'de elde edilen denklem ile hesaplanan ısı direnç değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırması Şekil 6.37'de yapılmaktadır.



Şekil 6.37 Ölçülen değerler ile farklı nem oranları için elde edilen regresyon denklemi kullanılarak tahminlenen değerlerin karşılaştırılması

Farklı nemlilik düzeyindeki kumaşların ısı dirençlerinin ayrı ayrı tahminlendiği regresyon denklemleri kullanılarak örnek kumaşın ısı direnç değerleri hesaplanmıştır.

Mutlak kuru durum için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmektedir.

$$R_{(mutlak\ kuru)} = [ -100,617 + 49,867 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 29,166 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 17,298 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 0,003 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Elde edilen bu denklem ile örnek kumaşın mutlak kuru durumda ısı direnç değerinin hesaplanması aşağıda verilmektedir.

$$R_{(mutlak\ kuru)} = [ -100,617 + 49,867 * 1,26 + 29,166 * 1,53 + 17,298 * 0,55 - 0,003 * 294,5 ] = \underline{15,5}$$

%25 nemli durum için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%25)} = [ -261,426 + 118,012 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 80,006 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 7,357 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} - 0,003 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Elde edilen bu denklem ile viskon kumaşın %25 nemli durumda ısı direnç değerinin hesaplanması aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%25)} = [ -261,426 + 118,012 * 1,26 + 80,006 * 1,53 + 7,357 * 0,55 - 0,003 * 294,5 ] = \underline{12,8}$$

%50 nemli durum için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%50)} = [ -189,664 + 87,877 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 53,949 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 10,368 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} ]$$

Elde edilen bu denklem ile viskon kumaşın %50 nemli durumda ısı direnç değerinin hesaplanması aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%50)} = [ -189,664 + 87,877 * 1,26 + 53,949 * 1,53 + 10,368 * 0,55 ] = \underline{9,3}$$

%75 nemli durum için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%75)} = [ -160,473 + 71,868 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 44,037 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 11,270 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} + 0,002 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Elde edilen bu denklem ile viskon kumaşın %75 nemli durumda ısı direnç değerinin hesaplanması aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%75)} = [ -160,473 + 74,917 * 1,26 + 44,037 * 1,53 + 11,270 * 0,55 + 0,002 * 294,5 ] = \underline{8,1}$$

%100 nemli durum için Bölüm 6.2'de elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmektedir.

$$R_{(%100)} = [ -153,549 + 71,868 * \text{Özgül ısı (J/gK)} + 41,552 * \text{Lif yoğunluğu (d}_{lif}) \text{ (g/cm}^3\text{)} + 11,381 * \text{Kumaş kalınlığı (h) (mm)} + 0,003 * \text{İlmek yoğunluğu (ilmek sayısı/cm}^2\text{)} ]$$

Eldedilen bu denklem ile viskon kumaşın %100 nemli durumda ısıldirenç değerinin hesaplanması aşığıda verilmektedir.

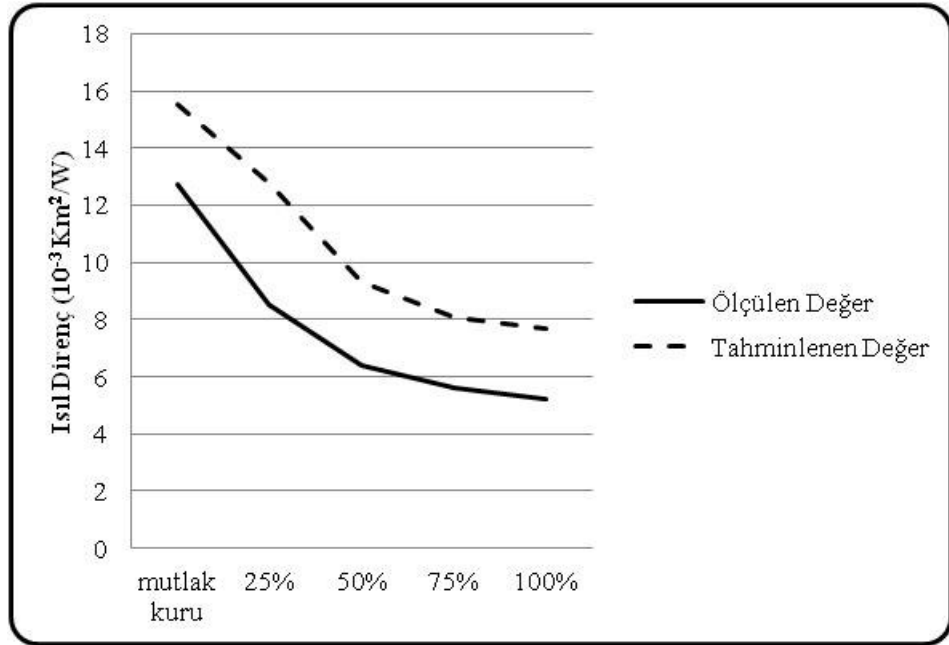
$$R_{(%100)} = [ -153,549 + 71,868 * 1,26 + 41,552 * 1,53 + 11,381 * 0,55 + 0,003 * 294,5 ] = \underline{7.7}$$

Çizelge 6.35’de Bölüm 6.2’de elde edilen regresyon denklemleri yardımıyla hesaplanan ısıldirenç değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.35 Farklı nem oranları için ayrı ayrı elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak hesaplanan ısıldirenç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Isıldirenç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	15,5	12,8	9,3	8,1	7,7

Bölüm 6.2’de elde edilen denklemler ile hesaplanan ısıldirenç değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırması Şekil 6.38’de yapılmaktadır.



Şekil 6.38 Ölçülen değerler ile farklı nem oranları için ayrı ayrı elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak tahminlenen değerlerin karşılaştırılması

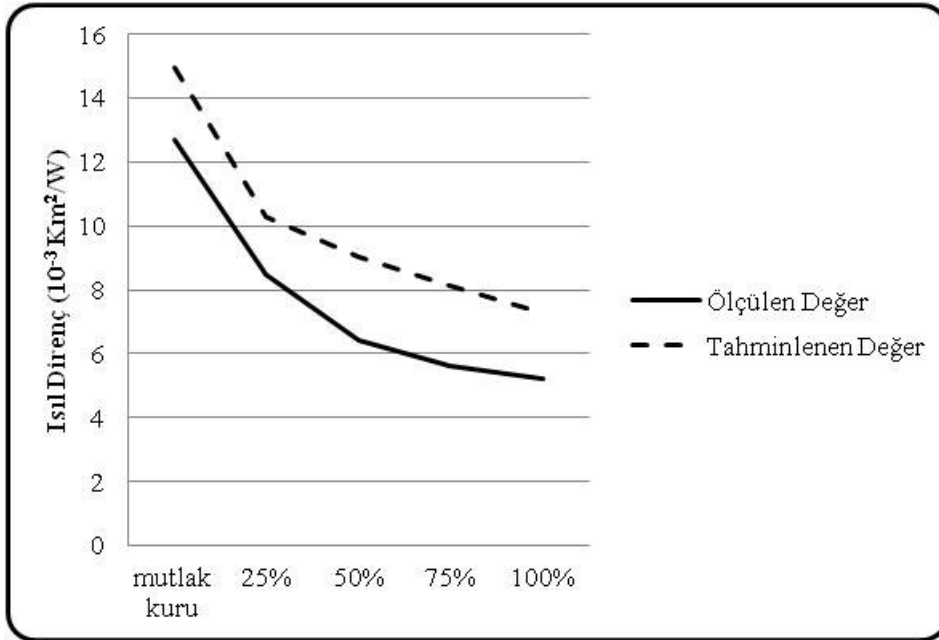
### 6.5.2 Elde edilen yapay sinir ağı ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerinin tahminlenmesi

Bu bölümde kullanılan viskon kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini tahminlemek için Bölüm 6.3’de elde edilen yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çizelge 6.36’da su miktarının girdi olarak modele dahil edildiği, tek çıktı nöronuna sahip yapay sinir ağından elde edilen ısı direnç değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.36 Su miktarının girdi olarak dahil edildiği yapay sinir ağından elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Isıl direnç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	14,9	10,3	9,0	8,2	7,3

Şekil 6.39’de yapay sinir ağlarından elde edilen ısı direnç değerleri ile ölçülen ısı direnç değerlerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 6.39 Ölçülen değerler ile su miktarının girdi olarak dahil edildiği yapay sinir ağı ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması

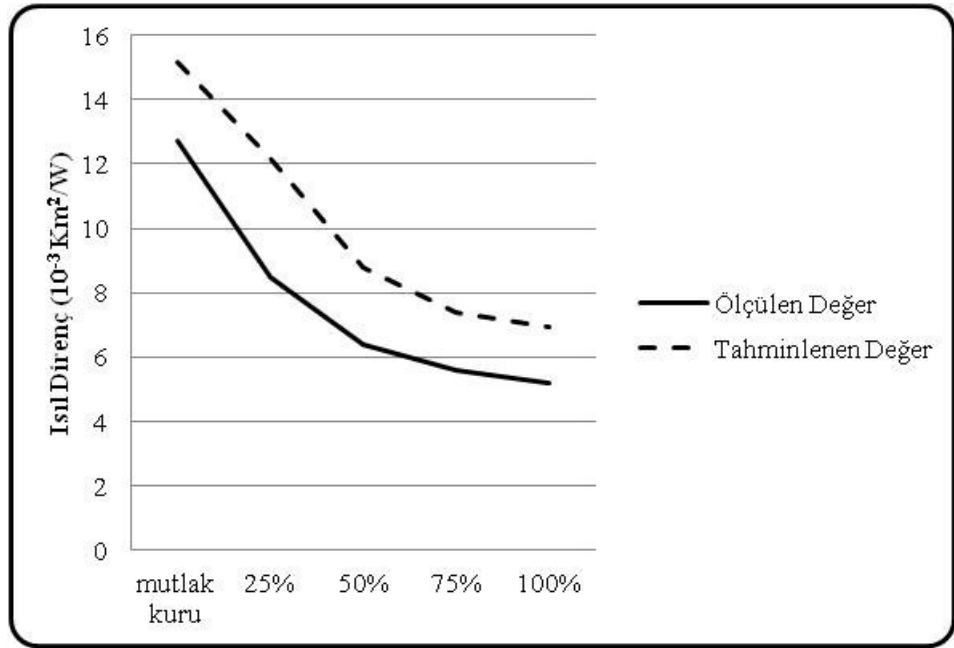
Çizelge 6.37’de farklı nem oranlarında (mutlak kuru, %25, %50, %75 ve %100 nemli durum) çıktı katmanında beş nörona sahip yapay sinir ağından elde



edilen ısı direnç değerleri ve Şekil 6.40'da bu değerler ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması verilmektedir.

Çizelge 6.37 Farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini aynı anda tahminleyen yapay sinir ağı ile elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Isıl direnç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	15,2	12,2	8,8	7,4	7,0



Şekil 6.40 Ölçülen değer ile farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerlerini aynı anda tahminleyen yapay sinir ağı ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması

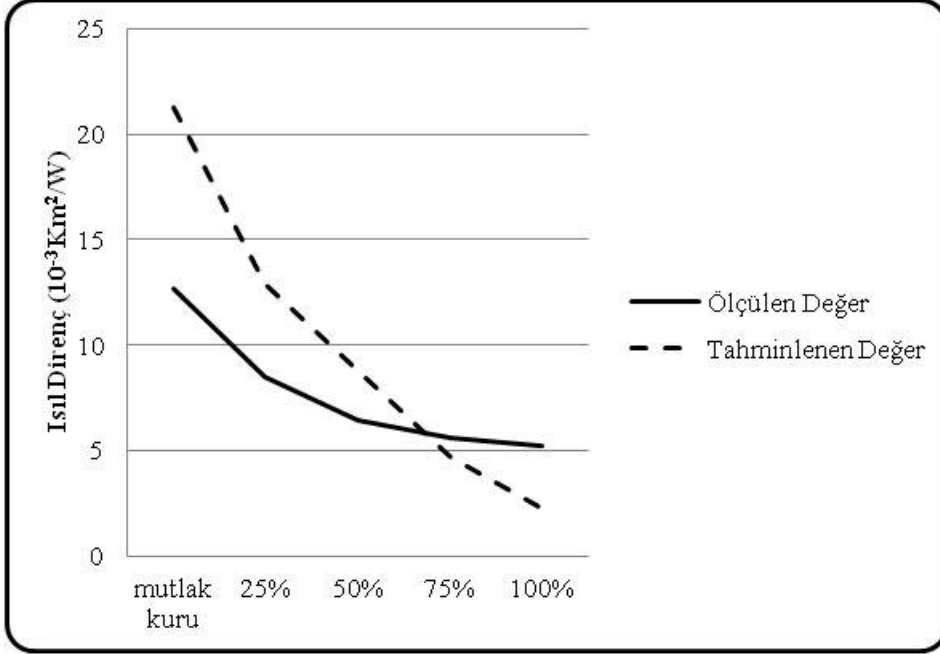
### 6.5.3 Elde edilen matematiksel model ile örnek kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerinin tahminlenmesi

Bölüm 6.4'de önerilen matematik model viskon kumaşa uygulanarak Çizelge 6.38'te verilen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 6.38 Matematik modelden elde edilen ısı direnç değerleri ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

	Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
Isıl direnç ( $10^{-3} \text{ Km}^2/\text{W}$ )	21,3	12,9	8,8	4,7	2,3

Ölçülen ısı direnç değerleri ile model kullanılarak hesaplanan ısı direnç değerlerinin karşılaştırılması Şekil 6.41'te gösterilmektedir.



Şekil 6.41 Ölçülen değerler ile matematiksel modelden elde edilen değerlerin karşılaştırılması

Çalışma sonucunda bulunan tahminleme ve modelleme yöntemlerinin örnek viskon kumaşa uygulanması ile elde edilen sonuçlar ve grafikler incelendiğinde;

- Elde edilen tüm sonuçların gerçek değerlerin bir miktar üzerinde olmakla birlikte, gerçeğe yakın sonuçlar verdiği,
- Regresyon ile elde edilen denklem setlerinden, farklı nem oranları için ayrı ayrı bulunan denklemler kullanıldığında sonuçların kumaşı daha iyi temsil ettiği,
- Yapay sinir ağı ile elde edilen değerlerin tüm modeller içerisinde gerçek değerlere daha yakın olduğu,
- Matematiksel model kullanılarak elde edilen sonuçlarda %75 nem oranı civarında gerçek değere ulaşıldığı ve bundan sonraki nem değerleri için modelin daha düşük değer verdiği söylenebilir.

## 7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, düz örgü kumaşların kumaş konstrüksiyon parametreleri kullanılarak, farklı nem oranlarındaki ısı direnç özelliklerinin tahminlenmesi ve modellenmesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada pamuk, poliester, modal ve akrilik lifleri kullanılmıştır. Bu liflerden Ne 16- Ne 60 numara aralığında iplikler ve bu ipliklerden üç farklı sıklıkta (Ne 16 için iki farklı sıklık) düz örgü kumaşlar üretilmiştir.

Tez çalışmasının ilk kısmında kumaşın ısı direncini etkileyen konstrüksiyon parametreleri ve ısı direnç özelliğine nemin etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kumaş kalınlığının artışı ile ısı direncin arttığı, kumaş sıklığının artışı ile ise azaldığı gözlenmiştir. Islanma ile kumaşların ısı direnç değerlerinin düştüğü ve en büyük düşüşün, kumaşların mutlak kuru durumdan %25 nemli duruma geldikleri noktada olduğu tespit edilmiştir. Alınan bu sonuçlar literatürdeki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmanın ikinci kısmında kumaşların nem ile değişen ısı direnç özelliği regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemleri ile tahminlenmiştir. Yapay sinir ağları yöntemi aralarında doğrusal ilişki olmayan parametrelerin açıklanması için uygun bir yöntem olduğundan tekstilde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Literatürde lif, iplik ve kumaş özelliklerinin yapay sinir ağları yöntemi ile tahminlenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada kumaşların ısı direnç özellikleri nem oranlarındaki değişimi de kapsayacak şekilde tahminlenmiştir. Bunun yanında kumaşların nemli durumdaki ısı direncinin hesaplanabilmesi için teorik bir model önerilmiştir.

