T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİKLERDEN ÖRÜLEN SÜPREM KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA VE KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Tezi Hazırlayan
Yunus TÜRKOĞLU

Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Yrd. Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2010
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİKLERDEN ÖRÜLEN SÜPREM KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA VE KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Tezi Hazırlayan
Yunus TÜRKOĞLU

Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Yrd. Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBY-09-655 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Temmuz 2010
KAYSERİ

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK ve Yrd. Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU danışmanlığında **Yunus TÜRKOĞLU** tarafından hazırlanan **"Metal Tel İçerikli Kompozit İpliklerden Örülen Süprem Kumaşların Elektromanyetik Ekranlama Ve Konfor Özelliklerinin İncelenmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

13/08/2010

JÜRİ:

Başkan : Y.Doç.Dr. Mustafa TUTAK

Üye : Y.Doç.Dr. H.Gazi ÖRTLEK

Üye : Y.Doç.Dr. Asım DAVULCU

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 13/08/2010 tarih ve 2010/29-05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

13/08/2010

Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesinde ve yapılan çalışmalarda bana yol gösteren değerli danışman hocalarım sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK ve sayın Yrd. Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU' na, tez çalışmasıyla ilgili yapılan araştırmalarda desteğini esirgemeyen değerli hocam sayın Dr. Sinem GÜNEŞOĞLU' na, örme kumaş numunelerinin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen sayın Arş. Gör. Esin SARIOĞLU' na, numunelerin kılcallık özelliğinin belirlenmesinde yardımcı olan sayın Arş. Gör. İbrahim Halil İÇOĞLU' na, örme kumaş numunelerinin ekranlama özelliğinin belirlenmesinde desteğini esirgemeyen Tekstil Mühendisi sayın Gamze KILIÇ' a, öğrenci arkadaşım Sinem BİLGİN' e, Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü çalışanlarına, sayın Arş. Gör. İbrahim Halil ÇELİK' e, her zaman benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen çok kıymetli aileme candan teşekkürlerimi sunarım.

METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİKLERDEN ÖRÜLEN SÜPREM KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA VE KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yunus TÜRKOĞLU
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2010
Tez Danışmanları: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Yrd. Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, metal tel içeren kompozit ipliklerden üretilen, elektromanyetik radyasyonu ekranlama özelliğine sahip örme kumaşların konfor algısını belirleyen bazı termofizyolojik ve mekanik özelliklerini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, Ne 50, Ne 60 ve Ne 70 numaralarında üç farklı pamuk ipliği, 18, 35 ve 50 mikron kalınlıklarındaki paslanmaz çelik telleri ile içi oyuk iğli kaplama sistemi ile bir araya getirilerek 9 farklı kompozit iplik üretilmiştir. Üretilen kompozit iplikler numune yuvarlak örme makinesinde örme kumaş formuna getirilmiştir.

Üretilen kumaşların ekranlama etkinliği, termal konfor algısıyla ilgili özellikleri (termal iletkenlik, termal direnç, termal absorbtivite, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve dikey kılcallık) ve önemli iki mekanik özelliği (kumaş kalınlığı ve kumaş gramajı) deneysel olarak ölçülmüştür.

Üretilen kumaşların ekranlama etkinlik değerleri incelendiğinde; metal tel içeren kumaşların, metal tel içermeyen kumaşlardan daha yüksek ekranlama etkinlik değeri gösterdiği bulunmuştur.

Örme kumaşların içeriğindeki metal tel kalınlığı arttıkça; termal iletkenlik, termal direnç ve termal absorbtivite değerlerinin arttığı, hava geçirgenlik ve dikey kılcallık değerlerinin düştüğü, su buharı geçirgenlik değerlerinin ise etkilenmediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Metal tel içerikli kompozit iplik, örme kumaş, ekranlama etkinliği, konfor algısı.

INVESTIGATION OF ELECTROMAGNETIC SHIELDING EFFECTIVENES AND COMFORT PROPERTIES OF SINGLE JERSEY FABRICS KNITTED FROM COMPOSITE YARNS CONTAINING METAL WIRE

Yunus TÜRKOĞLU
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M. Sc. Thesis, July 2010
Thesis supervisors: Assist. Prof. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Assist. Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

ABSTRACT

The aim of this study is that investigating some thermo-physiological and mechanical properties affecting the comfort sensation of the knitted fabrics which have electromagnetic shielding effectiveness, produced from composite yarns including metal wire. In the direction of this aim, nine different composite yarns were produced by combing three different cotton yarns Ne 50/1, Ne 60/1 and Ne 70/1 and stainless steel wires having coarsenesses of 18 micron, 35 micron and 50 micron by means of hollow spindle covering system. Knitted fabrics were made using these produced composite yarns on circular sample knitting machine.

The properties related with shielding effectiveness, thermal comfort sensation (thermal conductivity, thermal resistance, thermal absorptivity, air permeability, water vapor permeability and vertical capillarity) and two important mechanical properties (fabric thickness and weight) were measured experimentally.

When the shielding effectiveness values of the related fabrics were examined, it was seen that the knitted fabrics containing stainless steel wire had higher shielding effectiveness value than the knitted fabrics not containing the stainless steel wires had.

It was observed that as the coarseness of the metal wire contained in knitted fabrics increased; thermal conductivity, thermal resistance and thermal absorptivity values increased, air permeability and vertical capillarity values decreased and water vapor permeability values did not change.

Keywords: Composite yarn containing metal wire, knitted fabric, shielding effectiveness, comfort sensation.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY i
TEŞEKKÜR ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
KISALTMA VE SİMGELER ix
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
1. BÖLÜM
GİRİŞ 1
2. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER 3
2.1. Elektromanyetik Alanlar 3
2.2. Elektromanyetik Alanların (EMA) Etkileri 6
2.2.1. Elektromanyetik Alanların İnsan Vücuduna Etkileri 6
2.2.2. Elektromanyetik Alanların Cihazlar Üzerindeki Etkileri 8
2.3. Elektromanyetik Alanlardan Korunmada Tekstil Çözümleri 9
2.4. Tekstil Malzemelerinin Ekranlama Etkinliği Ölçümü 12
2.5. Ekranlama İçin Kullanılan Metal Lifler 15
2.5.1. Metal Lif Çeşitleri 16
2.5.2. Metal Liflerin Tekstilde Kullanımı 17
2.6. Kumaş ve Giysilerde Konfor Kavramı 18
2.6.1. Konforun Sınıflandırılması 20
2.6.1.1 Psikolojik Konfor 21
2.6.1.2 Fiziksel Konfor 23
2.6.1.3. Fizyolojik / Termofizyolojik / Termal Konfor 24
2.6.2. Termal Konforla İlgili Kumaş ve Giysi Özellikleri 26
2.6.2.1. Kumaş ve Giysilerde Isı Transferi Mekanizmaları 26
2.6.2.2. Kumaş ve Giysilerde Termal İletkenlik 28
2.6.2.3. Kumaş ve Giysilerde Termal Direnç 31
2.6.2.4. Kumaş ve Giysilerde Termal Temas Hissi (Soğurganlık) 33
2.6.2.5. Kumaş ve Giysilerde Hava Geçirgenliği 37