Kumaşların nemli durumdaki ısı dirençlerini tahminlemek için iki adet regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilkinde kumaşta bulunan su miktarı, lifin özgül ısı, lif yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve ilmek yoğunluğu parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen regresyon denkleminin  $R^2$ 'si %76,3 olarak bulunmuştur. Elde edilen regresyon denklemine göre lif özgül ısı, lif

yoğunluğu, kumaş kalınlığı arttıkça ısı direnç değeri artmakta ve kumaş içerisinde bulunan su miktarı arttıkça ısı direnç değeri azalmaktadır.

İkinci olarak ölçümlenen nemlilik oranlarında regresyon denklemleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Bu regresyon analizleri için lifin özgül ısısı, lif yoğunluğu, kumaş kalınlığı ve ilmek yoğunluğu parametreleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Elde edilen regresyon denklemlerinin  $R^2$  değerleri mutlak kuru durumdaki kumaş için %92,5; %25 nemli kumaş için %92,7; %50 nemli kumaş için %92,7; %75 nemli kumaş için %95,8 ve %100 nemli kumaş için %96,1 olmak üzere oldukça yüksek bulunmuştur.

Elde edilen regresyon denklemlerinde mutlak kuru ve %25 nemli durumda kumaşın ilmek yoğunluğunun artması ile ısı direnç değerinin azaldığı; %50 nemli durumda ilmek yoğunluğunun önemsiz bir parametre olduğu; %75 ve %100 nemli durumda ise ilmek yoğunluğunun artması ile ısı direnç değerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum kumaş içerisindeki hava boşlukları ve ıslanma ile kumaş içerisinde bulunan havanın su ile yer değiştirmesi ile açıklanabilir. İlmek yoğunluğu yüksek olan kumaşın içerisinde daha az hava olması dolayısı ile mutlak kuru ve %25 nemli durumda ısı direnç değerleri düşük olmaktadır. Ancak aynı şekilde %75 ve %100 gibi daha yüksek nem oranlarında kumaşın içerisinde daha az miktarda su olacağı için ilmek yoğunluğunun artışı ile ısı direnç değerinde artış olmaktadır.

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan tahminleme için de iki farklı yöntem izlenmiştir. Birinci yöntemde geliştirilen ağ kumaşın farklı nem oranlarındaki ısı direnç değerini veren tek bir çıktı nöronuna sahiptir. Oluşturulan ağ lif özgül ısısı, iplik numarası, kumaş kalınlığı, ilmek iplik uzunluğu, ilmek yoğunluğu ve su miktarını girdi olarak kullanmaktadır. Ağın regresyon katsayısı  $R^2 = 0,954$ 'tür.

İkinci ağ kumaşın mutlak kuru, %25, %50, %75 ve %100 nemli durumdaki ısı direnç değerlerini veren beş adet çıktı nöronuna sahiptir. Ağ girdi olarak lif iletkenliği, lif özgül ısısı, kumaş gramajı, kumaş kalınlığı, ilmek iplik uzunluğu ve ilmek yoğunluğu değerlerini kullanmaktadır. Oluşturulan ağın regresyon katsayıları mutlak kuru durumdaki kumaş için %97,5; %25 nemli kumaş için %97,4; %50 nemli kumaş için %98,5; %75 nemli kumaş için %98,8 ve %100 nemli kumaş için %99'dur.

Kullanılan tahminleme yöntemi ile elde edilen regresyon değerleri literatürde elde edilen değerlerden daha yüksektir. Çalışmada tahminleme için uygulanan modellerden yapay sinir ağı yönteminin tahminleme gücünün daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle su miktarının değişken olarak kullanıldığı tahminleme modellerinde bu daha açıktır.