2.6.2.6. Kumaş ve Giysilerde Su Buharı Geçirgenliği 38
2.6.2.7. Kumaş ve Giysilerde Sıvı Su İletimi (Kılcallık) 40
2.6.3. Fiziksel Konforla İlgili Kumaş ve Giysi Özellikleri 44
2.6.3.1. Kumaş ve Giysi Kalınlığı 44
2.6.3.2. Kumaş ve Giysi Gramajı 45
3. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 46
3.1. Materyal 46
3.2. Yöntem 47
3.2.1. Metal İçerikli Kompozit İpliklerinin Üretimi 47
3.2.2. Numune Kumaşların Üretilmesi 48
3.2.3. Numune Örme Kumaşlarda Ekranlama Etkinliğinin Ölçülmesi (SE) 53
3.2.4. Numune Örme Kumaşlarda Termal İletkenlik, Termal Direnç ve Termal Absorbtivite Testi 55
3.2.5. Numune Örme Kumaşlarda Hava Geçirgenlik Testi 56
3.2.6. Numune Örme Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği Testi 58
3.2.7. Numune Örme Kumaşlarda Dikey Kılcallık Testi 58
3.2.8. Numune Örme Kumaşlarda Kalınlık Ölçümü 59
3.2.9. Numune Örme Kumaşlarda Ağırlık Ölçümü 60
3.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 61
4. BÖLÜM
ARAŞTIRMA SONUÇLARI 63
5.BÖLÜM
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 67
5.1. Ekranlama Etkinliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi 67
5.2. Termal İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi 73
5.3. Termal Direnç Sonuçlarının Değerlendirilmesi 74
5.4. Termal Absorbtivite (absorbanlık) Sonuçlarının Değerlendirilmesi 77
5.5. Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi 78
5.6. Su Buharı Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi 80
5.7. Dikey Kılcallık Sonuçlarının Değerlendirilmesi 81
5.8. Genel Sonuçlar ve Öneriler 81

KAYNAKLAR.....85
EKLER 94
EK-1 94
EK-2 95
ÖZGEÇMİŞ 101

KISALTMA VE SİMGELER

E : Elektrik alan

H : Manyetik alan

Hz : Hertz

EMA : Elektromanyetik alan

SAR : Özgül soğurma oranı

EMC : Elektromanyetik uyumluluk

EMI : Elektromanyetik girişim

SE : Ekranlama etkinliği

R_t : Toplam termal direnç

b : Termal absorbtivite

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri 29

Tablo 2.2. Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi 36

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan ipliklerin kodları, numaraları ve içerikleri 46

Tablo 4.1. Termal iletkenlik ölçüm sonuçları (λ) 63

Tablo 4.2. Termal direnç ölçüm sonuçları (R) 64

Tablo 4.3. Termal absorbtivite ölçüm sonuçları (b) 64

Tablo 4.4. Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları (mm/s) 65

Tablo 4.5. Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları (ml/saat) 65

Tablo 4.6. Dikey sıvı su iletimi (kılcallık) ölçüm sonuçları (mm/dakika) 66

Tablo 4.7. Kumaş kalınlığı (mm), kumaş gramajı (gr/m²) ve kumaş yoğunluğu (g/cm³) ölçüm sonuçları 66

Tablo 5.1. Kumaşların termal iletkenlik değerlerine ait varyans analizi tablosu 74

Tablo 5.2. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal iletkenliğine etkisine ait SNK analizi 74

Tablo 5.3. Kumaşların termal direnç değerlerine ait varyans analizi tablosu 76

Tablo 5.4. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal direnç etkisine ait SNK analizi 76

Tablo 5.5. Kumaşların termal absorbtivite değerlerine ait varyans analizi tablosu 77

Tablo 5.6. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal absorbtivite etkisine ait SNK analizi 78

Tablo 5.7. Kumaşların Hava geçirgenlik değerlerine ait varyans analizi tablosu 79

Tablo 5.8. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların hava geçirgenliği etkisine ait SNK analizi 80

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dalga boyu. 4

Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumda önemli frekanslar 5

Şekil 2.3. Elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaş Örnekleri 11

Şekil 2.4. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları 12

Şekil 2.5. Kalınlığı t olan duvarın ekranlama etkinliği 13

Şekil 2.6. 316 L tipi paslanmaz çelik telin mikroskobik görüntüsü 17

Şekil 2.7. Metal içerikli ipliklerden üretilmiş modaya yönelik giysi örnekleri 18

Şekil 2.8. Konfor değerlendirme şeması 19

Şekil 2.9. Fiziksel olarak konforlu olmama 23

Şekil 2.10. Fizyolojik konfor diyagramı 25

Şekil 2.11. Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı 28

Şekil 2.12. Kumaş / insan vücudu arasındaki ısı akış eğrisi 31

Şekil 2.13. Farklı kapilar genişliklerde sıvı ilerleyişi ve tutulan sıvı miktarları 42

Şekil 2.14. Kılcallık modelleri A-yatay kılcallık B-dikey kılcallık 44

Şekil 3.1. İçi oyuk iğli büküm yöntemi 47

Şekil 3.2. Metal içerikli kompozit ipliklerin 45 kat büyütülmüş görüntüleri 48

Şekil 3.3. SDL Atlas numune yuvarlak örgü makinesi 49

Şekil 3.4. Üretilen süprem yapıdaki kumaş numunelerinin görüntüleri (25 X) 50

Şekil 3.5. Üretilen süprem yapıdaki kumaş numunelerinin görüntüleri (45 X) 51

Şekil 3.6. (a) 5050, (b) 5035 ve (c) 5018 kodlu süprem yapıdaki numune örme kumaşların görüntüleri (95 X) 52

Şekil 3.7. 5050, 6050, ve 7050 kodlu süprem kumaş numunelerinin örülmesinde ortaya çıkan hataların görüntüleri (25 X) 53

Şekil 3.8. Koaksiyel tutucu metodu uygulaması 54

Şekil 3.9. Koaksiyel tutucu metodu için ölçüm test düzeneği 54

Şekil 3.10. Ekranlama etkinliği ölçümünde kullanılan test aparatı..... 55

Şekil 3.11. Alambeta test cihazı..... 56

Şekil 3.12. SDL Atlas M 021A hava geçirgenlik test makinesi 57

Şekil 3.13. Su buharı geçirgenliği ölçüm tertibatı 58

Şekil 3.14. Dikey kılcallık ölçüm tertibatı 59

Şekil 3.15. Kalınlık ölçüm aracı..... 60

Şekil 3.16. Hassas terazi..... 60

Şekil 5.1. 5000, 5018, 5035, 5050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 67

Şekil 5.2. 6000, 6018, 6035, 6050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 68

Şekil 5.3. 7000, 7018, 7035, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 69

Şekil 5.4. 5050, 6050, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 70

Şekil 5.5. 5035, 6035, 7035 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 71

Şekil 5.6. 5018, 6018, 7018 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği..... 72

Şekil 5.7. Termal iletkenlik sonuçları 73

Şekil 5.8. Termal direnç sonuçları 75

Şekil 5.9. Termal absorbtivite (absorbanlık) sonuçları 77

Şekil 5.10. Hava geçirgenliği sonuçları 78

Şekil 5.11. Su buharı geçirgenliği sonuçları 80

Şekil 5.12. Dikey kılcallık sonuçları..... 81

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Metal lifler, esasında tekstil alanında ilk kullanılan liflerden birisidir. Altın ve gümüşten üretilen iplikler, özel giysilerin, halıların, kilimlerin, kaftanların, çeşitli işlemelerin üzerinde süsleme amaçlı olarak antik çağlarda dahi kullanılmıştır [1]. Metal liflerin tekstil alanındaki kullanımı zamanla farklılaşma göstermiştir.

Bilim ve teknolojinin ilerlemesi ile insanların günlük hayatta kullandıkları elektriksel ve elektronik cihazlar hızla artmaktadır. Elektrik enerjisini ileten ya da enerji ile çalışan her türlü cihaz çalışma sırasında istemli ya da istem dışı olarak elektromanyetik dalga yaymaktadır. Cep telefonları, mikrodalga fırınlar, baz istasyonları, radarlar, yüksek gerilim hatları, tv ekranları, radyo, TV ve telsiz verici istasyonları, uydu iletişim sistemleri, tedavi amaçlı kullanılan çeşitli tıbbi cihazlar, çevremizdeki elektromanyetik dalga yayan kaynaklara örnek olarak gösterilebilir. Yaşamımızın her safhasına girmiş olan değişik frekans ve güçlerle çalışan tüm bu cihaz ve sistemlerin kullanımı elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmiştir.