Matematiksel modelleme ile hesaplanan ısı direnç değerleri de gerçek değerlere oldukça yakın çıkmıştır. Teorik olarak elde edilen ısı direnç değerlerinin de literatürdeki benzer çalışmalardan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Literatürden farklı olarak çalışmada bulunan tüm yöntemler, deney planında olmayan bir kumaşa uygulanarak yöntemlerin kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Kullanılan tahminleme modellerinin hepsi, bütün nemlilik seviyelerinde gerçek değerden daha yüksek bir değer tahminlerken, matematiksel modelde %100 nemli kumaşların ısı direnç değerleri daha düşük bulunmuştur. Bunun sebebinin ıslanma ile değişen kalınlık değerinin göz ardı edilmesi olduğu düşünülmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda, nemli durumdaki kumaşların kalınlık değişiminin incelenmesi, ve suyun kumaş içerisine bağlanma şeklinin irdelenmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alambeta Measuring Device, User's Guide, Version 2.5, Liberec, Czech Republic, 20 p.
- Alibi, H., Fayala, F., Jemni A. and Zeng X.**, 2013, A Neural Network Model to Predict Thermal Conductivity of Stretch Knitted Fabrics, International Conference of Applied Research in Textile, CIRAT-5, 24- 27 January, Monastir, Tunisia
- Aksoy, A. ve Kaplan S.**, 2011, Tekstil materyallerinde sıvı transfer mekanizmaları ve ölçüm yöntemleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2): 51-67 s. <http://teknolojikarastirmalar.com> (Erişim tarihi: 15. 07. 2013)
- Babus'Haq, R. F., Hiasat, M. A. A. and Probert, S. D.**, 1996, Thermally insulating behaviour of single and multiple layers of textiles under wind assault, *Applied Energy*, 54(4): 375-391 pp.
- Bakkevig, M. K. and Nielsen, R.**, 1995, The impact of activity level on sweat accumulation and thermal comfort using different underwear, *Ergonomics*, 38(5): 926-939 pp.
- Bandyopadhyay, S. K., Ghose, P. K., Bose, S. K. and Mukhopadhyay , U.**, 1987, The thermal resistance of jute and jute-blend fabrics, *Journal of The Textile Institute*, 78 (4): 255-260 pp.
- Banks-Lee, P., Mohammadi M. and Ghadimi, P.**, 2004, Utilization of air permeability in predicting the thermal conductivity, *INJ*, Summer 2004: 28-33 pp.
- Barker, R. L., Guerth-Schacher, C., Grimes R. V. and Hamouda, H.**, 2006, Effects of moisture on the thermal protective performance of firefighter protective clothing in low-level radiant heat exposures, *Textile Research Journal*, 76(1): 27-31 pp.
- Barnes, J.C. and Holcombe, B.V.**, 1996, Moisture sorption and transport in clothing wear, *Textile Research Journal*, 66(12): 777-786 pp.
- Baxter, S. and Cassie, A. B. D.**, 1943, Thermal insulating properties of clothing, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 34 (7): 41-54 pp.
- Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska, Z., Devaux, E. and Dupont, D.**, 2011, Evaluation of thermal and moisture management properties on knitted fabrics and comparison with a physiological model in warm conditions, *Applied Ergonomics*, 42: 792-800 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Behera , B. K., Ishtiaque, S. M. and Chand, S.,** 1997, Comfort properties of fabrics woven from ring-, rotor-, and friction-spun yarns, *Journal of The Textile Institute*, 88(3): 255-264 pp.
- Behera, B.K.,** 2007, Comfort and handle behaviour of linen-blended fabrics, *Autex Research Journal*, 7(1): 33-47 pp.
- Bertaux, E., Derler, S., Rossi, R.M., Zeng, X., Koehl L. and Ventenat, V.,** 2010, Textile, physiological and sensorial parameters in sock comfort, *Textile Research Journal*, 80(17): 1803-1810 pp.
- Bhattacharjee, D. and Kothari, V.K.,** 2007, A neural network system for prediction of thermal resistance of textile fabrics, *Textile Research Journal*, 77 (1): 4-12 pp.
- Bhattacharjee, D. and Kothari, V. K.,** 2009, Heat transfer through woven textiles, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52: 2155–2160 pp.
- Built it Solar,** "Physical Properties of Acrylic Sheets", <http://www.builtitsolar.com/References/Glazing/physicalpropertiesAcrylic.pdf>, (Erişim tarihi: 14. 06. 2013)
- Celcar, D., Meinander, H. and Geršak, J.,** 2008, A study of the influence of different clothing materials on heat and moisture transmission through clothing materials, evaluated using a sweating cylinder, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20 (2): 119-130 pp.
- Chattopadhyay, R. and Guha, A.,** 2004, Artificial neural networks applications to textiles, *Textile Progress*, 35 (1):3-13 pp.
- Chen, Y.S., Fan, J. and Zhang, W.,** 2003, Clothing thermal insulation during sweating, *Textile Research Journal*, 73(2): 152-157 pp.
- Chen, Y.S., Fan, J., Qian, X. and Zhang, W.,** 2004, Effect of garment fit on thermal insulation and evaporative resistance, *Textile Research Journal*, 74(8): 742-748 pp.
- Čiukas, R., Abramavičiūtė, J. and Kerpauskas, P.,** 2010, Investigation of the thermal properties of socks knitted from yarns with peculiar properties. Part I. Thermal conductivity coefficient of socks knitted from natural and synthetic textured yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(3 (80)): 89-93 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Čiukas, R., Abramavičiūtė, J. and Kerpauskas, P.,** 2011, Investigation of the thermal properties of socks knitted from yarns with peculiar properties. Part II: Thermal resistance of socks knitted from natural and stretch yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(3(86)): 64-68 pp.
- Clulow, E. E.,** 1978, Thermal insulation properties of fabrics, *Textiles*, 7(2)
- Clulow, E. E.,** 1981, Thermal underwear: why is it warm?, *Knitting International*, 88(6): 48-49 pp.
- Clulow, E. E.,** 1984, Comfort indoors, *Textile Horizons*, 4(9): 20- 22 pp.
- Congshan, K.,** 2010, Prediction of fabric subjective thermal-wet comfort properties based on BP neural network, International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 20-24 October, Sanya, China, 248-251 pp.
- Crockford, G.W.,** 1988, The Measurement of Clothing Air Exchange and its Role in Clothing Design, I. B. Mekjavic, E. W. Banister & J. B. Momson (Eds.), *Environmental Ergonomics: Sustaining Human Performance in Harsh Environments*, Philadelphia, PA: Taylor& Francis, 184-194 pp.
- Cubric, I. S., Skenderi , Z., Mihelic-Bogdanic, A. and Andrassy, M.,** 2012, Experimental study of thermal resistance of knitted fabrics, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38: 223-228 pp.
- Çeğindir, N. Y. ve Üstün, G.,** 2006, "İlköğretim çağı çocukları ve annelerinin okul önlük ve formalarının konforundan memnuniyet durumlarının incelenmesi", <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2013)
- Çil, M.G., Nergis, U.B. and Candan, C.,** 2009, An experimental study of some comfort-related properties of cotton--acrylic knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 79(10): 917–923 pp.
- Çoban, S. ve Namlıgöz, E. S.,** 2005, Termofizyolojik giysi konforu ve test cihazları, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 4: 245- 252 s.
- Das, A. and Ishtiaque, S. M.,** 2004, Comfort characteristics of fabrics containing twist-less and hollow fibrous assemblies in weft, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 3 (4): 1-7 pp.
- Dias, T. and Delkumburewatte, G. B.,** 2007, The influence of moisture content on the thermal conductivity of a knitted structure, *Measurement Science and Technology*, 18: 1304–1314 pp.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Epps, H. H. and Leonas, K. K.**, 1997, The relationship between porosity and air permeability of woven textile fabrics, *Journal of Testing and Evaluation, JTEVA*, 25(1): 108-113 pp.
- Erdoğan, M. Ç., ve İllez, A. A.**, 2004, Giysilerde esneme konforu, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 4, 251-256 s.
- Ergün, M.**, 1995, Bilimsel Araştırmalarda Bilgisayarla İstatistik Uygulamaları: SPSS for Windows”, Ankara.
- Fan J. and Cheng X.Y.**, 2005, Heat and moisture transfer with sorption and phase change through clothing assemblies Part I: Experimental investigation, *Textile Research Journal*, 75(2): 99–105 pp.
- Fan J. and Tsang H. W. K.**, 2008, Effect of clothing thermal properties on the thermal comfort sensation during active sports, *Textile Research Journal*, 78(2): 111-118 pp.
- Fan, J., Chen, Y. S.**, 2002, Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin, *Measurement Science and Technology*, 13: 1115–1123 pp.
- Fan, J., Luo, Z., Li, Y.**, 2000, Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43: 2989-3000 pp.
- Fayala, F., Alibi, H., Benltoufa, S. And Abdelmajid Jemni**, 2008, Neural network for predicting thermal conductivity of knit materials, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(4): 53-60 pp.
- Fohr, J.P., Couton D. and Treguier, G.**, 2002, Dynamic heat and water transfer through layered fabrics, *Textile Research Journal*, 72(1): 1-12 pp.
- Fourt, L. and Hollies N.R.S.**, Clothing: Comfort and Function, Marcel Dekker Inc., New Yory, NY, USA, 1970
- Frydrych, I., Dziworska, G. and Bilska, J.**, 2002, Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 39(4): 40-44 pp.
- Geraldes, M.J., Araujo, M.De and Hes, L.**, 2001. High performance functional knit structures. 1st Autex Conference Tecnitex 2001, 26- 29 June, Povoá de Varzim, Portugal, pp. 227-235.
- Ghaddar , N., Ghali, K. and Jones, B.**, 2003, Integrated human-clothing system model for estimating the effect of walking on clothing insulation, *International Journal of Thermal Sciences*, 42: 605–619 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gibson, P. W., Elsaid, A. E., Kendrick, C. E., Rivin, D. and Charmchi, M.,** 1997, A test method to determine the relative humidity dependence of the air permeability of woven textile fabrics, *Journal of Testing and Evaluation, JTEVA*, 25 (4): 416-421 pp.
- Grabowska, K.E.,** 2001, Personal protection by textiles in the focus of stabilisation thermal conditions, 1st Autex Conference Tecnitex 2001, 26-29 June, Povo de Varzim, Portugal, 72-75 pp.
- Guo, Y., Li, Y., Tokura, H., Wong, T., Chung, J., Wong, A. S.W., Gohel, M.D.I. and Leung, P.H. M.,** 2008, Impact of fabric moisture transport properties on physiological responses when wearing protective clothing, *Textile Research Journal*, 78(12): 1057-1069 pp.
- Güneşoğlu, S.,** 2005, Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 208 s.
- Güneşoğlu, S., Meriç, B. and Güneşoğlu, C.,** 2005, Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 13 (2 (50)): 46-50 pp.
- Hagan, M.T, Demuth, H.B. and Beale, M.,** 1996, Neural Network Design, PWS Pub., Boston, ISBN 0534943322
- Hatch, K.L.,** 1993, Textile Science, West Publishing Company, New York, NY,USA
- Havenith, G.,** 2002, The interaction of clothing and thermoregulation, *Exogenous Dermatology*, 1(5): 221-230 pp.
- Henriksson, O., Lundgren, J.P., Kuklane, K., Holmer, I. and Bjornstig, U.,** 2009, protection against cold in prehospital care—thermal insulation properties of blankets and rescue bags in different wind conditions, *Prehospital and Disaster Medicine*, 24(5): 408-415 pp.
- Hes L.,**2001, Fast determination of surface moisture absorptivity of smart underwear knits, International Textile Conference, June, Terrassa ,Spain
- Hes, L. and Araujo M. De,** 2010, Simulation of the effect of air gaps between the skin and a wet fabric on resulting cooling flow, *Textile Research Journal*, 80(14): 1488–1497 pp.
- Hes, L. and Loghin, C.,** 2009, Heat, moisture and air transfer properties of selected woven fabrics in wet state, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2 (3): 141 - 149 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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 pp.
- Hes, L.**, 2000, An indirect method for the fast evaluation of surface moisture absorptiveness of shirt and underwear fabrics, *Vlakna a Textil*, 7(2): 91-96 pp.
- 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 , 16- 18 October, Massachusetts, USA.
- Hes, L., Offerman P. and Dvorakova I.**, 2001, The effect of underwear on thermal contact feeling caused by dressing up and wearing of garments, Tecnitex 2001 Autex Conference, 26- 29 June, Povia de Varzim, Portugal, 236-245 pp.
- Hoffmeyer, F. and Slater K.**, 1981, The effect of thickness and density on the thermal resistance of textile materials, *Journal of The Textile Institute*, 72 (4): 183-186 pp.
- Hoge, H. J. and Fonseca, G. F.**, 1964, The thermal conductivity of a multilayer sample of underwear material under a variety of experimental conditions, *Textile Research Journal*, 34 (5): 401-410 pp.
- Holcombe, B. V., Brooks, J. H., Schneider, A.M. and Watt I.C.**, 1988, Preprint of Conference Proceedings: Annual World Conference of the Textile Institute, The Textile Institute, Manchester, England, 437 p.
- Holcombe, B.V. and Hoschke, B. N.**, 1983, Dry heat transfer characteristics of underwear fabrics, *Textile Research Journal*, 53 (6): 368-374 pp.
- Hong, C. J. and Kim, J. B.**, 2007, A study of comfort performance in cotton and polyester blended fabrics. I. Vertical wicking behavior, *Fibers and Polymers* 8 (2): 218-224 pp.
- Huang, J.**, 2006, Sweating guarded hot plate test method, *Polymer Testing*, 25: 709-716 pp.
- Ismail, M. I., Ammar, S. A. and EI-Okeily, M.**, 1988, Heat transfer through textile fabrics: mathematical model, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 12: 434:440 pp
- Incropera, F. P. ve DeWitt, D. P.**, 2010, Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, (Çev. T. Derbentli, O. Genceli, A. Güngör, A. Hepbaşlı, Z. İlken, N. Özbalta, F. Özgüç, C. Parmaksızoğlu, Y. Uralcan), Literatür Yayınları: 51, İstanbul, 960 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Işıқтаş, H.**, 2009, Geri Kazanılan Yünlerden Elde Edilen Kumaşların Islak Haldeki Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayınlanmamış)
- Kadolph, S. J.**, 1998, Quality Assurance for Textiles and Apparel, IOWA State University, Fairchild Publications, New York, USA, 581p
- Kane, C. D., Patil U. J. and Sudhakar, P.**, 2007, Studies on the influence of knit structure and stitch length on ring and compact yarn single jersey fabric properties, *Textile Research Journal*, 77(8): 572–582 pp.
- Kaplan, S. and Okur, A.**, 2009, Determination of coolness and dampness sensations created by fabrics by forearm test and fabric measurement, *Journal of Sensory Studies*, 24: 479–497 pp.
- Kaplan, S. ve Okur, A.**, 2005, Kumaşların geçirgenlik-iletkenlik özelliklerinin giysi termal konforu üzerindeki etkileri, *Tekstil Maraton*, Mart-Nisan: 56-65 s.
- Korycki, R. and Wiğzowska, A.**, 2008, Relation between basic structural parameters of knitted fur fabrics and their heat transmission resistance, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(3 (68)): 84-89 pp.
- Kothari, V. K. and Bhattacharjee, D.**, 2008, Prediction of thermal resistance of woven fabrics. Part I: Mathematical model, *Journal of the Textile Institute*, 99 (5): 421–432 pp.
- Kumpikaitė, E., Ragaišienė, A. and Barburški, M.**, 2010, Comparable analysis of the end-use properties of woven fabrics with fancy yarns. Part I: Abrasion resistance and air permeability, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(3 (80)): 56-59 pp.
- Lau, L., Fan, J., Siu, T. and Siu, L.Y.C.**, 2002, Comfort sensations of polo shirts with and without wrinkle-free treatment, *Textile Research Journal*, 72(11): 949-953 pp.
- Li, Y. and Zhu, Q.**, 2003, Simultaneous heat and moisture transfer with moisture sorption, condensation, and capillary liquid diffusion in porous textiles, *Textile Research Journal*, 73 (6): 515-524 pp.
- Li, Y.**, 2001. The Science of Clothing Comfort, Textile Progress, The Textile Institute International,UK. 138p.
- Li, Y., Zhu Q. and Yeung K.W.**, 2002, Influence of thickness and porosity on coupled heat and liquid moisture transfer in porous textiles, *Textile Research Journal*, 72(5): 435- 446 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Majumdar, A.**, 2011, Modelling of thermal conductivity of knitted fabrics made of cotton–bamboo yarns using artificial neural network, *Journal of The Textile Institute*, 102 (9): 752–762 pp.
- Majumdar, A., Mukhopadhyay, S. and Yadav, R.**, 2010, Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres, *International Journal of Thermal Sciences*, 49: 2042-2048 pp.
- Marmaralı, A., Dönmez Kretzschmar, S., Özdil, N. ve Gülsevin Oğlakçioğlu, N.**, 2006a, Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 241-246 s.
- Marmaralı, A., Özdil, N. ve Kretzschmar S. D.**, 2006b, Giysilerde ısı konforu, *Tekstil & Teknik*, 260: 163-167 s.
- Marsh , M. C.**, 1931, The thermal insulating properties of fabrics, *Journal of the Textile Institute*, 21: 245-273 pp.
- Mavruz, S. and Ogulata, R. T.**, 2011, Investigation of air permeability of single jersey fabrics with different relaxation states, *Journal of the Textile Institute*, 102(1): 57- 64 pp.
- McCullough, E. A. and Hong, S.**, 1992, A data base for determining the effect of walking on clothing insulation, Proceedings of The Fifth Int. Con/. on Environmental Ergonomics, 2- 6 November, Maastricht, The Netherlands, pp. 68-69
- McGregor, B.A. and Postle, R.**, 2008, Mechanical properties of cashmere single jersey knitted fabrics blended with high and low crimp superfine merino wool, *Textile Research Journal*, 78(5): 399-411 pp.
- Meinander, H. and Hellsten, M.**, 2004, The influence of sweating on the heat transmission properties of cold protective clothing studied with a sweating thermal manikin, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 10 (3): 263–269 pp.
- Mijović, B., Skenderi, Z. and Salopek, I.**, 2009, Comparison of subjective and objective measurement of sweat transfer rate, , *Coll. Antropol.*, 33(2): 509–514 pp.
- Milenkovic, L., Skundric, P., Sokolovic, R. and Nikolic, T.**, 1999, Comfort properties of defence protective clothing, *The Scientific Journal Facta Universitatis*, 1(4): 101-106 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Militky, J. and Křemenáková, D.**, 2008, Thermal conductivity of wool/pet weaves, HEFAT2008, 6th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 30 June- 2 July 2008, Pretoria, South Africa
- Min, K., Son, Y., Kim, C., Lee, Y. and Hong, K.**, 2007, Heat and moisture transfer from skin to environment through fabrics: A mathematical model, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 50: 5292–5304 pp.
- Mohammadi, M. and Banks-Lee, P.**, 2002, Air permeability of multilayered nonwoven fabrics: comparison of experimental and theoretical results, *Textile Research Journal*, 72(7): 613-617 (b)
- Mohammadi, M., Banks-Lee P. and Ghadimi, P.**, 2002, Air permeability of multilayer needle punched nonwoven fabrics: theoretical method, *Journal of Industrial Textiles*, 32(1): 45-57 (a)
- Mohammadi, M., Banks-Lee P. and Ghadimi, P.**, 2003, Determining effective thermal conductivity of multilayered nonwoven fabrics, *Textile Research Journal*, 73(9): 802-808 pp.
- Monego, C.J.**, 1955, Use of the schlieren technique to observe the still air layer above the surface of fabric covering a heated flat plate, *Textile Research Journal*, 25: 763-766 pp.
- Morris, G. J.**, 1953, Thermal properties of textile materials, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 44 (10): 449- 476 pp.
- Morris, M. A.**, 1955, Thermal insulation of single and multiple layers of fabrics, *Textile Research Journal*, 25: 766-773 pp.
- Morton W. E. and Hearle J.W.S.**, 1986, Physical Properties of Textile Fibres, The Textile Institute, Manchester, UK
- Nielsen, R., Olesen, B. W. and Fanger, P. O.**, 1985, Effect of physical activity and air velocity on the thermal insulation of clothing, *Ergonomics*, 28(12): 1617-1631 pp.
- Ogulata, R. T. and Mavruz, S.**, 2010, Investigation of porosity and air permeability values of plain knitted fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18 (5 (82)): 71-75 pp.
- Oğlakçioğlu, N. and Marmaralı, A.**, 2007, Thermal comfort properties of some knitted structures, , *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(5 - 6 (64 - 65)): 94-96 pp.
- Oğlakçioğlu, N. and Marmaralı, A.**, 2010, Thermal comfort properties of cotton knitted fabrics in dry and wet states, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3: 213-217 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oğlakçioğlu, N., Çelik, P., Bedez Ute, T., Marmaralı, A. and Kadoğlu, H.,** 2009, Thermal comfort properties of angora rabbit/cotton fiber blended knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 79(10): 888-894 pp.
- Önder, E. and Sarıer, N.,** 2004, Improving thermal regulation functions of textiles, World Textile Conference-4th Autex Conference, 22- 24 June, Roubaix, France.
- Özdil, N., Marmaralı, A. and Dönmez Kretzschmar, S.,** 2007, Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics, *International Journal of Thermal Sciences*, 46: 1318–1322 pp.
- Öztemel, E.,** 2003, Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232 s.
- Pac, M.J., Bueno M.A. and Renner M.,** 2001, Warm-cool feeling relative to tribological properties of fabrics, *Textile Research Journal*, 71(19): 806- 812 pp.
- Pearce, F. T. and Rees, W. H.,** 1946, The transmission of heat through textile fabrics- Part II, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 37 (9): 181-204 pp.
- Qian X. and Fan, J.,** 2006, Prediction of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance of the clothed body walking in wind, *Ann. Occup. Hyg.*, 50 (8): 833–842 pp.
- Qian, X. and Fan, J.,** 2009, A quasi-physical model for predicting the thermal insulation and moisture vapour resistance of clothing, *Applied Ergonomics* 40: 577–590 pp.
- Rees, W. H.,** 1941, The transmission of heat through textile fabrics *Journal of the Textile Institute Transactions*, 32 (8): 149- 165 pp.
- Rees, W. H.,** 1946, The protective value of clothing, *Journal of the Textile Institute*, 37: 132- 153 pp.
- Ren, Y. J. and Ruckman, J. E.,** 2003, Water vapour transfer in wet waterproof breathable fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, 32(3): 165-175 pp.
- Sarkar, R.K.,** 1994, Comfort Properties of Defence Clothings, *Man-Made Textiles*, December:541-544 pp.
- Schneider, A. M. And Holcombe B. V.,** 1988, Proceedings of Advanced Workshop on the Application of Mathematics and Physics in the Wool Industry, Lincoln, Canterbury, New Zealand, 488 p.
- Schneider, A. M., Hoschke, B. N. and Goldsmid, H. J.,** 1992, Heat transfer through moist fabrics, *Textile Research Journal*, 62 (2): 61-66 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Schuster, K. C., Suchomel, F., Männer, J., Abu-Rous, M. and Firgo, H.**, 2006, Functional and comfort properties of textiles from TENCEL® fibres resulting from the fibres' water-absorbing nanostructure: A review, *Macromolecular Symposia*, 244(1): 149–165 pp.
- Senthilkumar, P. and Dasaradan, B.S.**, 2007, "Comfort Properties of Textiles", IE(I) Journal–TX, 88(3-4), <http://www.ieindia.org/pdf/88/88TX101.pdf>
- Seventekin N.**, 1988, Tekstil mamullerinin insan vücudu ısını düzenlemedeki rolü, *Tekstil ve Makine*, 2:11
- Shishoo, R.**, 2005, *Textiles in Sport*, Woodhead Publishing /The Textile Institute, Cambridge, UK, 376p.
- Simile, C. B.**, 2004, Critical evaluation of wicking in performance fabrics, Master Thesis, Georgia Institute of Technology, (unpublished).
- Skenderi Z., Salopek Čubrić I. and Srdjak M.**, 2009, Water vapour resistance of knitted fabrics under different environmental conditions, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(2(73)): 72-75 pp.
- Slater, K.**, 1985, *Human Comfort*, Thomas Springfield, USA
- Smith, J. E.**, 1993, The comfort of clothing, *Textiles*, 22(1): 18-20 pp.
- Sontag, S. M.**, 1985, Comfort dimensions of actual and ideal insulative clothing for older women, *Clothing and Textiles Research Journal*, 4(1): 9-17 pp.
- Speakman, J.B. and Chamberlain, N. H.**, 1930, The thermal conductivity of textile materials and fabrics, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 21 (3): 29- 56 pp.
- Srinivasan, J., Ramakrishnan, G., Mukhopadhyay S. and Manoharan, S.**, 2007, A study of knitted fabrics from polyester microdenier fibres, *Journal of the Textile Institute*, 98(1): 31–35 pp.
- Stanković, S. B., Popović, D. and Poparić, G. B.**, 2008, Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers, *Polymer Testing*, 27: 41–48 pp.
- Stuart, L. and Denby, E.**, 1983, Wind induced transfer of water vapor and heat through clothing, *Textile Research Journal*, 53: 655-660 pp.
- Sudnik, Z. M.**, 1973, Textiles in Buildings, Part 1- Acoustics, *Textiles*, 2(2): 70 pp.
- Tarakçıoğlu, I.**, 2000, *Tekstil Terbiyesi ve Makineleri*, E. Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma- Uygulama Merkezi Yayını, Yayın No: 5, İzmir, 102 s.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Toprakkaya, D.**, 1999, Termofizyolojik açıdan giyim konforu, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 5: 403-407 s.
- Tzanov, T., Betcheva, R. and Hardalov, I.**, 1999, Thermophysiological comfort of silicone softeners-treated woven textile materials, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (4): 189 – 197 pp.
- Uçar, N. and Yılmaz, T.**, 2004, Thermal properties of 1×1, 2×2, 3×3 rib knit fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12 (3): 34-38 pp.
- Uğur, A.**, 2006, Yapay sinir Ağları Ders Notları
- Ukponmwan, J. O.**, 1993, The Thermal Insulation Properties of Fabrics, Textile Progress Textile Institute, UK. 51 p.
- Varshney, R. K., Kothari, V. K. and Dhamija, S.**, 2010, A study on thermophysiological comfort properties of fabrics in relation to constituent fibre fineness and cross-sectional shapes, *Journal of The Textile Institute*, 101(6): 495-505 pp.
- Vigneswaran, C., Chandrasekaran K. and Senthilkumar, P.**, 2009, Effect of thermal conductivity behavior of jute/cotton blended knitted fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, 38(4): 289-306 pp.
- Wan, X. and Fan, J.**, 2008, A transient thermal model of the human body–clothing environment system, *Journal of Thermal Biology*, 33:87–97 pp.
- Wang, F., Zhou, X. and Wang, S.**, 2009, development processes and property measurements of moisture absorption and quick dry fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(2 (73)): 46-49 pp.
- Wang, Z., Li, Y., Kowk Y.L. and Yeung C.Y.**, 2002, Mathematical simulation of the perception of fabric thermal and moisture sensations, *Textile Research Journal*, 72(4): 327-334 pp.
- Wong, A.S.W. and Li, Y.**, 2004, Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear, *Journal of Thermal Biology*, 29: 791–796 pp.
- Wong, A.S.W., Li, Y., Yeung P.K.W. and Lee, P.W.H.**, 2003, Neural network predictions of human psychological perceptions of clothing sensory comfort, *Textile Research Journal*, 73(1): 31-37 pp.
- Yanga, K., Jiao, M.L., Chen, Y.S., Li, J. and Zhang, W.Y.**, 2008, Analysis and prediction of the dynamic heat- moisture comfort property of fabric, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(3 (68)): 51-55 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yi, L., Aihua, M., Ruomei, W., Xiaonan, L., Zhong, W., Wenbang, H., Liya, Z. and Yubei L.,** 2006, P-smart—a virtual system for clothing thermal functional design, *Computer-Aided Design*, 38: 726–739 pp.
- Yoo, H.S., Hu, Y.S. and Kim, E.A.,** 2000, Effects of heat and moisture transport in fabrics and garments determined with a vertical plate sweating skin model, *Textile Research Journal* 70(6): 542-549 pp.
- Yoo, S. and Barker, R. L.,** 2005, Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics, *Textile Research Journal*,75(7): 523-530 pp.
- Yoon, H. N. and Buckley, A.,** 1984, Improved comfort polyester Part I: Transport properties and thermal comfort of polyester/cotton blend fabrics, *Textile Research Journal*, 54 (5): 289-298 pp.
- Yurtoğlu, H.,** 2005, Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği,Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller Ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Yayın No: DPT:2683
- Yüksel, H. G., Nasiboğlu, E. and Okur, A.,** 2011, Predictions of comfort properties of fabrics, Icontext 2011, International congress of innovative textiles, 20-22 October, Istanbul, Turkey, 552-560 pp.
- Zaghouani, F., Ben Hassen, M. and Cheikhrouhou, M.,** 2007, Comparative study of the properties of plain knitted fabrics made of the ring and hybrid cotton folded yarns, *Journal of Applied Sciences*, 7(21): 3280-3285 pp.
- Zhang, P., Gong, R.H., Yanai, Y. and Tokura, H.,** 2002, Influence of clothing material properties on rectal temperature in different environments, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14 (5): 299- 306 pp.
- Zhang, W., Li , J., Chen, W. and Long, S.,** 1999, Wetness comfort of fine polypropylene-fibre fabrics, *Journal of The Textile Institute*, 90(2): 252-263 pp.
- Zhou, L., Feng, X., Du, Y. and Li, Y.,** 2007, Characterization of liquid moisture transport performance of wool knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 77(12): 951-956 pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Zhu, Q. and Li, Y.**, 2003, Effects of pore size distribution and fiber diameter on the coupled heat and liquid moisture transfer in porous textiles, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 46: 5099–5111 pp.
- Ziegler, S. and Kucharska-Kot J.**, 2006, Estimation of the overall heat-transfer coefficient through a textile layer, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14 (5 (59)): 103-106 pp.