Elektromanyetik çevre kirliliği problemi, elektromanyetik alanlara maruziyet konusunda araştırmacıları çeşitli arayışlara yöneltmiştir. Bunlardan birincisi, cihazlar arasında oluşan elektromanyetik girişimi en aza indirmek ve bu sayede elektromanyetik alanlardan cihaz ve sistemleri korumak, ikincisi ise elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaktır. Elektromanyetik çevre kirliliğinden korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik radyasyon kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir. Elektromanyetik radyasyondan korunmada kullanılan başlıca yöntemlerden birisi ekranlama ya da diğer adıyla kalkanlamadır. Ekranlamada kullanılan klasik metal malzemelerinin, sınırlı esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Günümüzde

klasik ekranlama malzemelerinin dezavantajlarından dolayı kalkanlamada daha hafif, esnek ve daha düşük maliyetli tekstillerin kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Elektromanyetik ekranlama amacı için geliştirilen koruyucu tekstil ürünleri bu konulara farklı bir bakış açısı getirmiştir. Ancak, özellikle giysi forumunda kullanılacak elektromanyetik ekranlama özelliğine sahip kumaşların, kullanılabilir olmaları için, giysi fonksiyonları ve insan duyuları açısından gerekli asgari konfora sahip olması gerekir.

Teknik tekstil ürünü olan giysilerde esas olan arzu edilen teknik performansın sağlanması olsa da, giysinin görünüş, dokununca verdiği his, performans ve fiyat kriterleri hiçbir zaman göz ardı edilemez. Çoğu durumlarda giysinin kullanım şartlarına uygunluk ve rahatsızlık vermemesi hususu giysiden beklenen teknik performans kadar önemlidir.

Bu çalışmada, elektromanyetik dalgaları ekranlama amaçlı üretilen metal içerikli örme kumaşların konfor özellikleri incelenecektir. Bu amaç doğrultusunda, Ne 50, Ne 60 ve Ne 70 numaralarında üç farklı pamuk ipliği, 18, 35 ve 50 mikron kalınlıklarındaki paslanmaz çelik telleri ile içi oyuk iğli kaplama sistemi ile bir araya getirilerek 9 farklı kompozit iplik üretilmiştir. Üretilen kompozit iplikler numune yuvarlak örme makinesinde örme kumaş formuna getirilmiştir.

Üretilen kumaşların ekranlama etkinlik değerleri incelendiğinde; metal tel içeren kumaşların, metal tel içermeyen kumaşlardan daha yüksek ekranlama etkinlik değeri gösterdiği bulunmuştur.

Örme kumaşların içeriğindeki metal tel kalınlığı arttıkça; termal iletkenlik, termal direnç ve termal absorbtivite değerlerinin arttığı, hava geçirgenlik ve dikey kılcallık değerlerinin düştüğü, su buharı geçirgenlik değerlerinin ise etkilenmediği görülmüştür.

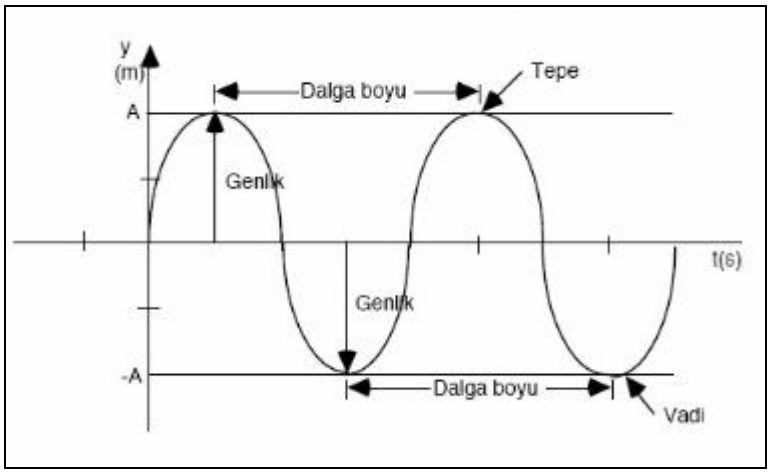
2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Elektromanyetik Alanlar

Elektrik yüklerinin hareketinden doğan, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanına elektromanyetik alan denir. Elektromanyetik alan ya da dalga kuramı iki bağımsız değişken ile gösterilir. Bunlar elektrik alan (E) ve manyetik alan (H)'dır. E'nin birimi Volt/m ve H'ın birimi Amper/m'dir [2]. Elektromanyetik alan bir çubuk mıknatısın kuzey-güney kutbu gibi durağan (statik) olabileceği gibi, herhangi bir frekansla salınım da yapabilmektedir [3]. Duran elektrik yükleri etrafında durgun bir elektrik alan oluşurken, hareketli yükler etrafında hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Bu alanlar "dinamik elektromanyetik alanlar" ya da yaygın bilinen ifadesiyle "elektromanyetik dalgalar" şeklinde ifade edilirler.

Her tür dalganın bir dalga boyu ve bir frekansı vardır. Sinüs ritmi şeklindeki dalga konvoyunda birbirini izleyen iki tepe noktası ya da iki çukur arasındaki uzaklık "dalga boyu" olarak tanımlanır ve lamda (λ) ile gösterilir [3]. Şekil 2.1' de dalga boyu şematize edilerek gösterilmiştir.



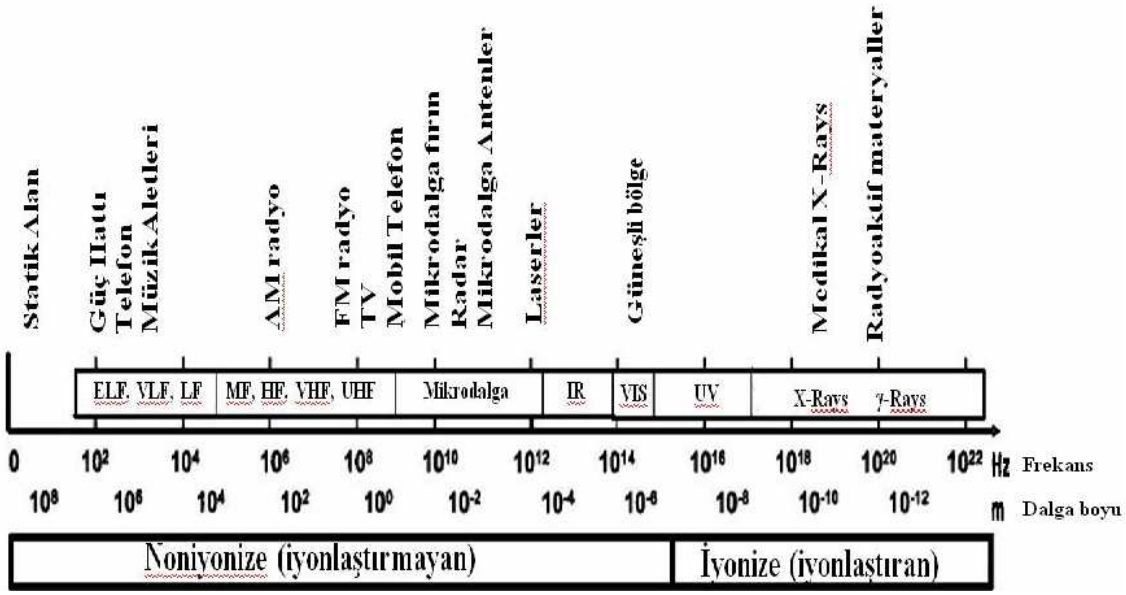
Şekil 2.1. Dalga boyu.

Elektromanyetik dalgaların özelliklerini belirleyen bir diğer önemli parametre ise frekans, yani saniyedeki dalga şeklindeki titreşim sayısıdır ve birimi Hz (1/s) ile gösterilir. Uzayda dalgaların yayılması ışık hızıyla ($c = 3x10^8$ m/s) gerçekleşmektedir [2].

Dalganın yayılma hızı ile frekans arasında ilişki (2.1) denkleminde verilmiştir.

Hız = Frekans x Dalga Boyu (2.1)

Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna ve frekansına bağlı olarak sınıflandırıldıklarında bir spektrum meydana getirirler ve spektrumda tüm ışınlar temelde birbirlerinden dalga boyları veya frekansları ile ayırt edilirler. Şekil 2.2'de çeşitli elektromanyetik dalga kaynakları bir elektromanyetik spektrum ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumda önemli frekanslar [4].

Elektromanyetik spektrumda;

- 3 Hz – 3 kHz arası son derece düşük frekans bölgesi,
- 3 kHz – 30 kHz arası çok düşük frekans bölgesi,
- 10^{12} Hz'lere kadar olan bölge radyo dalgaları diye anılır.
- 10^{12} Hz'ler kızıl ötesi ışıma bölgesidir. Bütün nesneler bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin vücudumuzdaki ısının yaklaşık % 60'ı kızıl ötesi ışınım ile dışarı atılır.
- Görünür ışık frekansları 10^{14} Hz'lerdir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup Mor ötesi, X ve Gama ışınları bu bölgededir [2].

Radyasyon sözcüğü, madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmaktadır [2, 3]. Nükleer (iyonlaştıran-iyonize) radyasyon; madde içerisinden geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle, ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştıran radyasyon türüdür. İyonize radyasyona örnek olarak, x ve gama-ışınları ile α, β ve nötron parçacıklarının yayılması, gösterilebilir [2, 5]. Elektromanyetik radyasyon için, nükleer radyasyondan farklılığını vurgulamak adına, noniyonize (iyonlaştırmayan) radyasyon ifadesi kullanılmaktadır.

Başka bir ifadeyle elektromanyetik dalgaların, madde ile etkileşmesinde moleküler seviyede kimyasal bağları koparacak miktarda enerjileri yoktur. Sabit telekomünikasyon cihazları olan baz istasyonları, radyo ve televizyon vericileri ile elektrik iletim hatları, trafo merkezleri ve elektrikli ev aletlerinden (mikrodalga fırınlar, traş makinesi, saç kurutma makinesi v.b.) kaynaklanan radyasyon, elektromanyetik radyasyon grubunda yer almaktadır [5].

2.2. Elektromanyetik Alanların (EMA) Etkileri

Elektromanyetik alanların nesneler ve canlılarla etkileşimleri frekansa göre değişiklik göstermektedir. Yüksek gerilim hatları gibi düşük frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının manyetik alan etkileri daha baskın iken, cep telefonları, radyo-TV yayınları ve mikrodalga fırınlar gibi nispeten yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının, elektrik alan etkileri daha baskındır.

2.2.1. Elektromanyetik Alanların İnsan Vücuduna Etkileri

İnsan bedeni fonksiyonlarının hepsi 1-250 mikrovolt gerilimli elektriksel sinyallerle sağlanmaktadır. Sinir sistemimiz 500.000 km uzunluğunda elektriksel donanıma sahip dev bir elektronik sistemdir. Elektromanyetik alanların dışarıdan bu hassas sisteme etki etmesi doğal dengeyi bozabilir [3].

X ve γ ışınları gibi kısa dalga boylu yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını bozmakta ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırabilmektedir. Yapılan çalışmalarda X ve Gama ışınlarına maruz kalan insanlarda, kanserlerin oluşumunun arttığı görülmüştür [3].

Ortamdaki iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgaların etkisinde kalma sonucunda canlılarda ısıl ve ısıl olmayan etkiler olmak üzere iki tür etki oluşabilir [6].

Isıl olmayan etkilere bağlı olarak RF dalgaların etkili olduğu bozukluk ve hastalıklar arasında uyku bozuklukları, baş ağrıları, halsizlik, kusma, konsantrasyon bozukluğu, hafıza kaybı, reflekslerde zayıflama, kas ve eklemlerde ağrı gibi nörolojik etkiler, göğüs ağrısı, düşük veya yüksek tansiyon, kalp artışında hızlanma veya yavaşlama,

nefes alma sıklığında değişim gibi kardiyolojik etkiler, sinuzit, bronşit, astım gibi solunum yolu sorunları, ciltte tahriş, kaşıntı, yanma, yüzde kızarıklık gibi dermatolojik etkiler, göz yanması, görme bozukluğu gibi etkiler ve sindirim sorunları, ağrı, burun kanamaları, bağışıklık sisteminde zayıflama, saç dökülmesi, kulak çınlaması, koku alma duyusunda bozulma bulunmaktadır [7]. Ancak bu riskler çok yüksek deneysel dozlar ve sürelerde geçerlidir [6]. Daha düşük seviyeli etkilenmeler için (örneğin saç kurutma makinesi veya cep telefonları elektromanyetik alanının etkileri gibi) henüz epidemiyolojik araştırmalarla kesin bulgular ortaya konmamıştır. Ancak bu durum mevcut şüphelerin göz ardı edilmesini de gerektirmemektedir. Konu ile ilgili riskler ve alınması gereken önlemler konusunda kamuoyunu bilgilendirmek amacı ile çeşitli çalışmalar yapılmakta ve halkın bilinçlenmesi için çaba harcanmaktadır [7].

Isıl etkiler, vücut tarafından yutulan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını arttırması olarak tanımlanır. Vücut sıcaklığı artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine kadar devam eder [6]. Canlı bir organizma, radyo frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kaldığında, elektrik alanları, organizmadaki iyon gibi yüklü parçacıklar üzerinde bir kuvvet uygular ve onların hareket etmelerini sağlar. Elektrik akımının akması anlamına gelen bu harekete karşı gösterilen direnç ısı oluşumuna neden olmaktadır. Isı organizma içerisinde oluştuğu için, örneğin söz konusu organizma insan vücudu olduğunda, ısı algılayıcısı olan deri tarafından algılanması mümkün olamayacak ve vücut sıcaklığı kontrol sistemi olumsuz etkilenecektir. Bu ısıl etki nedeniyle insan vücuduna etki eden sürekli ve yüksek oranda elektromanyetik dalga, DNA ve RNA'nın hücre yenilemesini engellemektedir. Ayrıca aşırı oranda elektromanyetik dalgalara maruz kalındığında, vücutta kanserli hücrelerin oluşumuna neden olabilecek kimyasal değişimler oluşmaktadır [8].

Elektromanyetik enerji canlı bir dokuya geldiğinde, dokunun elektriksel özelliklerine bağlı olarak yutulur. Elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızı "Özgül Soğurma Oranı" (Specific Absorption Rate - SAR) olarak adlandırılır ve birimi W/kg'dır (Watt/kilogram). SAR değeri dokudan dokuya değiştiği gibi, doku içerisinde de noktadan noktaya (farklı noktalara farklı elektromanyetik enerji nüfuz edebileceğinden) değişir [2]. SAR, gelen dalganın frekansına, geliş açısına, canlı dokunun su muhtevasına ve biyolojik malzemenin elektriksel özelliklerine bağlıdır [3]. İnsan sağlığı açısından zararlı olabilecek sınırlamaları belirlemek için "temel limitler"

ve “türetilmiş limitler” tanımlanmaktadır. İnsan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4 W güç soğurulması gerekmektedir [5]. Standartlarda temel limit olarak 4 W/kg değeri kabul edilmiştir. Mesleki maruziyet için 10 kat, halk maruziyeti için 50 kat güvenlik payları esas alınarak temel limitler sırasıyla 0,4 W/kg SAR ve 0,08 W/kg SAR olarak belirlenmiştir. Bu değerler tüm vücut için 6 dakikalık maruziyet süresinde verilen SAR değeridir [9].