## ÖZGEÇMİŞ

25.02.1979 yılında Çanakkale’de dünyaya gelen Z. Evrim KANAT, ilk ve orta öğrenimini Çanakkale’de tamamladıktan sonra 1997 yılında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nü kazanmıştır. 1 yıl Almanca hazırlık sınıfına devam ettikten sonra başladığı Tekstil Mühendisliği eğitimini 2002 yılında tamamlayarak mezun olmuştur. 2002-2005 seneleri arasında özel sektörde çalıştıktan sonra, 2005 yılında TÜBİTAK Tekstil ve Araştırma Merkezi’nde çalışmaya başlamıştır. 2004 yılında E. Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde başladığı yüksek lisans eğitimini 2007 yılında tamamlayarak, “ Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşların Konfor Özelliklerinin Karşılaştırılması” konulu tezi ile yüksek mühendis ünvanı kazanmıştır. 2008 yılında E. Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde doktora eğitimine, aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2009 yılından bu yana 35. Madde kapsamında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

## **EKLER**

- Ek 1 İplik Çapı Test Sonuçları
- Ek 2 İplik Numarası Test Sonuçları
- Ek 3 İlmek İplik Uzunluğu Test Sonuçları
- Ek 4 Birim Uzunluktaki İlmek Sayısı Test Sonuçları
- Ek 5 İlmek Yoğunluğu Ortalama Değerleri
- Ek 6 Kumaş Kalınlığı Test Sonuçları
- Ek 7 Gramaj Test Sonuçları
- Ek 8 Gözeneklilik Ortalama Değerleri
- Ek 9 Hava Geçirgenliği Test Sonuçları
- Ek 10 Isıl Direnç Test Sonuçları ( $10^{-3}$  m<sup>2</sup>K/W)



## EKLER

### Ek 1: İplik Çapı Test Sonuçları

İplik No		Materyal			
		Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Ortalama	0,295	0,283	0,277	0,290
	%CV	1,20	0,70	1,70	0,80
	Maksimum	0,300	0,288	0,286	0,293
	Minimum	0,288	0,281	0,268	0,287
Ne 20	Ortalama				0,253
	%CV				0,80
	Maksimum				0,257
	Minimum				0,250
Ne 24	Ortalama	0,231	0,225	0,227	
	%CV	1,00	0,50	0,90	
	Maksimum	0,234	0,226	0,232	
	Minimum	0,227	0,222	0,224	
Ne 30	Ortalama	0,219	0,203	0,206	0,212
	%CV	0,60	0,80	0,70	1,70
	Maksimum	0,221	0,206	0,210	0,216
	Minimum	0,217	0,201	0,205	0,206
Ne 32	Ortalama	0,206	0,194	0,195	0,203
	%CV	0,30	0,50	0,60	1,20
	Maksimum	0,207	0,195	0,198	0,206
	Minimum	0,205	0,192	0,194	0,199
Ne 40	Ortalama	0,184	0,171	0,174	0,180
	%CV	0,70	0,80	0,70	0,50
	Maksimum	0,186	0,174	0,176	0,181
	Minimum	0,183	0,170	0,172	0,178
Ne 50	Ortalama	0,160	0,150	0,151	0,156
	%CV	0,50	0,70	0,80	1,10
	Maksimum	0,161	0,151	0,152	0,158
	Minimum	0,158	0,148	0,149	0,153
Ne 60	Ortalama	0,151	0,140	0,137	
	%CV	1,30	0,40	1,30	
	Maksimum	0,154	0,142	0,141	
	Minimum	0,148	0,140	0,135	

Ek 2: İplik Numarası Test Sonuçları

		Materyal			
İplik No		Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Ortalama	16,04	15,07	16,24	16,26
	%CV	2,60	1,10	1,00	0,90
	Maksimum	16,68	15,34	16,40	16,44
	Minimum	15,38	14,88	15,92	16,08
Ne 20	Ortalama				20,54
	%CV				1,20
	Maksimum				21,00
	Minimum				20,27
Ne 24	Ortalama	24,91	23,33	23,71	
	%CV	1,90	1,50	0,90	
	Maksimum	25,56	23,91	24,20	
	Minimum	24,20	22,80	23,45	
Ne 30	Ortalama	27,92	28,14	28,13	29,21
	%CV	1,60	1,30	1,50	0,90
	Maksimum	28,53	28,67	28,81	29,50
	Minimum	26,97	27,60	27,34	28,78
Ne 32	Ortalama	31,64	31,19	31,99	31,45
	%CV	1,10	2,10	1,50	1,60
	Maksimum	32,09	32,09	32,99	32,07
	Minimum	30,92	30,44	31,41	30,73
Ne 40	Ortalama	38,85	38,21	38,43	40,03
	%CV	1,70	1,60	1,50	1,30
	Maksimum	39,63	39,11	39,11	40,97
	Minimum	37,61	37,14	37,61	39,34
Ne 50	Ortalama	48,87	47,76	47,85	49,96
	%CV	2,00	1,80	1,90	2,00
	Maksimum	50,47	49,21	49,25	51,31
	Minimum	47,35	46,14	46,14	48,36
Ne 60	Ortalama	57,18	55,84	59,06	
	%CV	2,20	1,20	2,70	
	Maksimum	59,05	57,33	62,82	
	Minimum	55,71	54,68	56,78	



Ek 3: İlmek İplik Uzunluğu Test Sonuçları

İplik No	Sıklık		Materyal			
			Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Sık	Ortalama	0,332	0,315	0,349	0,324
		%CV	1,00	2,87	0,55	2,63
		Maksimum	0,338	0,324	0,352	0,334
		Minimum	0,330	0,304	0,346	0,312
	Seyrek	Ortalama	0,443	0,412	0,446	0,426
		%CV	0,37	0,55	0,75	0,63
		Maksimum	0,446	0,416	0,450	0,430
		Minimum	0,442	0,410	0,442	0,422
Ne 32/2	Sık	Ortalama	0,329	0,305	0,329	0,316
		%CV	0,76	2,92	0,71	0,50
		Maksimum	0,332	0,316	0,332	0,318
		Minimum	0,326	0,294	0,326	0,314
	Seyrek	Ortalama	0,437	0,435	0,431	0,413
		%CV	0,43	0,24	0,58	0,46
		Maksimum	0,440	0,436	0,436	0,416
		Minimum	0,434	0,434	0,428	0,410
Ne 20	Sık	Ortalama				0,355
		%CV				0,97
		Maksimum				0,360
		Minimum				0,350
	Orta	Ortalama				0,389
		%CV				0,81
		Maksimum				0,392
		Minimum				0,384
	Seyrek	Ortalama				0,417
		%CV				0,52
		Maksimum				0,420
		Minimum				0,414
Ne 40/2	Sık	Ortalama				0,359
		%CV				0,80
		Maksimum				0,364
		Minimum				0,354
	Orta	Ortalama				0,391
		%CV				0,49
		Maksimum				0,394

		<b>Minimum</b>				0,388
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>				0,416
		<b>% CV</b>				0,48
		<b>Maksimum</b>				0,418
		<b>Minimum</b>				0,412
<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,263	0,261	0,265	
		<b>% CV</b>	0,39	0,54	0,39	
		<b>Maksimum</b>	0,264	0,262	0,266	
		<b>Minimum</b>	0,262	0,258	0,264	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,378	0,378	0,385	
		<b>% CV</b>	0,39	0,43	0,27	
		<b>Maksimum</b>	0,378	0,382	0,386	
		<b>Minimum</b>	0,376	0,376	0,384	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,356	0,484	0,490	
		<b>% CV</b>	0,27	0,33	0,36	
		<b>Maksimum</b>	0,484	0,486	0,492	
		<b>Minimum</b>	0,482	0,482	0,488	
<b>Ne 48/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,263	0,260	0,264	
		<b>% CV</b>	0,40	0,61	0,51	
		<b>Maksimum</b>	0,264	0,262	0,266	
		<b>Minimum</b>	0,262	0,258	0,262	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,378	0,371	0,378	
		<b>% CV</b>	0,39	0,36	0,17	
		<b>Maksimum</b>	0,380	0,372	0,380	
		<b>Minimum</b>	0,376	0,368	0,378	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,483	0,481	0,486	
		<b>% CV</b>	0,35	0,35	0,36	
		<b>Maksimum</b>	0,486	0,484	0,488	
		<b>Minimum</b>	0,480	0,478	0,484	
<b>Ne 30</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,258	0,255	0,259	0,251
		<b>% CV</b>	0,44	0,76	0,52	0,66
		<b>Maksimum</b>	0,260	0,258	0,262	0,252
		<b>Minimum</b>	0,256	0,252	0,258	0,248
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,354	0,354	0,359	0,344
		<b>% CV</b>	0,36	0,68	0,29	1,00
		<b>Maksimum</b>	0,356	0,358	0,360	0,350
		<b>Minimum</b>	0,352	0,350	0,358	0,340
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,311	0,425	0,433	0,415
		<b>% CV</b>	0,51	0,40	0,24	0,60
		<b>Maksimum</b>	0,432	0,426	0,434	0,418
		<b>Minimum</b>	0,428	0,422	0,432	0,410

Ne 60/2	Sık	Ortalama	0,259	0,253	0,259	
		%CV	0,37	0,53	0,41	
		Maksimum	0,260	0,256	0,260	
		Minimum	0,258	0,252	0,258	
	Orta	Ortalama	0,353	0,349	0,357	
		%CV	0,40	0,30	0,29	
		Maksimum	0,356	0,350	0,358	
		Minimum	0,352	0,348	0,356	
	Seyrek	Ortalama	0,427	0,423	0,430	
		%CV	0,40	0,23	0,29	
		Maksimum	0,430	0,424	0,432	
		Minimum	0,424	0,422	0,428	
Ne 40	Sık	Ortalama	0,240	0,237	0,241	0,234
		%CV	0,53	0,41	0,44	0,97
		Maksimum	0,242	0,238	0,242	0,238
		Minimum	0,238	0,236	0,240	0,230
	Orta	Ortalama	0,292	0,288	0,291	0,283
		%CV	0,51	0,44	0,48	1,00
		Maksimum	0,294	0,290	0,294	0,286
		Minimum	0,290	0,286	0,290	0,278
	Seyrek	Ortalama	0,378	0,375	0,382	0,366
		%CV	0,46	0,36	0,33	1,08
		Maksimum	0,380	0,376	0,384	0,372
		Minimum	0,376	0,372	0,380	0,360
Ne 50	Sık	Ortalama	0,242	0,240	0,242	0,237
		%CV	0,39	0,61	0,61	0,91
		Maksimum	0,244	0,242	0,244	0,240
		Minimum	0,240	0,238	0,240	0,234
	Orta	Ortalama	0,272	0,268	0,270	0,265
		%CV	0,46	0,50	0,31	0,73
		Maksimum	0,274	0,270	0,272	0,268
		Minimum	0,270	0,266	0,270	0,262
	Seyrek	Ortalama	0,338	0,332	0,341	0,330
		%CV	0,37	0,44	0,48	0,85
		Maksimum	0,340	0,334	0,344	0,336
		Minimum	0,336	0,330	0,338	0,328
Ne 60	Sık	Ortalama	0,225	0,218	0,223	
		%CV	0,46	0,68	0,46	
		Maksimum	0,226	0,220	0,224	
		Minimum	0,224	0,216	0,222	
	Orta	Ortalama	0,271	0,269	0,271	

		<b>% CV</b>	0,36	1,04	0,36	
		<b>Maksimum</b>	0,272	0,272	0,272	
		<b>Minimum</b>	0,270	0,266	0,270	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,321	0,318	0,322	
		<b>% CV</b>	0,30	0,50	0,49	
		<b>Maksimum</b>	0,322	0,320	0,324	
		<b>Minimum</b>	0,320	0,316	0,320	