Çok düşük frekanslı (ELF) alanların (0 Hz - 10 kHz) kaynakları özellikle enerji iletim hatlarıdır. ELF alanlar insan vücudunda akımların doğmasına ve alanların etkisinde kalındığında saçların dimdik olması gibi bazı yüzeysel etkilerin doğmasına neden olurlar. Bu tip alanlar kalp pillerinin çalışmalarını, vücut içinde varsa bulunan diğer metal parçalarını (örneğin protezler), vücudun algılama mekanizmalarını (duygular), sinir ve kas hücrelerini etkiler. Alan şiddeti ne kadar büyükse etkileri de o oranda büyük olur [3].

Elektronik teknolojisinin geniş kapsamlı uygulamalarıyla çeşitli frekanslardaki elektromanyetik dalgalar tüm evrene yayılmaktadır. Bu dalgaların varlığı ise yüksek iletkenlik özelliğine sahip insan bedenine önemli ölçüde zarar vermektedir. Birleşmiş Milletler, elektromanyetik kirliliği, su, hava ve ses kirliliğinden sonra dördüncü önemli kirlilik olarak görmektedir [7].

2.2.2. Elektromanyetik Alanların Cihazlar Üzerindeki Etkileri

Elektromanyetik dalgaların ortam içinde ne oranda bulundukları elektrikli cihazların uygun biçimde çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Örneğin; yüksek gerilim hatları yakınından geçen helikopterin kontrolünü yitirerek düşmesi, güçlü radar sinyallerinin olduğu havaalanı yakınlarında elektronik kumandalı ateşleme sistemine sahip otomobillerin çalışmaması ya da kilitlenmesi, PC bilgisayar yakınında çalışan televizyonların karlanması gibi olaylarla sık sık karşılaşılmaktadır. Bu tip sorunlardan dolayı elektrikli cihazların çalıştığı ortamlarda elektrik ve manyetik alan şiddetlerinin belli bir değerin üzerine çıkması istenmez [3]. Elektrikli/elektronik cihazlardan yayılacak olan elektromanyetik alanın şiddetinin değerleri belirlenirken, cihazların hatasız çalışabilmeleri ve çalışırken de başka cihazların performansını düşürmemeleri istenir. Bu konu Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility-EMC)

olarak adlandırılır. EMC mühendisliği girişim kaynağının etkilerini en aza indirmek, girişimden etkilenen cihazın alınganlığını gidermek ya da girişim yolunu ortadan kaldırmak konuları ile ilgilenmektedir [2].

2.3. Elektromanyetik Alanlardan Korunmada Tekstil Çözümleri

Elektromanyetik dalgaları ekranlamada kullanılan klasik malzemeler, metal levha, metal ağ, metal köpüğü olarak sıralanabilir. Sınırlı mekanik esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu klasik ekranlama malzemelerinin dezavantajlarıdır. Klasik ekranlama malzemelerin bu dezavantajlarından dolayı ekranlamada daha hafif, esnek ve nispeten de daha düşük maliyetli tekstiller tercih edilmektedir.

Elektromanyetik ekranlama özelliği gösteren tekstil yapılarını iletken iplik kullanılarak üretilen tekstiller ve çeşitli bitim işlemleri ile iletkenlik özelliği kazandırılan tekstil yüzeyleri olarak iki grup altında inceleyebiliriz.

İletken iplikleri de dört temel grup altında incelemek mümkündür:

1. Kesik elyaf ya da kontinü halde % 100 metal iplikler.
2. Kesik elyaf ya da kontinü halde % 100 iletken sentetik iplikler.
3. Kesik elyaf/kontinü metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iplikler.
4. Kesik elyaf/kontinü halde iletken sentetik ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iplikler.

% 100 metalin kontinü halde çıplak olarak kumaş üretiminde kullanımı üretim ve kullanım esnasında çeşitli problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iletken iplik kullanımı tercih edilmektedir. Tekstilde iletken iplik üretiminde yaygın olarak paslanmaz çelik, gümüş ve bakır gibi metaller ve iletken sentetik iplikler kullanılmaktadır. Metaller kullanılarak üretilen iletken ipliğin iletkenlik derecesi, kullanılan metalin iletkenlik derecesine ve metalin iplikteki oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan metaller arasında iletkenlik derecesi en yüksek olan metal bakırdır.

Literatürde, iletken ipliklerle ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Lou, çalışmasında modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde elastan yerine bakır ve paslanmaz çelik tel kullanmıştır. Lou, merkezde kullanılan metal tipinin, besleme pozisyonunun, fitil tipinin, büküm seviyesinin ve üretilen iplik numarasının üretilen core-spun ipliklerin tüylülük ve mukavemet özelliklerini ne şekilde etkilediğini incelemiştir [10]. İletken kompozit core spun iplik; anti-elektrostatik ve elektromanyetik radyasyona karşı ekranlama özelliğine sahip örme ve dokuma kumaşların üretiminde kullanılabilir.

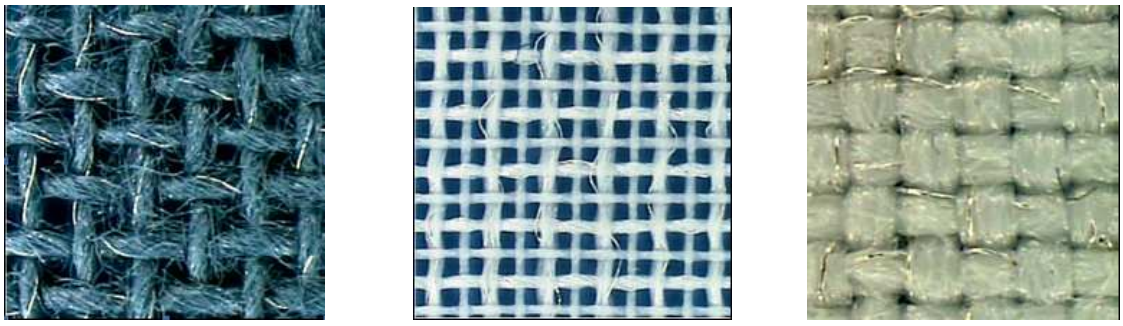
Başka bir çalışmada Cheng ve arkadaşları, açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile çalışan DREF III model makinede merkezinde paslanmaz çelik tel, örtü lifi olarak ise paslanmaz çelik, kevlar ve viskon kesik elyafının kullanıldığı iplikler üretmişlerdir. Ardından bu iplikleri, farklı konstrüksiyonlardaki dokuma kumaşların üretiminde kullanmışlardır. Üretilen kumaşlara uygulanan testlerle, kumaşların, elektriksel olarak iletkenliği ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikleri araştırılmıştır [11].

Chen ve arkadaşları kaplama metodu ile ürettikleri, merkezde bakır, sargı lifi olarak da paslanmaz çelik içeren kompozit iplikleri, dokuma ve örme tekniklerinin bir arada kullanıldığı bir sistemle kumaş haline getirmişlerdir. Ardından bu kumaşları, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte kompozit malzeme üretiminde güçlendirici eleman olarak kullanmışlardır [12].

Ueng ve Cheng, açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile kompozit iplikler üretmişlerdir. Ardından bu ipliklerden mamul iletken dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama ve elektrostatik deşarj özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliği ile elektrostatik deşarj özelliğinin, kumaşın konstrüksiyonuna, sıklıklarına ve yapısındaki iletken madde oranına göre değiştiğini belirtmişlerdir [13].

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak için kumaşlar etek, ceket astarlığı, perde, cibinlik, iç giyim, koruma çantası, çadır gibi farklı uygulamalar için üretilebilmektedir. Şekil 2.3’ de elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan ve farklı uygulama alanlarında kullanılan kumaş örnekleri görülmektedir. Şekil 2.3 (a)-(b) ve (c) deki kumaş örneklerinin üçünde de atkı ve çözgü yönünde cm’de 18 adet 0,02 mm çapında bakır kaplı mono filament gümüş renkli karışım iplikler

bulunmaktadır. Özdeş metal yoğunluğuna göre tüm kumaşlar aynı ekranlama özelliğine sahiptir. Kullanılan metalik ipliklerin kalınlıkları ekranlama etkinliğini değiştirmemektedir. Sadece atkı ve çözgü yönündeki metal iplikler arasındaki mesafe önemli bir faktördür. Sadece atkı ve çözgü yönünde eşit mesafede mono filamentler içeren kumaşlarla yeterli SE değeri sağlanabilmektedir [14].



(a) (b) (c)

Şekil 2.3. Elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaş Örnekleri [15].
a- Astarlık kumaş pamuk / gümüş kaplı özde bakır filament
b- Perde kumaşı, PES filament iplik/gümüş kaplı bakır filamenti (büküm) ve PES mono filamenti
c- Çadır kumaşı PES / gümüş kaplı bakır filament (hava jeti)

Belirli kimyasal bileşenler (örneğin dördüncül amino tuzlar, yağ asitlerinin modifiye esterleri, poliglikol türevleri ve fosforik asit esterleri) içeren anti-elektrostatik terbiye işlemleri de tekstil ürünlerinin elektro-iletkenliklerini artırmanın geleneksel yöntemlerindendir. Ancak, elyaf yüzeyinde birikinti yapmaya dayanan bu metotlar, ürünün kullanımı esnasında düşük yıkama ve sürtünme dayanımlarından dolayı istikrarlı bir iyileştirme etkisini garanti etmezler [15].

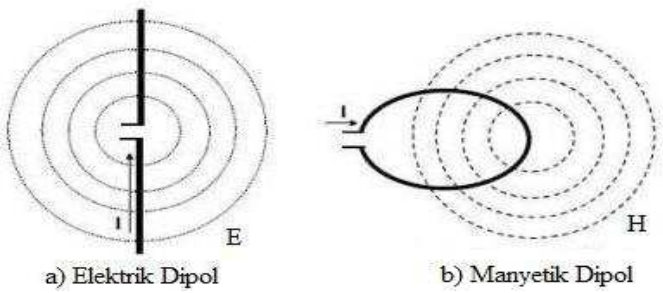
Literatürde iletken tekstil yüzeyleri ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Cheng ve arkadaşları çalışmalarında özlü iplik kullanarak, değişik örgü ve değişik sıklıklarda oluşturdukları dokuma kumaş yapılarında 30 MHz–3000 MHz frekans aralığında, 30-50 dB koruma verimliliği değerlerini belirlemişlerdir [16].

2.4. Tekstil Malzemelerinin Ekranlama Etkinliği Ölçümü

Elektromanyetik alanlar frekansa bağlı olarak farklı davransalar da genellikle kendilerini oluşturan kaynaktan uzaklaştıkça şiddetlerinde hızlı azalma görülür [3]. Elektromanyetik radyasyondan korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik radyasyon kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir. Ekranlama, elektromanyetik radyasyondan korunmadaki başlıca yöntemlerden birisidir.

Ekranlamayı basit olarak; bir elektronik ürünün tamamının veya bir kısmının metalik bir muhafaza ile tamamen kapatılması şeklinde ifade etmek mümkündür. Ekranlama için kullanılan malzemeye de ekran denir.

Bir ekranın görevi, dâhili bozucuları içeride, harici bozucuları dışarıda tutarak ışıma yollu girişimi önlemektir [17]. Ekranlamanın etkili olması ekranlanacak kaynağın cinsine bağlıdır. EMC problemlerinde iki tip girişim kaynağı söz konusudur; elektrik dipol gibi davranan kaynaklar, manyetik dipol gibi davranan kaynaklar (Şekil 2.4). Elektrik dipolü birbirine çok yakın iki zıt yük (ya da eşdeğer olarak içinden akım akan çok küçük doğrusal bir iletken) ile oluşur. Elektrik dipolü, etrafında elektromanyetik alanlar oluşturur. Elektrik dipolünün yakın civarındaki elektromanyetik alanların baskın bileşeni elektrik alandır. İçinden akım akan halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipol gibi davranır. Manyetik dipollerin de etrafında elektrik ve manyetik alanlar oluşur. Manyetik dipolün yakın civarında ise şiddet olarak manyetik alan bileşeni, elektrik alan bileşenine göre çok güçlüdür. Elektrik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında elektriksel ekranlama, manyetik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik ekranlama gereklidir [2].

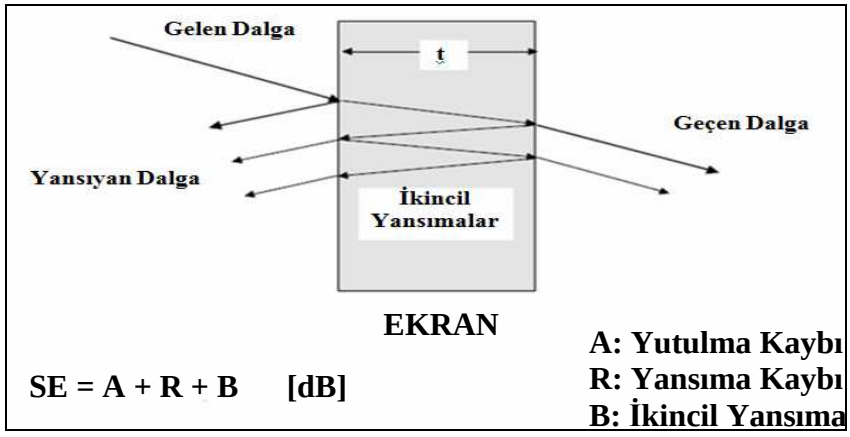


Şekil 2.4. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları [3].

Manyetik ekranlama pratikte düşük frekanslarda (f < 30 MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artar. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir [12].

Elektriksel alan ekranlama pratikte yüksek frekanslarda (f > 30 MHz) önemlidir. Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır). Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar ekranlamayı etkiler [18].

Elektromanyetik alan bir cismin içinden geçtiğinde, cisimle etkileşime girdiğinde alanın gücünün nasıl azaldığını belirleyen üç olay vardır; absorbsiyon ile zayıflama, yansımaya bağlı zayıflama ve çoklu yansımaya bağlı zayıflama (ikincil yansıma kayıpları). Çoklu yansımaya bağlı zayıflamalar genellikle ihmal edilmektedir [19]. Şekil 2.5' de kalınlığı " t " olan kayıplı bir duvarda ekranlama için mekanizma gösterilmiştir [2, 20].



Şekil 2.5. Kalınlığı t olan duvarın ekranlama etkinliği.

Bir elektromanyetik dalga bir cismin yüzeyine çaptığında, cisimdeki yükleri kendisi ile aynı frekansta salınım yapmaya zorlar. Bu zorlanmış salınım yapan yük bir anten gibi davranır ve mevcut dalgayı geri yansıtarak yansımaya neden olur [16, 4, 20]. Bir başka ifade ile dalganın uzaydaki empedansı ekrandaki empedansından farklı olduğunda elektromanyetik ekrandan yansıma olur. Bu ekranın kalınlığından bağımsız ve

materyalin iletkenliğinin, manyetik geçirgenliğinin ve frekansın bir fonksiyonudur. Dalga empedansı, manyetik alanlar (düşük empedans) ve elektrik alanlar (yüksek empedans) için farklı olduğundan her dalga tipi için ekrandaki yansıma farklı karakteristikler gösterir. Metaller gibi elektrik iletken materyaller elektromanyetik alanların ekranın içine işlemesini önleyecek şekilde yansıtır [4]. Yansıma, ekran özellikli malzemenin hem dış yüzeyinde, hem de iç kısmında gerçekleşmektedir. Ayrıca mevcut elektrik alan etkisi ile kutuplaşan zıt yükler, ters yönlü bir elektrik alan oluştururlar ki bu da elektromanyetik dalganın elektrik alan bileşenini zayıflatır [16, 4, 20].