Ek 4: Birim Uzunluktaki İlmek Sayısı Test Sonuçları

Materyal	İplik No	Sıklık		Ortalama	%CV	Maksimum	Minimum
PAMUK	Ne 16	Sık	Çubuk sıklığı	11,6	4,72	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	17,6	3,11	18,0	17,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	10,3	4,34	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	12,0	2,95	12,0	11,5
	Ne 32/2	Sık	Çubuk sıklığı	12,4	3,37	13,0	12,0
			Sıra sıklığı	17,4	3,15	18,0	17,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	10,9	2,05	11,0	10,5
			Sıra sıklığı	12,0	0,00	12,0	12,0
	Ne 24	Sık	Çubuk sıklığı	15,0	0,00	15,0	15,0
			Sıra sıklığı	22,0	0,00	22,0	22,0
		Orta	Çubuk sıklığı	12,0	0,00	12,0	12,0
			Sıra sıklığı	13,0	0,00	13,0	13,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	9,4	4,45	10,0	9,0
			Sıra sıklığı	10,0	0,00	10,0	10,0
	Ne 48/2	Sık	Çubuk sıklığı	15,5	3,23	16,0	15,0
			Sıra sıklığı	21,5	2,33	22,0	21,0
		Orta	Çubuk sıklığı	12,4	4,42	13,0	12,0
			Sıra sıklığı	13,2	3,39	14,0	13,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	10,4	5,27	11,0	10,0
			Sıra sıklığı	9,9	2,26	10,0	9,5
	Ne 30	Sık	Çubuk sıklığı	16,0	0,00	16,0	16,0
			Sıra sıklığı	22,0	0,00	22,0	22,0
		Orta	Çubuk sıklığı	13,0	0,00	13,0	13,0
			Sıra sıklığı	14,0	0,00	14,0	14,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	11,0	0,00	11,0	11,0
			Sıra sıklığı	11,4	4,80	12,0	11,0
	Ne 60/2	Sık	Çubuk sıklığı	16,0	0,00	16,0	16,0
			Sıra sıklığı	21,0	0,00	21,0	21,0
		Orta	Çubuk sıklığı	12,9	1,73	13,0	12,5
			Sıra sıklığı	13,9	1,61	14,0	13,5
		Seyrek	Çubuk sıklığı	10,0	0,00	10,0	10,0
			Sıra sıklığı	10,7	4,18	11,0	10,0
Ne 40	Sık	Çubuk sıklığı	17,5	2,86	18,0	17,0	
		Sıra sıklığı	23,0	0,00	23,0	23,0	
	Orta	Çubuk sıklığı	15,3	2,92	16,0	15,0	
		Sıra sıklığı	17,8	2,51	18,0	17,0	

	Seyrek	Çubuk sıklığı	13,0	5,44	14,0	12,0	
		Sıra sıklığı	13,0	0,00	13,0	13,0	
	Ne 50	Sık	Çubuk sıklığı	17,8	2,51	18,0	17,0
			Sıra sıklığı	23,0	0,00	23,0	23,0
		Orta	Çubuk sıklığı	16,8	2,66	17,0	16,0
			Sıra sıklığı	18,8	2,38	19,0	18,0
	Seyrek	Çubuk sıklığı	14,3	3,13	15,0	14,0	
		Sıra sıklığı	14,2	3,15	15,0	14,0	
	Ne 60	Sık	Çubuk sıklığı	19,6	2,79	20,0	19,0
			Sıra sıklığı	24,6	2,23	25,0	24,0
		Orta	Çubuk sıklığı	18,8	2,38	19,0	18,0
			Sıra sıklığı	18,4	2,98	19,0	18,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	13,5	3,70	14,0	13,0
			Sıra sıklığı	15,0	0,00	15,0	15,0
POLİESTER	Ne 16	Sık	Çubuk sıklığı	13,3	3,36	14,0	13,0
			Sıra sıklığı	16,7	2,68	17,0	16,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	11,4	3,67	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	11,9	1,88	12,0	11,5
	Ne 32/2	Sık	Çubuk sıklığı	13,8	3,24	14,0	13,0
			Sıra sıklığı	17,8	2,51	18,0	17,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	12,4	4,42	13,0	12,0
			Sıra sıklığı	11,6	4,72	12,0	11,0
	Ne 24	Sık	Çubuk sıklığı	16,4	2,55	17,0	16,0
			Sıra sıklığı	20,4	2,68	21,0	20,0
		Orta	Çubuk sıklığı	15,4	5,33	16,0	14,5
			Sıra sıklığı	13,1	3,19	13,0	12,5
		Seyrek	Çubuk sıklığı	11,6	7,71	12,5	10,5
			Sıra sıklığı	10,6	7,75	12,0	10,0
	Ne 48/2	Sık	Çubuk sıklığı	16,2	2,76	17,0	16,0
			Sıra sıklığı	21,0	0,00	21,0	21,0
		Orta	Çubuk sıklığı	15,6	2,68	16,0	15,0
			Sıra sıklığı	13,0	2,72	13,5	12,5
Seyrek		Çubuk sıklığı	11,4	3,67	12,0	11,0	
		Sıra sıklığı	10,4	4,02	11,0	10,0	
Ne 30	Sık	Çubuk sıklığı	17,6	3,11	18,0	17,0	
		Sıra sıklığı	20,3	2,20	21,0	20,0	
	Orta	Çubuk sıklığı	15,6	3,51	16,0	15,0	
		Sıra sıklığı	13,8	3,24	14,0	13,0	
	Seyrek	Çubuk sıklığı	14,0	5,05	14,0	13,0	
		Sıra sıklığı	11,5	4,35	12,0	11,0	
Ne 60/2	Sık	Çubuk sıklığı	17,7	2,53	18,0	17,0	

<b>MODAL</b>		<b>Orta</b>	<b>Sıra sıklığı</b>	21,0	0,00	21,0	21,0
			<b>Çubuk sıklığı</b>	15,5	3,23	16,0	15,0
		<b>Seyrek</b>	<b>Sıra sıklığı</b>	14,0	0,00	14,0	14,0
			<b>Çubuk sıklığı</b>	13,4	4,09	14,0	13,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	11,4	4,80	12,0	11,0
	<b>Ne 40</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	19,4	2,82	20,0	19,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	22,0	0,00	22,0	22,0
		<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	19,6	2,79	20,0	19,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	17,4	3,15	18,0	17,0
		<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	17,2	4,86	18,0	16,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	13,2	3,39	14,0	13,0
	<b>Ne 50</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	21,4	2,56	22,0	21,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	21,4	2,56	22,0	21,0
		<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	21,6	2,54	22,0	21,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	18,7	2,39	19,0	18,0
		<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	18,8	2,38	19,0	18,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	14,6	2,87	15,0	14,0
	<b>Ne 60</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	23,4	2,34	24,0	23,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	23,5	2,13	24,0	23,0
		<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	21,5	3,29	22,0	20,5
<b>Sıra sıklığı</b>			18,8	1,46	19,0	18,5	
<b>Seyrek</b>		<b>Çubuk sıklığı</b>	18,1	2,31	18,5	17,5	
		<b>Sıra sıklığı</b>	15,6	3,51	16,0	15,0	
<b>MODAL</b>	<b>Ne 16</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	11,8	4,83	12,5	11,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	15,4	2,72	16,0	15,0
		<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	10,1	2,21	10,5	10,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	10,4	4,02	11,0	10,0
	<b>Ne 32/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	12,5	5,66	13,0	11,5
			<b>Sıra sıklığı</b>	16,2	2,76	16,5	15,5
		<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	10,1	2,21	10,5	10,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	10,7	2,56	11,0	10,5
	<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	14,7	3,04	15,0	14,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	20,0	0,00	20,0	20,0
		<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	10,6	3,95	11,0	10,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	11,9	6,23	13,0	11,0
		<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	7,3	3,75	7,5	7,0
			<b>Sıra sıklığı</b>	9,2	4,86	10,0	9,0
	<b>Ne 48/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	14,4	4,53	15,0	13,5
			<b>Sıra sıklığı</b>	19,6	4,56	21,0	19,0
<b>Orta</b>		<b>Çubuk sıklığı</b>	11,2	2,45	11,5	11,0	
		<b>Sıra sıklığı</b>	11,8	3,79	12,0	11,0	

<b>AKRİLİK</b>		Seyrek	Çubuk sıklığı	7,4	5,65	8,0	7,0
			Sıra sıklığı	9,0	7,86	10,0	8,0
	Ne 30	Sık	Çubuk sıklığı	14,9	1,50	15,0	14,5
			Sıra sıklığı	19,4	2,82	20,0	19,0
		Orta	Çubuk sıklığı	11,4	4,80	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	12,0	0,00	12,0	12,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	8,3	5,39	9,0	8,0
			Sıra sıklığı	10,1	5,42	11,0	9,5
	Ne 60/2	Sık	Çubuk sıklığı	15,3	2,92	16,0	15,0
			Sıra sıklığı	19,2	2,97	20,0	18,5
		Orta	Çubuk sıklığı	11,6	4,72	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	12,0	2,95	12,5	11,5
		Seyrek	Çubuk sıklığı	9,8	7,74	11,0	9,0
			Sıra sıklığı	9,9	2,26	10,0	9,5
	Ne 40	Sık	Çubuk sıklığı	16,4	3,34	17,0	16,0
			Sıra sıklığı	20,2	2,21	21,0	20,0
		Orta	Çubuk sıklığı	13,7	3,26	14,0	13,0
			Sıra sıklığı	15,4	3,56	16,0	15,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	10,0	7,42	12,0	10,0
			Sıra sıklığı	11,0	4,07	12,0	11,0
Ne 50	Sık	Çubuk sıklığı	16,6	4,95	18,0	16,0	
		Sıra sıklığı	19,0	3,72	20,0	18,0	
	Orta	Çubuk sıklığı	15,1	1,48	15,5	15,0	
		Sıra sıklığı	16,0	4,42	17,0	15,0	
	Seyrek	Çubuk sıklığı	11,5	4,35	12,0	11,0	
		Sıra sıklığı	12,6	3,32	13,0	12,0	
Ne 60	Sık	Çubuk sıklığı	17,8	1,54	18,0	17,5	
		Sıra sıklığı	20,4	2,68	21,0	20,0	
	Orta	Çubuk sıklığı	14,5	5,45	15,5	14,0	
		Sıra sıklığı	15,3	2,92	16,0	15,0	
	Seyrek	Çubuk sıklığı	13,5	3,70	14,0	13,0	
		Sıra sıklığı	12,2	3,67	12,5	11,5	
Ne 16	Sık	Çubuk sıklığı	12,8	2,14	13,0	12,5	
		Sıra sıklığı	16,2	2,76	17,0	16,0	
	Seyrek	Çubuk sıklığı	11,6	3,61	12,0	11,0	
		Sıra sıklığı	11,3	3,96	12,0	11,0	
	Ne 32/2	Sık	Çubuk sıklığı	14,6	3,75	15,0	14,0
			Sıra sıklığı	17,6	3,11	18,0	17,0
		Seyrek	Çubuk sıklığı	11,6	3,61	12,0	11,0
			Sıra sıklığı	11,9	1,88	12,0	11,5
Ne 20	Sık	Çubuk sıklığı	11,6	4,72	12,0	11,0	



		<b>Sıra sıklığı</b>	14,6	3,75	15,0	14,0
	<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	10,4	5,27	11,0	10,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	12,8	3,49	13,0	12,0
	<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	9,0	0,00	9,0	9,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	11,6	4,72	12,0	11,0
<b>Ne 40/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	12,3	5,45	13,0	11,5
		<b>Sıra sıklığı</b>	14,6	3,75	15,0	14,0
	<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	9,6	5,71	10,0	9,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	13,0	0,00	13,0	13,0
	<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	8,6	6,37	9,5	8,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	11,9	1,88	12,0	11,5
<b>Ne 30</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	17,0	0,00	17,0	17,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	20,8	2,15	21,0	20,0
	<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	12,2	3,67	13,0	12,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	14,2	3,15	15,0	14,0
	<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	11,4	4,80	12,0	11,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	11,4	4,80	12,0	11,0
<b>Ne 40</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	19,6	2,79	20,0	19,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	21,4	2,56	22,0	21,0
	<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	15,3	4,38	16,0	14,5
		<b>Sıra sıklığı</b>	17,4	3,15	18,0	17,0
	<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	11,4	4,80	12,0	11,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	12,4	4,42	13,0	12,0
<b>Ne 50</b>	<b>Sık</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	20,6	2,66	21,0	20,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	19,6	2,79	20,0	19,0
	<b>Orta</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	18,6	2,94	19,0	18,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	16,8	2,66	17,0	16,0
	<b>Seyrek</b>	<b>Çubuk sıklığı</b>	11,4	4,80	12,0	11,0
		<b>Sıra sıklığı</b>	15,4	3,56	16,0	15,0

Ek 5: İlmek Yoğunluğu Ortalama Değerleri

		Materyal			
İplik No	Sıklık	Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Sık	204,16	222,11	181,72	207,36
	Seyrek	123,60	135,66	105,04	131,08
Ne 32/2	Sık	215,76	245,64	202,50	256,96
	Seyrek	130,80	143,84	108,07	138,04
Ne 20	Sık				169,36
	Orta				133,12
	Seyrek				104,40
Ne 40/2	Sık				179,58
	Orta				124,80
	Seyrek				102,34
Ne 24	Sık	330,00	334,56	294,00	
	Orta	156,00	201,74	126,14	
	Seyrek	94,00	122,96	67,16	
Ne 48/2	Sık	333,25	340,20	282,24	
	Orta	163,68	202,80	132,16	
	Seyrek	102,96	118,56	66,60	
Ne 30	Sık	352,00	357,28	289,06	353,60
	Orta	182,00	215,28	136,80	173,24
	Seyrek	125,40	161,00	83,83	129,96
Ne 60/2	Sık	336,00	371,70	293,76	
	Orta	179,31	217,00	139,20	
	Seyrek	107,00	152,76	97,02	
Ne 40	Sık	402,50	426,80	331,28	419,44
	Orta	272,34	341,04	210,98	266,22
	Seyrek	169,00	227,04	110,00	141,36
Ne 50	Sık	409,40	457,96	315,40	403,76
	Orta	315,84	403,92	241,60	312,48
	Seyrek	203,06	274,48	144,90	175,56
Ne 60	Sık	482,16	549,90	363,12	
	Orta	345,92	404,20	221,85	
	Seyrek	202,50	282,36	164,70	

Ek 6: Kumaş Kalınlığı Test Sonuçları

İplik No	Sıklık		Materyal			
			Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Sık	Ortalama	0,78	0,88	0,54	0,68
		%CV	0,88	2,27	1,96	2,56
		Maksimum	0,78	0,90	0,55	0,69
		Minimum	0,77	0,87	0,53	0,66
	Seyrek	Ortalama	0,92	1,17	0,60	0,72
		%CV	2,85	2,44	1,16	0,96
		Maksimum	0,93	1,20	0,61	0,73
		Minimum	0,89	1,14	0,60	0,71
Ne 32/2	Sık	Ortalama	0,79	0,86	0,58	0,73
		%CV	2,81	3,69	0,69	1,65
		Maksimum	0,81	0,89	0,58	0,74
		Minimum	0,77	0,83	0,57	0,72
	Seyrek	Ortalama	0,94	1,08	0,64	0,78
		%CV	3,48	0,99	1,08	1,85
		Maksimum	0,96	1,09	0,64	0,79
		Minimum	0,90	1,07	0,63	0,76
Ne 20	Sık	Ortalama				0,58
		%CV				3,65
		Maksimum				0,60
		Minimum				0,56
	Orta	Ortalama				0,64
		%CV				3,48
		Maksimum				0,66
		Minimum				0,62
	Seyrek	Ortalama				0,69
		%CV				3,62
		Maksimum				0,72
		Minimum				0,67
Ne 40/2	Sık	Ortalama				0,62
		%CV				0,64
		Maksimum				0,62
		Minimum				0,62
	Orta	Ortalama				0,67
		%CV				1,58
		Maksimum				0,69
		Minimum				0,69