Elektromanyetik dalgaların tamamı geri yansıtılmayıp bir kısmı bariyeri geçerek ölçülen sinyali oluşturur. Bu bariyerin etkisi ile elektromanyetik alan birçok yönde yayılarak saçılır. Elektromanyetik dalganın bir kısmı titreşime zorlandığından enerji ısı formunda kaybedilir. Bu şekildeki elektromanyetik enerji kaybı absorbsiyon nedeni ile azalma şeklinde tanımlanabilir. Elektromanyetik ekrandaki absorbsiyon elektromanyetik enerjiyi termal enerjiye çevirir. Elektromanyetik soğurucu ekranlar istenmeyen elektromanyetik dalgaları zayıflatır ve böylece elektromanyetik girişimi (EMI-Electromagnetic Interference) çözer. Absorbsiyon kaybı alanın dalga empedansına bağlı değildir ve bundan dolayı yakın veya uzak alan şartları ile de ilgili değildir [4].

Metalik yüzeye çarpan bir elektromanyetik dalganın bir kısmı geri yansıtılırken diğer kısmı da ortamdan geçtiği esnada iletilir ve zayıflar. Bu kayıpların (yansıma ve absorbsiyon) kombine efekti ekranın etkinliğini (SE-Shielding effectiveness) belirler. Ekranlama etkinliği frekansla, ekran geometrisiyle, ekranın içerisindeki yerleşimle, zayıflatılan alan tipiyle, çarpma yönüyle ilişkilidir [4].

SE, ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. SE, kaynak ile gözlem noktası arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır [18].

Ekranlama etkinliği hesaplanırken (2.2) ve (2.3) denklemleri kullanılabilir [14, 4].

$$SE = 10log\frac{P_1}{P_2} \quad (2.2)$$

$$SE = 20log\frac{E_1}{E_2} \quad (2.3)$$

P_1 = Ekran olmadan alınan güç (watt)

P_2 = Ekran varlığında alınan güç (watt)

E_1 = Ekran olmadan ölçülen alan şiddeti (volt/m)

E_2 = Ekran varlığında ölçülen alan şiddeti (volt/m)

SE frekansla değişmektedir. Değişimin nasıl olacağı ise ancak ölçü ya da sayısal benzetimler yoluyla saptanabilmektedir.

SE değeri ekranlama etkinliğini gösteren logaritmik bir değerdir. Elektrik alanın yüzdesel olarak ne kadar zayıfladığını göstermek için ise % Azalma kullanılır. % Azalma (2.4) denklemine göre hesaplanabilir.

$$\%\,Azalma = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 \quad (2.4)$$

(2.4) denkleminde $\frac{E_2}{E_1}$ yerine (2.3) denkleminden elde edilecek değer yazılırsa % Azalmanın SE cinsinden değeri (2.5) denklemindeki gibi bulunur.

$$\%\,Azalma = (1 - 10^{-SE/20}) \times 100 \quad (2.5)$$

2.5. Ekranlama İçin Kullanılan Metal Lifler

Metal lifleri oldukça ince 0,001-0,080 mm çapındaki metal tellerden üretilmektedir. Bu lifler (1-80µ), insan saçından daha incedir ve bunlar çeşitli metal alaşımlardan elde edilebilir [1].

İletken lifler temel olarak iki gruba ayrılmaktadır, bunlardan biri; doğal iletkenliğe sahip lifler, diğeri ise; özel olarak iletken özellik kazandırılan liflerdir. Doğal iletken lifler; nikel, paslanmaz çelik, bakır ve karbonlardan elde edilir. Yüksek iletken özelliğe sahip metalik liflerin iletken ve kırılgan yapılarından ötürü ring iplik makinesine belirli bir süre sonra zarar verebilmektedirler. Ayrıca ağırlıklarının doğal liflere kıyasla fazla

olmasından ötürü doğal liflerle tam homojen bir şekilde karışım sağlamak oldukça güçtür [21].

Metal lifler kesikli veya filament halde klasik liflerle karıştırılarak farklı derecelerde iletken özelliğe sahip ipliklerin üretiminde kullanılmaktadır. İletken lifler, liflerin galvanize maddeler veya bakır sülfat, bakır iyodu gibi metal tuzlarla kaplanması ile de elde edilmektedir. Metalik kaplama ile elde edilen ipliklerin çok yüksek iletkenlik özelliğine sahip olmasına karşın, bu ipliklerin yapışma ve korozyona karşı olan düşük dayanımı, problem yaratmaktadır. Galvaniz kaplamalar diğerlerine göre oldukça fazla oranda iletkenlik göstermekte fakat sadece grafit ve karbon liflerine uygulanabilmektedir. Üretiminin zor, pahalı olmasından ve yıkama sırasında çıkmasından ötürü, galvaniz kaplama tekstilde çok fazla kullanılmamaktadır. Birçok lif, geleneksel tekstil makineleri kullanılarak metalik tuzlarla kaplanabilinmektedir. Bu kaplamalar çok düşük bir elektrik iletkenliği sağlamakta ve yıkama sırasında zamanla azalmaktadır. Gelecekte kaplama işleminde yapılacak geliştirmeler ile bu olumsuz özelliklerin azaltılması amaçlanmaktadır [22].

2.5.1. Metal Lif Çeşitleri

Piyasada kullanılan metal lif (tel) çeşitlerini genel olarak;

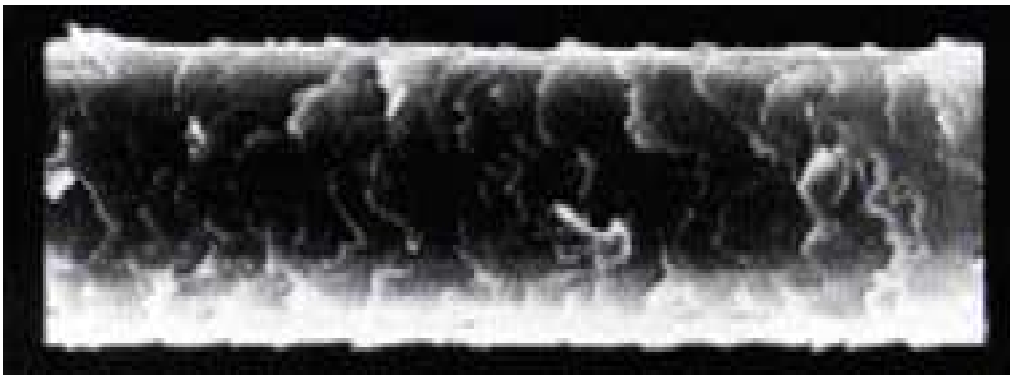
1- Paslanmaz çelik tel
2- Alüminyum ve magnezyum tel,
3- Demir tel,
4- Bakır ve diğer metal teller diye sınıflandırmak mümkündür [23].

Metal ipliğinde kullanılan metal filament (İnox ®), bileşimlerinde en az %11 krom içeren bir çelik türüdür. Bu çeliklerin yüksek korozyon dayanımını sağlayan asıl unsur; yüzeye kuvvetle tutunmuş, yoğun, sünek, çok ince ve saydam bir oksit tabakasının varlığıdır. Çok ince olan bu amorf tabaka sayesinde paslanmaz çelikler, kimyasal reaksiyonlarda pasif davranarak korozyona karşı dayanım kazanırlar. Söz konusu oksit tabakası, oksijen bulunan ortamlarda oluşur ve dış etkilerle (kesme, aşınma, talaşlı imalat, vb.) bozulsa dahi kendini onararak eski özelliğine tekrar kavuşur [24].