		<b>Minimum</b>				0,66
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>				0,71
		<b>% CV</b>				2,03
		<b>Maksimum</b>				0,73
		<b>Minimum</b>				0,70
<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,74	0,86	0,49	
		<b>% CV</b>	1,08	0,00	3,26	
		<b>Maksimum</b>	0,75	0,86	0,50	
		<b>Minimum</b>	0,73	0,86	0,47	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,84	0,99	0,54	
		<b>% CV</b>	1,72	3,87	1,96	
		<b>Maksimum</b>	0,85	1,03	0,55	
		<b>Minimum</b>	0,82	0,96	0,53	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,90	1,07	0,54	
		<b>% CV</b>	1,87	2,21	1,29	
		<b>Maksimum</b>	0,92	1,08	0,55	
		<b>Minimum</b>	0,89	1,04	0,53	
<b>Ne 48/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,75	0,83	0,46	
		<b>% CV</b>	1,41	1,28	2,30	
		<b>Maksimum</b>	0,76	0,84	0,47	
		<b>Minimum</b>	0,74	0,82	0,45	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,84	0,99	0,49	
		<b>% CV</b>	2,97	2,92	3,74	
		<b>Maksimum</b>	0,87	1,02	0,51	
		<b>Minimum</b>	0,82	0,96	0,47	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,91	1,05	0,55	
		<b>% CV</b>	3,53	2,30	2,18	
		<b>Maksimum</b>	0,94	1,07	0,55	
		<b>Minimum</b>	0,88	1,03	0,53	
<b>Ne 30</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	0,73	0,80	0,42	0,55
		<b>% CV</b>	1,98	2,29	3,43	1,25
		<b>Maksimum</b>	0,74	0,82	0,43	0,55
		<b>Minimum</b>	0,71	0,78	0,40	0,54
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,77	0,99	0,48	0,58
		<b>% CV</b>	1,03	0,80	3,00	1,82
		<b>Maksimum</b>	0,78	1,00	0,49	0,60
		<b>Minimum</b>	0,77	0,99	0,46	0,57
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,84	0,96	0,55	0,61
		<b>% CV</b>	1,71	1,91	1,92	1,73

		<b>Maksimum</b>	0,85	0,98	0,56	0,62
		<b>Minimum</b>	0,82	0,95	0,54	0,60
Ne 60/2	Sık	<b>Ortalama</b>	0,70	0,84	0,41	
		<b>%CV</b>	3,18	2,48	2,57	
		<b>Maksimum</b>	0,73	0,86	0,42	
		<b>Minimum</b>	0,69	0,82	0,40	
	Orta	<b>Ortalama</b>	0,76	1,00	0,44	
		<b>%CV</b>	1,90	1,45	0,00	
		<b>Maksimum</b>	0,78	1,02	0,44	
		<b>Minimum</b>	0,75	0,99	0,44	
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	0,81	0,99	0,52	
		<b>%CV</b>	3,00	3,39	1,54	
		<b>Maksimum</b>	0,84	1,03	0,53	
		<b>Minimum</b>	0,79	0,96	0,51	
Ne 40	Sık	<b>Ortalama</b>	0,68	0,81	0,39	0,51
		<b>%CV</b>	2,56	1,48	1,77	2,08
		<b>Maksimum</b>	0,70	0,82	0,39	0,52
		<b>Minimum</b>	0,66	0,80	0,38	0,50
	Orta	<b>Ortalama</b>	0,68	0,84	0,42	0,55
		<b>%CV</b>	2,35	1,72	2,86	2,51
		<b>Maksimum</b>	0,70	0,86	0,44	0,57
		<b>Minimum</b>	0,67	0,83	0,42	0,54
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	0,75	0,99	0,47	0,55
		<b>%CV</b>	1,85	1,06	1,47	1,25
		<b>Maksimum</b>	0,77	1,00	0,48	0,55
		<b>Minimum</b>	0,74	0,98	0,46	0,54
Ne 50	Sık	<b>Ortalama</b>	0,66	0,72	0,35	0,43
		<b>%CV</b>	1,82	3,89	1,97	3,35
		<b>Maksimum</b>	0,66	0,74	0,36	0,44
		<b>Minimum</b>	0,64	0,69	0,35	0,42
	Orta	<b>Ortalama</b>	0,69	0,82	0,37	0,44
		<b>%CV</b>	3,80	3,45	2,15	2,72
		<b>Maksimum</b>	0,71	0,85	0,38	0,45
		<b>Minimum</b>	0,66	0,80	0,37	0,43
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	0,71	0,93	0,42	0,48
		<b>%CV</b>	2,58	2,40	3,43	2,89
		<b>Maksimum</b>	0,73	0,95	0,44	0,49
		<b>Minimum</b>	0,69	0,91	0,41	0,46
Ne 60	Sık	<b>Ortalama</b>	0,64	0,68	0,31	

		<b>%CV</b>	3,76	2,35	1,29	
		<b>Maksimum</b>	0,66	0,69	0,31	
		<b>Minimum</b>	0,61	0,66	0,30	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	0,66	0,78	0,35	
		<b>%CV</b>	3,37	3,70	3,97	
		<b>Maksimum</b>	0,68	0,81	0,37	
		<b>Minimum</b>	0,64	0,75	0,34	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	0,67	0,87	0,37	
		<b>%CV</b>	2,74	1,37	2,86	
		<b>Maksimum</b>	0,69	0,88	0,38	
		<b>Minimum</b>	0,65	0,86	0,36	

Ek 7: Gramaj Test Sonuçları

			Materyal			
İplik No	Sıklık		Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Sık	Ortalama	260,40	279,33	217,23	262,93
		%CV	1,73	3,46	0,61	1,66
		Max.	264,80	287,60	218,70	267,50
		Min.	255,80	268,70	216,10	258,80
	Seyrek	Ortalama	196,33	213,53	155,20	201,50
		%CV	1,20	4,19	0,94	1,51
		Max.	198,80	219,00	156,70	205,00
		Min.	194,10	203,20	153,80	199,40
Ne 32/2	Sık	Ortalama	264,03	307,67	250,97	294,77
		%CV	2,52	1,09	0,24	3,19
		Max.	271,70	309,70	251,60	305,20
		Min.	259,80	303,80	250,40	286,90
	Seyrek	Ortalama	208,10	225,67	175,30	220,00
		%CV	1,23	1,18	2,13	1,19
		Max.	210,60	228,20	179,40	222,20
		Min.	205,50	222,90	172,10	217,10
Ne 20	Sık	Ortalama				174,03
		%CV				3,17
		Max.				180,10
		Min.				169,30
	Orta	Ortalama				148,77
		%CV				5,82
		Max.				158,50
		Min.				141,90
	Seyrek	Ortalama				139,87
		%CV				2,58
		Max.				143,40
		Min.				136,20
Ne 40/2	Sık	Ortalama				186,87
		%CV				2,25
		Max.				191,70
		Min.				184,00
	Orta	Ortalama				162,27
		%CV				1,36

		<b>Max.</b>				164,70
		<b>Min.</b>				160,40
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>				135,07
		<b>%CV</b>				4,58
		<b>Max.</b>				142,20
		<b>Min.</b>				131,10
<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	215,57	241,20	202,07	
		<b>%CV</b>	1,10	0,93	1,44	
		<b>Max.</b>	218,30	243,80	205,40	
		<b>Min.</b>	214,10	239,90	200,00	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	151,20	183,53	121,57	
		<b>%CV</b>	1,82	2,87	2,28	
		<b>Max.</b>	153,60	188,50	124,50	
		<b>Min.</b>	148,20	178,00	119,00	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	112,20	141,53	79,80	
		<b>%CV</b>	0,31	4,53	1,64	
		<b>Max.</b>	112,40	148,10	81,20	
		<b>Min.</b>	111,80	135,30	78,60	
<b>Ne 48/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	222,10	231,40	206,57	
		<b>%CV</b>	1,03	0,38	0,83	
		<b>Max.</b>	224,60	232,40	207,70	
		<b>Min.</b>	220,10	230,70	204,60	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	151,43	186,30	114,37	
		<b>%CV</b>	1,85	2,58	4,00	
		<b>Max.</b>	154,60	190,90	118,40	
		<b>Min.</b>	149,30	181,30	109,40	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	114,70	142,37	78,23	
		<b>%CV</b>	5,39	4,73	2,36	
		<b>Max.</b>	121,50	146,50	79,80	
		<b>Min.</b>	109,40	134,60	76,20	
<b>Ne 30</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	204,53	204,87	161,20	188,87
		<b>%CV</b>	0,50	2,01	0,59	1,09
		<b>Max.</b>	205,40	208,80	161,80	191,00
		<b>Min.</b>	203,40	200,60	160,10	186,90
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	137,37	172,80	104,07	122,63
		<b>%CV</b>	2,60	3,69	2,66	4,64
		<b>Max.</b>	140,00	177,70	107,00	129,20
		<b>Min.</b>	133,30	165,60	101,50	119,30



	Seyrek	Ortalama	114,77	137,37	74,03	105,27
		%CV	3,18	4,62	4,20	3,88
		Max.	118,50	143,20	77,00	109,90
		Min.	111,20	130,60	70,80	102,20
Ne 60/2	Sık	Ortalama	191,67	204,53	160,63	
		%CV	1,75	1,47	1,54	
		Max.	193,80	207,40	162,70	
		Min.	187,80	201,40	157,90	
	Orta	Ortalama	131,73	160,07	100,03	
		%CV	2,51	2,64	3,21	
		Max.	135,40	162,70	102,50	
		Min.	129,00	155,20	96,40	
	Seyrek	Ortalama	108,40	133,17	74,77	
		%CV	4,64	4,80	0,15	
		Max.	102,60	140,20	74,90	
		Min.	111,10	127,70	74,70	
Ne 40	Sık	Ortalama	156,53	164,33	128,53	148,60
		%CV	0,85	0,67	1,21	2,53
		Max.	158,00	165,20	130,10	152,20
		Min.	155,40	163,10	127,00	144,70
	Orta	Ortalama	130,90	149,17	96,77	115,67
		%CV	1,54	4,13	2,02	2,86
		Max.	132,40	154,20	98,40	119,40
		Min.	128,60	142,30	94,60	113,10
	Seyrek	Ortalama	100,30	128,30	69,80	83,40
		%CV	4,65	3,62	4,41	1,68
		Max.	104,10	131,70	72,40	84,80
		Min.	95,10	123,00	66,40	82,00
Ne 50	Sık	Ortalama	127,37	148,80	98,33	116,77
		%CV	1,33	1,11	0,75	0,52
		Max.	128,80	150,50	98,90	117,40
		Min.	125,50	147,20	97,50	116,20
	Orta	Ortalama	110,03	131,57	82,47	101,00
		%CV	1,83	4,42	2,99	2,19
		Max.	111,70	136,60	85,20	102,70
		Min.	107,80	125,20	80,40	98,50
	Seyrek	Ortalama	85,27	118,20	62,37	69,00
		%CV	4,44	3,26	0,67	3,71
		Max.	87,60	121,00	62,70	71,40
		Min.	80,90	113,80	61,90	66,30

<b>Ne 60</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	113,77	138,47	88,43	
		<b>%CV</b>	1,01	1,23	3,87	
		<b>Max.</b>	114,90	139,60	90,70	
		<b>Min.</b>	112,60	136,50	84,50	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	87,60	111,43	64,93	
		<b>%CV</b>	0,89	4,49	2,14	
		<b>Max.</b>	88,50	117,00	66,10	
		<b>Min.</b>	87,10	107,30	63,40	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	67,80	95,80	52,70	
		<b>%CV</b>	4,85	3,92	3,37	
		<b>Max.</b>	71,50	99,40	54,70	
		<b>Min.</b>	65,20	91,90	51,30	

Ek 8: Gözeneklilik Ortalama Değerleri

		Materyal			
İplik No	Sıklık	Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik
Ne 16	Sık	78,18	77,00	73,71	66,95
	Seyrek	86,05	86,77	83,09	76,08
Ne 32/2	Sık	78,16	74,08	71,72	65,49
	Seyrek	85,53	84,86	82,10	75,89
Ne 20	Sık				74,35
	Orta				80,13
	Seyrek				82,67
Ne 40/2	Sık				74,24
	Orta				79,30
	Seyrek				83,74
Ne 24	Sık	80,96	79,68	73,05	
	Orta	88,24	86,57	85,29	
	Seyrek	91,85	90,41	90,34	
Ne 48/2	Sık	80,64	79,80	70,65	
	Orta	88,22	86,36	84,75	
	Seyrek	91,76	90,17	90,70	
Ne 30	Sık	81,69	81,44	74,91	70,65
	Orta	88,34	87,35	85,83	81,93
	Seyrek	91,07	89,63	91,20	85,25
Ne 60/2	Sık	82,10	82,36	74,39	
	Orta	88,67	88,40	85,25	
	Seyrek	91,25	90,28	90,60	
Ne 40	Sık	84,95	85,30	78,46	75,10
	Orta	87,42	87,13	84,94	82,03
	Seyrek	91,26	90,61	90,29	87,04
Ne 50	Sık	87,39	85,02	81,64	76,79
	Orta	89,58	88,37	85,43	80,38
	Seyrek	92,15	90,79	90,29	87,71
Ne 60	Sık	88,38	85,24	81,35	
	Orta	91,33	89,65	87,87	
	Seyrek	93,39	92,02	90,69	

Ek 9: Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

İplik No	Sıklık	Materyal				
		Pamuk	Poliester	Modal	Akrilik	
Ne 16	Sık	Ortalama	245	223,8	814,8	208,2
		%CV	10,48	9,81	8,30	14,35
		Maksimum	282	253	925	259
		Minimum	218	195	716	175
	Seyrek	Ortalama	768,6	853,3	1821	569,7
		%CV	9,74	8,13	5,51	8,10
		Maksimum	863	974	1920	621
		Minimum	658	772	1640	455
Ne 32/2	Sık	Ortalama	260,6	259,1	566	164,6
		%CV	14,38	7,50	9,03	19,65
		Maksimum	318	280	678	225
		Minimum	208	220	485	132
	Seyrek	Ortalama	718,7	1113,6	1330	394
		%CV	7,50	7,82	10,69	8,98
		Maksimum	830	1260	1590	449
		Minimum	648	986	1190	365
Ne 20	Sık	Ortalama				895,1
		%CV				15,00
		Maksimum				1080
		Minimum				650
	Orta	Ortalama				1095,9
		%CV				8,91
		Maksimum				1270
		Minimum				945
	Seyrek	Ortalama				1945
		%CV				11,23
		Maksimum				2240
		Minimum				1700
Ne 40/2	Sık	Ortalama				747,9
		%CV				10,17
		Maksimum				835
		Minimum				595
	Orta	Ortalama				1188
		%CV				9,46
		Maksimum				1390
		Minimum				1020

		<b>Ortalama</b>				1601
		<b>%CV</b>				11,21
		<b>Maksimum</b>				1880
		<b>Minimum</b>				1340
Ne 24	Sık	<b>Ortalama</b>	257,1	301,1	925,9	
		<b>%CV</b>	4,77	2,48	5,91	
		<b>Maksimum</b>	274	315	1010	
		<b>Minimum</b>	235	290	866	
	Orta	<b>Ortalama</b>	1196	1379	2630	
		<b>%CV</b>	5,41	5,87	11,47	
		<b>Maksimum</b>	1330	1490	3130	
		<b>Minimum</b>	1110	1290	2300	
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	3132	3234	4666	
		<b>%CV</b>	7,42	10,21	4,97	
		<b>Maksimum</b>	3480	3670	5080	
		<b>Minimum</b>	2870	2690	4260	
Ne 48/2	Sık	<b>Ortalama</b>	243	304,1	934,7	
		<b>%CV</b>	5,84	4,50	8,30	
		<b>Maksimum</b>	265	326	1050	
		<b>Minimum</b>	213	288	830	
	Orta	<b>Ortalama</b>	1163,6	1622	2774	
		<b>%CV</b>	15,67	6,63	13,81	
		<b>Maksimum</b>	1520	1840	3380	
		<b>Minimum</b>	997	1480	2140	
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	2983	3096	4366	
		<b>%CV</b>	6,70	10,07	6,87	
		<b>Maksimum</b>	3340	3640	4860	
		<b>Minimum</b>	2760	2670	3930	
Ne 30	Sık	<b>Ortalama</b>	261,8	630,7	1424	366,1
		<b>%CV</b>	3,85	6,61	3,81	14,31
		<b>Maksimum</b>	274	696	1490	496
		<b>Minimum</b>	243	560	1320	294
	Orta	<b>Ortalama</b>	1279	1934	3012	1571
		<b>%CV</b>	9,03	9,17	8,96	10,66
		<b>Maksimum</b>	1570	2310	3440	1860
		<b>Minimum</b>	1120	1740	2540	1310
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	2695	3265	3990	2315
		<b>%CV</b>	7,43	9,59	10,03	10,92
		<b>Maksimum</b>	3030	3660	4700	2700
		<b>Minimum</b>	2430	2730	3160	2060

Ne 60/2	Sık	Ortalama	315,1	485,6	1115,8	
		%CV	5,94	5,56	8,14	
		Maksimum	334	532	1270	
		Minimum	273	445	990	
	Orta	Ortalama	1326	1808	2438	
		%CV	7,12	7,26	10,60	
		Maksimum	1460	2010	2780	
		Minimum	1200	1580	2140	
	Seyrek	Ortalama	2332	2833	3919	
		%CV	7,84	13,21	9,97	
		Maksimum	2620	3600	4500	
		Minimum	2120	2150	3270	
Ne 40	Sık	Ortalama	561,2	994,8	1663	517,7
		%CV	5,94	5,00	5,39	10,05
		Maksimum	599	1100	1820	607
		Minimum	489	947	1540	410
	Orta	Ortalama	1096,6	1778	2640	1229
		%CV	6,98	4,76	5,66	8,47
		Maksimum	1220	1980	2890	1410
		Minimum	967	1690	2370	1000
	Seyrek	Ortalama	2626	3137	4505	2922
		%CV	4,75	7,14	8,21	12,12
		Maksimum	2850	3450	5230	3560
		Minimum	2430	2740	3830	2430
Ne 50	Sık	Ortalama	903,8	1356	2409	1052,3
		%CV	4,39	3,57	2,64	17,66
		Maksimum	963	1430	2500	1300
		Minimum	840	1290	2310	819
	Orta	Ortalama	1345	1888	2980	1399
		%CV	7,59	5,00	5,24	16,01
		Maksimum	1580	2050	3250	1710
		Minimum	1240	1700	2750	1050
	Seyrek	Ortalama	3041	3313	4582	3229
		%CV	6,61	4,99	5,84	10,25
		Maksimum	3340	3530	4970	3960
		Minimum	2820	3040	4220	2900
Ne 60	Sık	Ortalama	1159	1718	2517	
		%CV	4,39	7,01	5,24	
		Maksimum	1240	1940	2760	
		Minimum	1090	1530	2360	

<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	2019	2392	3828	
	<b>% CV</b>	4,35	6,24	1,77	
	<b>Maksimum</b>	2190	2610	3970	
	<b>Minimum</b>	1900	2030	3730	
<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	3310	3417	4635	
	<b>% CV</b>	9,03	5,95	5,70	
	<b>Maksimum</b>	3810	3780	5010	
	<b>Minimum</b>	2790	3170	4090	

Ek 10: Isıl Direnç Test Sonuçları ( $10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Materyal	İplik No	Sıklık		Mutlak kuru	25%	50%	75%	100%
PAMUK	Ne 16	Sık	Ortalama	15,2	8,1	6,9	6,5	6,5
			% CV	1,32	1,44	1,81	2,09	1,81
			Max.	15,3	8,2	6,9	6,6	6,7
			Min.	14,9	8,0	6,7	6,4	6,5
		Seyrek	Ortalama	21,7	10,5	8,6	7,9	7,4
			% CV	2,74	1,63	1,48	1,70	2,61
			Max.	22,3	10,7	8,7	8,0	7,6
			Min.	21,1	10,4	8,4	7,8	7,2
	Ne 32/2	Sık	Ortalama	15,4	8,4	7,1	7,0	6,8
			% CV	2,48	3,14	2,19	3,48	2,66
			Max.	15,9	8,7	7,3	7,3	6,9
			Min.	15,2	8,2	6,9	6,8	6,6
		Seyrek	Ortalama	22,2	11,9	8,8	8,2	7,8
			% CV	2,08	2,98	2,27	3,51	2,64
			Max.	22,6	12,3	8,9	8,5	8,0
			Min.	21,7	11,6	8,6	7,9	7,7
	Ne 24	Sık	Ortalama	15,0	7,7	6,4	6,1	5,9
			% CV	1,95	2,95	3,70	1,91	4,13
			Max.	15,3	7,9	6,6	6,2	6,2
			Min.	14,7	7,4	6,2	6,0	5,7
		Orta	Ortalama	17,3	9,1	7,1	6,7	6,2
			% CV	2,32	2,37	2,02	2,94	1,31
			Max.	17,6	9,3	7,2	6,9	6,3
			Min.	16,9	8,9	6,9	6,5	6,1
		Seyrek	Ortalama	19,3	10,2	8,3	7,5	7,1
			% CV	3,96	3,53	2,64	1,52	3,04
			Max.	20,2	10,7	8,5	7,6	7,4
			Min.	18,8	10,0	8,1	7,4	7,0
Ne 48/2	Sık	Ortalama	15,1	7,9	6,5	6,2	6,0	
		% CV	3,38	3,01	2,17	2,17	2,49	
		Max.	15,7	8,2	6,7	6,3	6,2	
		Min.	14,7	7,7	6,4	6,1	5,9	
	Orta	Ortalama	17,3	10,2	7,6	7,3	6,1	
		% CV	3,64	1,13	3,77	2,12	2,44	
		Max.	18,0	10,3	7,9	7,4	6,2	
		Min.	16,8	10,1	7,3	7,2	5,9	



	Seyrek	Ortalama	19,8	10,4	8,4	7,7	7,4
		%CV	1,11	1,92	3,09	3,17	0,11
		Max.	20,1	10,6	8,6	7,9	7,4
		Min.	19,7	10,3	8,1	7,5	7,4
Ne 30	Sık	Ortalama	14,5	7,7	6,3	6,0	5,8
		%CV	4,01	1,81	2,20	1,18	4,05
		Max.	15,1	7,8	6,4	6,1	6,1
		Min.	13,9	7,6	6,1	6,0	5,6
	Orta	Ortalama	16,6	8,7	7,1	6,7	6,2
		%CV	2,82	1,65	1,08	1,66	1,52
		Max.	17,0	8,8	7,2	6,8	6,3
		Min.	16,1	8,6	7,0	6,6	6,1
	Seyrek	Ortalama	18,6	9,7	8,1	7,3	6,9
		%CV	1,39	2,75	3,98	2,00	1,53
		Max.	18,8	9,9	8,4	7,5	7,0
		Min.	18,3	9,4	7,7	7,2	6,8
Ne 60/2	Sık	Ortalama	14,5	7,7	6,3	6,0	5,4
		%CV	0,80	1,58	2,45	2,74	3,52
		Max.	14,6	7,9	6,4	6,2	5,7
		Min.	14,4	7,6	6,1	5,9	5,3
	Orta	Ortalama	16,3	8,3	7,0	6,6	6,2
		%CV	2,65	2,82	1,79	3,18	3,68
		Max.	16,8	8,6	7,2	6,7	6,4
		Min.	16,0	8,2	6,9	6,3	5,9
	Seyrek	Ortalama	18,3	8,8	7,8	7,2	6,6
		%CV	4,12	1,94	1,47	1,35	2,44
		Max.	18,9	9,0	7,9	7,3	6,8
		Min.	17,5	8,7	7,7	7,1	6,4
Ne 40	Sık	Ortalama	14,3	7,3	6,2	6,0	5,4
		%CV	1,34	4,14	2,10	0,59	1,41
		Max.	14,5	7,5	6,3	6,0	5,5
		Min.	14,1	7,0	6,1	5,9	5,3
	Orta	Ortalama	16,0	8,0	6,9	6,5	6,0
		%CV	4,14	0,75	2,74	2,28	2,45
		Max.	16,3	8,1	7,1	6,6	6,2
		Min.	15,2	8,0	6,7	6,3	5,9
	Seyrek	Ortalama	18,1	8,3	7,5	7,1	6,5
		%CV	2,44	1,18	3,10	0,64	1,35
		Max.	18,4	8,4	7,6	7,1	6,6
		Min.	17,6	8,2	7,2	7,0	6,4
Ne 50	Sık	Ortalama	14,3	7,2	6,1	6,0	5,4

<b>POLIESTER</b>			<b>%CV</b>	3,10	2,34	2,29	2,78	2,56	
			<b>Max.</b>	14,8	7,3	6,2	6,2	5,5	
			<b>Min.</b>	13,9	7,0	5,9	5,9	5,2	
		<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	16,1	7,9	6,8	6,2	6,1	
			<b>%CV</b>	1,59	4,08	2,13	4,14	2,52	
			<b>Max.</b>	16,2	8,2	7,0	6,4	6,3	
		<b>Seyrek</b>	<b>Min.</b>	15,8	7,6	6,7	5,9	6,0	
			<b>Ortalama</b>	17,7	8,3	7,2	7,0	6,4	
			<b>%CV</b>	3,02	0,19	2,77	0,87	2,15	
		<b>Ne 60</b>	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	18,0	8,4	7,3	7,1	6,6
				<b>Min.</b>	17,1	8,3	6,9	6,9	6,3
				<b>Ortalama</b>	14,2	7,0	6,1	5,6	5,4
	<b>Orta</b>		<b>%CV</b>	3,37	3,06	2,56	4,05	1,87	
			<b>Max.</b>	14,7	7,2	6,2	5,8	5,5	
			<b>Min.</b>	13,7	6,8	5,9	5,4	5,3	
	<b>Seyrek</b>		<b>Ortalama</b>	15,8	7,8	6,4	6,1	5,9	
			<b>%CV</b>	0,89	3,86	1,73	1,93	1,49	
			<b>Max.</b>	16,0	8,0	6,6	6,2	6,0	
			<b>Seyrek</b>	<b>Min.</b>	15,7	7,4	6,4	5,9	5,9
				<b>Ortalama</b>	17,0	8,2	6,8	6,7	6,4
<b>%CV</b>				3,34	1,83	2,99	2,72	1,93	
	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	17,5	8,3	7,0	6,9	6,5		
		<b>Min.</b>	16,4	8,1	6,7	6,6	6,2		
		<b>Ortalama</b>	20,3	13,3	12,4	12,3	11,6		
<b>Ne 16</b>	<b>Sık</b>	<b>%CV</b>	0,80	1,30	2,58	2,65	1,55		
		<b>Max.</b>	20,5	13,4	12,6	12,6	11,8		
		<b>Min.</b>	20,2	13,1	12,0	11,9	11,4		
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	26,2	14,6	13,5	13,2	12,9		
		<b>%CV</b>	3,82	3,42	3,92	3,77	4,05		
		<b>Max.</b>	27,3	15,2	14,1	13,7	13,5		
<b>Ne 32/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Min.</b>	25,5	14,3	13,1	12,7	12,5		
		<b>Ortalama</b>	19,4	12,7	11,8	11,7	11,1		
		<b>%CV</b>	3,41	3,71	4,07	4,11	3,74		
	<b>Seyrek</b>	<b>Max.</b>	20,0	13,2	12,4	12,0	11,3		
		<b>Min.</b>	18,7	12,3	11,5	11,2	10,6		
		<b>Ortalama</b>	25,9	14,1	13,4	13,1	12,7		
	<b>Seyrek</b>	<b>%CV</b>	0,95	3,47	2,99	2,48	2,85		
		<b>Max.</b>	26,1	14,5	13,8	13,4	13,1		
		<b>Min.</b>	25,7	13,6	13,1	12,8	12,4		
<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	19,1	12,5	12,1	11,6	11		
		<b>%CV</b>	0,13	3,71	3,75	1,48	3,37		

			<b>Max.</b>	19,1	13,0	12,5	11,7	11,3	
			<b>Min.</b>	19,1	12,1	11,6	11,4	10,6	
			<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	22,4	13,3	12,7	12,2	11,9
				<b>%CV</b>	2,55	0,73	1,78	2,72	1,26
		<b>Seyrek</b>	<b>Max.</b>	22,8	13,4	12,8	12,5	12,0	
			<b>Min.</b>	21,8	13,2	12,4	11,9	11,7	
			<b>Ortalama</b>	25,9	14,3	13,5	12,9	12,7	
			<b>%CV</b>	0,95	3,81	1,69	3,77	0,79	
	Ne 48/2	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	26,1	14,9	13,8	13,3	12,8	
			<b>Min.</b>	25,7	13,9	13,3	12,4	12,6	
			<b>Ortalama</b>	19	12,4	11,6	11,4	10,8	
			<b>%CV</b>	1,08	2,14	3,54	1,32	1,24	
		<b>Orta</b>	<b>Max.</b>	19,2	12,7	11,9	11,6	10,9	
			<b>Min.</b>	18,8	12,1	11,1	11,3	10,7	
			<b>Ortalama</b>	22	13,1	12,6	11,9	11,8	
			<b>%CV</b>	0,94	2,16	1,47	2,91	4,04	
<b>Seyrek</b>		<b>Max.</b>	22,2	13,4	12,7	12,1	12,1		
		<b>Min.</b>	21,8	12,8	12,4	11,5	11,2		
		<b>Ortalama</b>	25,2	13,7	13	12,7	12,4		
		<b>%CV</b>	1,32	3,00	2,63	2,94	2,51		
Ne 30	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	25,5	14,0	13,4	13,1	12,7		
		<b>Min.</b>	24,8	13,2	12,8	12,4	12,1		
		<b>Ortalama</b>	18,9	11,7	11,1	10,7	10,4		
		<b>%CV</b>	2,22	3,33	1,25	1,57	0,82		
	<b>Orta</b>	<b>Max.</b>	19,1	12,1	11,2	10,8	10,5		
		<b>Min.</b>	18,4	11,4	11,0	10,5	10,3		
		<b>Ortalama</b>	21,4	12,7	12,5	11,6	11,4		
		<b>%CV</b>	2,10	0,87	3,96	2,31	3,91		
	<b>Seyrek</b>	<b>Max.</b>	21,9	12,8	12,9	11,9	11,9		
		<b>Min.</b>	21,1	12,6	11,9	11,4	11,0		
		<b>Ortalama</b>	23,8	13,2	12,7	12,5	12		
		<b>%CV</b>	0,80	2,47	0,52	1,76	3,97		
Ne 60/2	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	24,0	13,5	12,8	12,6	12,5		
		<b>Min.</b>	23,6	12,9	12,7	12,2	11,6		
		<b>Ortalama</b>	18,9	12,3	11,4	11,4	10,6		
		<b>%CV</b>	1,36	3,26	2,40	2,54	3,31		
	<b>Orta</b>	<b>Max.</b>	19,1	12,7	11,7	11,6	10,8		
		<b>Min.</b>	18,6	11,9	11,2	11,1	10,2		
		<b>Ortalama</b>	21,5	13,1	12,5	11,9	11,7		
		<b>%CV</b>	2,03	2,52	1,92	1,89	1,61		
<b>Max.</b>	22,0	13,5	12,6	12,1	11,9				

	Seyrek	<b>Min.</b>	21,1	12,8	12,2	11,7	11,6
		<b>Ortalama</b>	24,1	13,2	12,8	12,6	12,2
		<b>%CV</b>	1,84	2,98	2,78	0,26	2,31
		<b>Max.</b>	24,6	13,6	13,2	12,6	12,4
		<b>Min.</b>	23,7	12,8	12,6	12,5	11,9
Ne 40	Sık	<b>Ortalama</b>	18,9	11,6	10,9	10,5	10,3
		<b>%CV</b>	1,51	1,55	0,98	2,21	0,37
		<b>Max.</b>	19,1	11,8	11,0	10,7	10,4
		<b>Min.</b>	18,6	11,5	10,8	10,3	10,3
	Orta	<b>Ortalama</b>	21,1	12,7	12,1	11,6	11,3
		<b>%CV</b>	2,19	1,51	4,10	1,38	1,50
		<b>Max.</b>	21,6	12,9	12,3	11,8	11,4
		<b>Min.</b>	20,8	12,6	11,5	11,4	11,1
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	22,7	13	12,7	12,4	11,7
		<b>%CV</b>	3,72	2,32	2,17	3,47	2,50
		<b>Max.</b>	23,6	13,4	13,0	12,8	12,0
		<b>Min.</b>	21,9	12,8	12,5	12,0	11,5
Ne 50	Sık	<b>Ortalama</b>	17,5	11,3	10,7	10,4	9,8
		<b>%CV</b>	2,73	1,62	1,46	1,45	1,94
		<b>Max.</b>	17,8	11,4	10,8	10,5	10,0
		<b>Min.</b>	16,9	11,0	10,5	10,2	9,6
	Orta	<b>Ortalama</b>	20,9	12,7	11,8	11,5	11
		<b>%CV</b>	2,75	2,78	1,29	0,45	3,09
		<b>Max.</b>	21,5	13,1	11,9	11,5	11,2
		<b>Min.</b>	20,4	12,4	11,6	11,4	10,6
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	22,1	12,9	12,2	12,1	11,5
		<b>%CV</b>	0,62	2,68	1,24	1,27	2,12
		<b>Max.</b>	22,2	13,2	12,4	12,2	11,6
		<b>Min.</b>	21,9	12,5	12,1	12,0	11,2
Ne 60	Sık	<b>Ortalama</b>	17,2	11,1	10,1	9,7	9,4
		<b>%CV</b>	3,52	3,57	3,54	3,89	2,66
		<b>Max.</b>	17,8	11,5	10,5	10,0	9,6
		<b>Min.</b>	16,6	10,7	9,8	9,3	9,1
	Orta	<b>Ortalama</b>	20,8	12,6	11,7	11,4	11,1
		<b>%CV</b>	2,61	1,20	2,66	1,93	1,23
		<b>Max.</b>	21,4	12,8	12,0	11,7	11,2
		<b>Min.</b>	20,3	12,5	11,3	11,3	10,9
	Seyrek	<b>Ortalama</b>	21,9	12,8	12,1	11,7	11,5
		<b>%CV</b>	1,24	3,31	2,28	2,38	0,65
		<b>Max.</b>	22,1	13,2	12,4	12,0	11,6
		<b>Min.</b>	21,6	12,4	11,8	11,5	11,5

**MODAL**

<b>Ne 16</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	14,9	13,2	9,2	7,4	6,4	
		<b>% CV</b>	0,71	2,66	0,71	1,36	2,52	
		<b>Max.</b>	15,0	13,6	9,3	7,5	6,5	
		<b>Min.</b>	14,8	12,9	9,1	7,3	6,3	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	17,0	15,9	11,0	8,7	7,4	
		<b>% CV</b>	3,47	2,35	2,01	1,32	2,38	
		<b>Max.</b>	17,7	16,4	11,2	8,8	7,6	
		<b>Min.</b>	16,6	15,7	10,8	8,6	7,3	
	<b>Ne 32/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	16,2	14,3	10,0	7,7	6,8
			<b>% CV</b>	3,80	3,82	4,01	3,98	2,40
			<b>Max.</b>	16,9	15,0	10,4	8,0	6,9
			<b>Min.</b>	15,8	13,9	9,6	7,4	6,6
		<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	17,1	16,0	11,0	9,1	8,5
			<b>% CV</b>	1,90	0,62	0,81	2,08	1,90
			<b>Max.</b>	17,4	16,1	11,1	9,3	8,6
			<b>Min.</b>	16,8	15,9	10,9	9,0	8,3
<b>Ne 24</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	14,4	12,3	8,4	6,7	6,6	
		<b>% CV</b>	3,21	0,61	1,81	2,94	1,78	
		<b>Max.</b>	14,9	12,4	8,6	6,9	6,7	
		<b>Min.</b>	14,0	12,2	8,3	6,5	6,5	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	15,8	12,6	8,7	7,9	7,1	
		<b>% CV</b>	2,7	3,1	1,1	1,5	0,7	
		<b>Max.</b>	16,2	12,8	8,8	8,1	7,2	
		<b>Min.</b>	15,4	12,1	8,6	7,9	7,1	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	15,8	15,4	10,6	8,2	7,2	
		<b>% CV</b>	1,08	1,19	4,07	1,19	3,17	
		<b>Max.</b>	15,9	15,6	11,1	8,3	7,4	
		<b>Min.</b>	15,6	15,3	10,3	8,1	7,0	
<b>Ne 48/2</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	13,4	11,9	8,3	6,7	5,8	
		<b>% CV</b>	1,10	2,67	1,79	2,83	1,46	
		<b>Max.</b>	13,5	12,1	8,4	6,9	5,9	
		<b>Min.</b>	13,2	11,5	8,2	6,5	5,7	
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	14,5	12,2	8,5	6,9	6,5	
		<b>% CV</b>	2,65	2,12	1,82	2,03	4,12	
		<b>Max.</b>	14,9	12,3	8,5	7,1	6,8	
		<b>Min.</b>	14,1	11,9	8,3	6,8	6,3	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	15,1	14,1	9,7	7,7	7,1	
		<b>% CV</b>	1,44	1,18	0,24	3,22	1,28	
		<b>Max.</b>	15,3	14,2	9,7	7,9	7,1	
		<b>Min.</b>	14,9	13,9	9,7	7,4	6,9	
<b>Ne 30</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	13,3	11,8	8,0	6,5	5,7	

			<b>% CV</b>	1,28	1,95	1,77	2,37	3,73
			<b>Max.</b>	13,5	12,0	8,2	6,6	5,9
			<b>Min.</b>	13,2	11,5	7,9	6,3	5,5
		<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	14,4	12,2	8,1	6,5	6,4
			<b>% CV</b>	1,55	3,57	2,28	3,68	0,31
			<b>Max.</b>	14,6	12,5	8,3	6,7	6,4
		<b>Seyrek</b>	<b>Min.</b>	14,2	11,7	7,9	6,3	6,3
			<b>Ortalama</b>	14,6	13,1	8,7	7,4	6,8
			<b>% CV</b>	0,97	1,70	1,24	3,08	3,80
			<b>Max.</b>	14,8	13,4	8,8	7,7	7,0
			<b>Min.</b>	14,5	12,9	8,6	7,2	6,5
			<b>Ortalama</b>	13,2	11,3	7,5	6,4	5,7
<b>Ne 60/2</b>	<b>Sık</b>	<b>% CV</b>	1,03	3,79	3,28	0,47	1,62	
		<b>Max.</b>	13,4	11,7	7,7	6,5	5,8	
		<b>Min.</b>	13,1	10,9	7,2	6,4	5,6	
		<b>Ortalama</b>	13,7	12	7,7	6,5	6,1	
	<b>Orta</b>	<b>% CV</b>	0,60	3,63	1,63	3,92	1,49	
		<b>Max.</b>	13,7	12,3	7,9	6,8	6,2	
		<b>Min.</b>	13,6	11,5	7,6	6,3	6,0	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	14,6	12,7	8,3	7,0	6,6	
		<b>% CV</b>	0,83	2,87	1,53	1,76	1,50	
		<b>Max.</b>	14,7	13,1	8,4	7,2	6,7	
		<b>Min.</b>	14,5	12,4	8,1	6,9	6,5	
		<b>Ortalama</b>	13,1	10,8	7,2	6,1	5,7	
<b>% CV</b>		1,61	2,49	1,26	0,88	1,49		
<b>Ne 40</b>	<b>Sık</b>	<b>Max.</b>	13,4	11,0	7,3	6,1	5,8	
		<b>Min.</b>	13,0	10,5	7,2	6,0	5,6	
		<b>Ortalama</b>	13,6	11,8	7,5	6,5	6,1	
		<b>% CV</b>	1,14	3,58	2,11	1,31	1,90	
	<b>Orta</b>	<b>Max.</b>	13,7	12,2	7,7	6,6	6,1	
		<b>Min.</b>	13,4	11,3	7,4	6,4	5,9	
		<b>Ortalama</b>	14,3	12,3	7,7	6,9	6,1	
	<b>Seyrek</b>	<b>% CV</b>	2,46	3,58	1,95	0,01	2,15	
		<b>Max.</b>	14,7	12,7	7,9	6,9	6,2	
		<b>Min.</b>	14,0	11,8	7,6	6,9	6,0	
	<b>Ne 50</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	12,9	10,7	6,9	6,1	5,5
			<b>% CV</b>	1,06	2,24	1,60	0,25	2,70
<b>Max.</b>			13,0	11,0	7,0	6,1	5,7	
<b>Min.</b>			12,8	10,5	6,8	6,1	5,4	
<b>Orta</b>		<b>Ortalama</b>	13,3	11,6	7,6	6,2	5,8	
		<b>% CV</b>	0,77	1,50	2,61	2,49	2,93	

<b>AKRİLİK</b>			<b>Max.</b>	13,3	11,8	7,7	6,3	5,9	
			<b>Min.</b>	13,2	11,5	7,4	6,1	5,6	
			<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	13,9	12,2	7,8	6,6	6,1
				<b>%CV</b>	1,64	0,49	3,70	3,92	2,06
				<b>Max.</b>	14,1	12,3	8,1	6,8	6,2
		<b>Min.</b>		13,7	12,1	7,6	6,3	6,0	
		<b>Ne 60</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	12,4	9,6	6,3	5,6	5,2
				<b>%CV</b>	2,56	2,00	2,08	3,39	3,20
				<b>Max.</b>	12,6	9,8	6,4	5,7	5,3
				<b>Min.</b>	12,0	9,4	6,2	5,4	5,0
	<b>Orta</b>		<b>Ortalama</b>	12,4	11,2	7,4	6,0	5,5	
			<b>%CV</b>	2,98	1,88	1,32	1,28	2,27	
			<b>Max.</b>	12,6	11,4	7,5	6,1	5,5	
			<b>Min.</b>	12,0	11,0	7,3	6,0	5,3	
			<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	13,0	11,3	7,6	6,2	5,5
	<b>%CV</b>	1,79		2,52	1,34	2,41	2,57		
	<b>Max.</b>	13,2		11,6	7,7	6,3	5,7		
	<b>Min.</b>	12,7		11,0	7,5	6,0	5,4		
	<b>Ne 16</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	17,2	9,8	8,9	9	8,4	
			<b>%CV</b>	2,13	0,62	3,14	2,31	2,52	
<b>Max.</b>			17,7	9,9	9,2	9,3	8,6		
<b>Min.</b>			17,0	9,8	8,7	8,8	8,2		
<b>Seyrek</b>		<b>Ortalama</b>	19,7	11,0	10,4	9,5	9,2		
		<b>%CV</b>	1,84	2,91	0,74	4,09	3,33		
		<b>Max.</b>	19,9	11,3	10,4	9,9	9,4		
		<b>Min.</b>	19,2	10,7	10,3	9,2	8,8		
<b>Ne 32/2</b>		<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	17,5	10	9,0	9,1	8,5	
			<b>%CV</b>	3,92	2,40	1,79	1,86	1,71	
			<b>Max.</b>	18,3	10,2	9,1	9,2	8,7	
			<b>Min.</b>	17,0	9,8	8,8	8,9	8,4	
	<b>Seyrek</b>	<b>Ortalama</b>	19,9	11,2	10,5	9,6	9,5		
		<b>%CV</b>	4,12	4,13	3,78	2,33	2,74		
		<b>Max.</b>	20,9	11,5	11,0	9,8	9,8		
		<b>Min.</b>	19,4	10,7	10,2	9,4	9,2		
<b>Ne 20</b>	<b>Sık</b>	<b>Ortalama</b>	16,5	9,2	8,5	8,6	8,0		
		<b>%CV</b>	2,85	2,91	3,84	3,36	3,22		
		<b>Max.</b>	16,9	9,5	8,8	8,9	8,3		
		<b>Min.</b>	16,0	9,0	8,2	8,3	7,8		
	<b>Orta</b>	<b>Ortalama</b>	17,1	9,8	9,1	8,7	8,5		
		<b>%CV</b>	3,61	0,45	0,97	3,98	2,88		
		<b>Max.</b>	17,5	9,8	9,2	9,0	8,7		

	Seyrek	Min.	16,3	9,7	9,0	8,3	8,3
		Ortalama	18,3	10,4	9,5	9,2	9,1
		%CV	3,22	1,01	3,83	4,14	4,15
		Max.	18,8	10,5	9,9	9,6	9,5
		Min.	17,7	10,3	9,2	8,9	8,8
Ne 40/2	Sık	Ortalama	17,0	9,7	8,8	8,8	8,3
		%CV	1,03	2,39	0,35	0,91	1,94
		Max.	17,2	9,9	8,8	8,9	8,4
		Min.	16,8	9,4	8,7	8,8	8,1
	Orta	Ortalama	17,3	10,4	9,9	9,2	8,9
		%CV	2,71	1,21	3,29	3,79	3,07
		Max.	17,8	10,5	10,3	9,6	9,1
		Min.	17,3	10,3	9,6	8,9	8,6
	Seyrek	Ortalama	19,3	10,9	10,2	9,3	9,2
		%CV	2,98	3,25	3,33	1,79	2,85
		Max.	20,0	11,2	10,6	9,5	9,4
		Min.	19,0	10,5	9,9	9,2	8,9
	Ne 30	Sık	Ortalama	13,7	8,7	8,1	7,6
%CV			1,43	1,75	3,37	1,27	1,15
Max.			13,8	8,9	8,4	7,6	7,5
Min.			13,5	8,6	7,8	7,5	7,4
Orta		Ortalama	17,3	9,2	9,0	8,3	7,5
		%CV	2,31	0,83	1,67	3,83	3,72
		Max.	17,6	9,3	9,2	8,6	7,6
		Min.	16,9	9,1	8,9	8,0	7,2
Seyrek		Ortalama	17,3	10,0	9,6	8,7	8,5
		%CV	0,21	1,71	3,07	1,00	1,38
		Max.	17,3	10,2	9,8	8,8	8,5
		Min.	17,3	9,9	9,3	8,6	8,3
Ne 40		Sık	Ortalama	13,1	8,0	7,4	7,3
	%CV		3,39	0,78	0,76	1,54	3,89
	Max.		13,7	8,1	7,4	7,4	7,5
	Min.		12,8	8,0	7,3	7,2	7,0
	Orta	Ortalama	14,9	8,0	8,1	7,5	7,4
		%CV	1,42	1,81	3,94	3,95	1,43
		Max.	15,1	8,1	8,4	7,8	7,5
		Min.	14,7	7,8	7,8	7,2	7,3
	Seyrek	Ortalama	16,8	9,7	8,6	8,5	8,2
		%CV	2,53	4,00	3,52	3,96	1,07
		Max.	17,1	10,1	8,9	8,9	8,3
		Min.	16,3	9,3	8,3	8,2	8,1



Ne 50	Sık	Ortalama	12,8	7,2	6,7	6,6	6,3
		%CV	2,11	3,19	3,29	1,94	1,67
		Max.	13,1	7,4	6,9	6,7	6,4
		Min.	12,6	7,0	6,5	6,5	6,2
	Orta	Ortalama	13,6	7,8	7,4	6,9	6,4
		%CV	1,23	2,95	2,05	1,13	1,24
		Max.	13,7	8,0	7,6	7,0	6,5
		Min.	13,4	7,6	7,3	6,8	6,3
	Seyrek	Ortalama	15,5	8,4	8,2	7,2	6,7
		%CV	1,25	1,46	3,05	2,51	1,14
		Max.	15,7	8,5	8,4	7,4	6,7
		Min.	15,3	8,3	7,9	7,0	6,6