Genel olarak çelikler EN 10088/1995'e göre beş ana grupta toplanır;

- Ferritik,
- Martenzitik,
- Ostenitik,
- Ferritik-Ostenitik (Dubleks) alaşımlar
- Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar.

Ferritik paslanmaz çelikler düşük karbonlu olup %12-18 krom içerirken ostenitik paslanmaz çelikler temel olarak %18 krom ve %8 nikel içerirler. Ferritik paslanmaz çelikler alaşımında nikel içermediğinden mıknatıslanabilir. Tekstil amaçlı paslanmaz çelikler bünyelerinde en az mutlaka %10 oranında nikel içermelidir. Ostenitik Gruptan 316L kalite ipliklerde Nikel oranı %11 olup tekstil için en ideal kalite ipliklerdir [24]. Şekil 2.6' da 316 L tipi metal telinin mikroskop altındaki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 2.6. 316 L metal telinin mikroskobik görüntüsü [25].

2.5.2. Metal Liflerin Tekstilde Kullanımı

Metalik liflerin dekoratif kullanımı çok eski çağlara kadar dayanır. Örneğin, persler, halılarda karmaşık ve ilginç desenler yaratmak için metal iplikler kullanmıştır. Antik mısır'da kumaşları ve tören kostümlerini, altın ipliklerle dokumuşlardır.

O dönemlerde hem hammaddeyi inceltme problemi, hem de hammaddenin işlenmesi sırasındaki yüksek maliyet ve elde edilen metal telin tekstilde istenen tutum özelliğini ve esnekliği verememesi tekstilde kullanım için bir sınırlama getiriyordu.

Eski çağlardan bu zamana bilim ve teknolojinin giderek genişlemesi ve gelişmesi ile metalin işlenmesi ve değişik yapıda metal alaşımları yapılması kolaylaşmış, bu sayede daha ucuz maliyetle daha seri bir üretim yapılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda işlenecek metalin çok daha ince seviyelere getirilmesi sağlanmıştır. İnce ve esnek metal liflerinin üretilmesiyle metal içerikli ipliklerin üretilmesi mümkün olmuştur.

Metal içerikli iplikler modaya yönelik değişik yapıda yeni ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 2.7' de metal içerikli iplikler kullanılarak modaya yönelik üretilmiş giysi örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.7. Metal içerikli ipliklerden üretilmiş modaya yönelik giysi örnekleri [26].

Metal iplikler günümüzde elektromanyetik radyasyondan korunma ve statik elektriklenmenin önlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

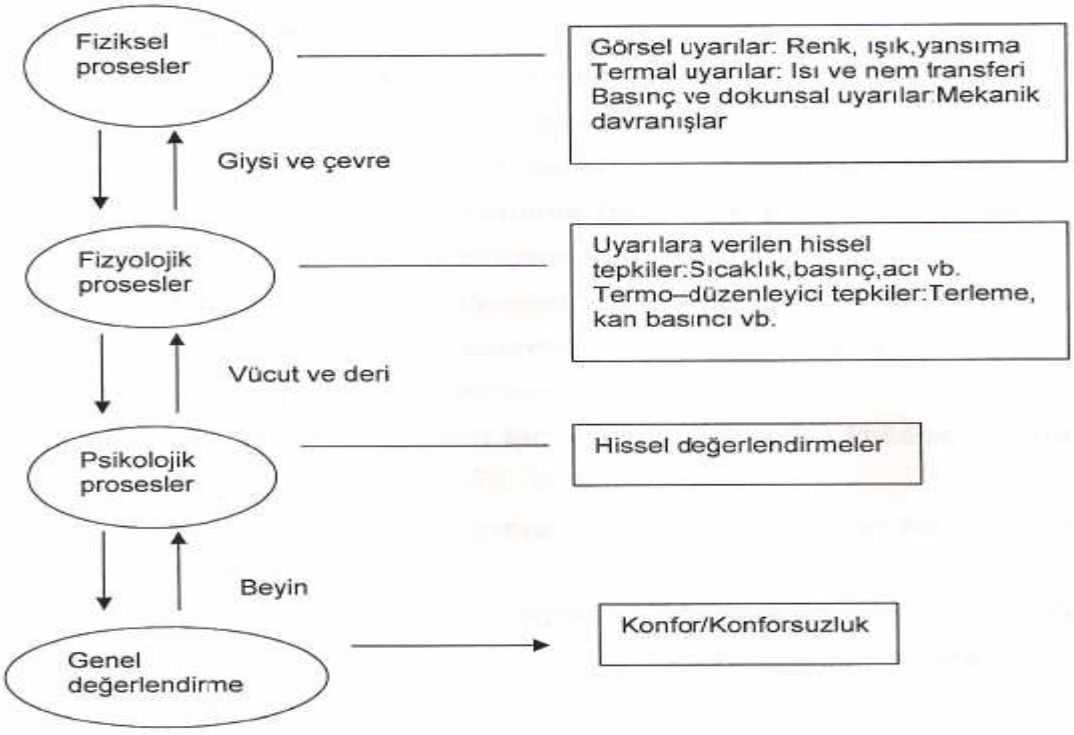
2.6. Kumaş ve Giysilerde Konfor Kavramı

Günümüzde giysilerin kullanıcıların kişilik, görünüş ve statüleriyle uyumlu olmaları arzu edilmekte; fiziksel, sosyal ve psikolojik beklentileri karşılaması istenmektedir. Tüketicilerin bu beklentileri konfor kavramını ortaya çıkarmış ve bunları karşılamaya yönelik çalışmalar konfor araştırmalarına yön vermiştir [27].

Birçok araştırmacı konforu nötr bir his olarak tanımlar. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, ışık gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyine iletilmemiş olması gerekir. Giysilerimiz veya psikolojik

durumumuza bağlı olarak bu faktörlerden herhangi birine hissedilen rahatsızlık duygusu konforu ortadan kaldıracaktır [28]. 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 [29].

Sarkar'a [30] göre konfor sadece bireysel tanımlanabilen, subjektif bir kavramdır. Ayrıca konfor durumuna fiziksel, fizyolojik ve psikolojik birçok faktörün tatminkar harmonisi ile ulaşılabilir, Li' de konforu fiziksel, psikolojik, ve fizyolojik birçok faktörün etkili olduğu, bu sebeple tanımı zor, karmaşık bir konu olarak tanımlamıştır [29]. Bu faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil 2.8' de görülmektedir. Şemaya göre fiziksel faktörler duyu organlarına gerekli uyarıları sağlamaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle beyine gönderilmekte ayrıca terleme, nabız değişikliği gibi vücut tepkilerine yol açmaktadır. Beyin, aldığı sinyalleri çeşitli sübjektif algıları tanımlamak için kullanmakta ve eski tecrübeler ve psikolojik beklentilerle karşılaştırarak bir genel değerlendirme yapmaktadır.



Şekil 2.8. Konfor değerlendirme şeması [29].

Hollies ve Fourt'in [31] incelemelerinde konfor, ısıl (termal) ve ısıl olmayan bileşenleri (yüzey karakteri, mekanik bitim işlemleri, dökümlülük, dikilebilirlik, elektrostatik özellikler vb.) içeren, kullanıcının durumu (çalışma durumu, çeşitli aktiviteler vb.) ve çevresel şartlara bağlı bir durum olarak görülmektedir. İnsan vücudunun belli giysi ve çevresel şartlara karşı verdiği fizyolojik tepkiler konforun tanımlanması için kullanılabilir. Bu tanımlamanın yapılması için ortamın durgun hale ulaşması gerekir. Bu da termal direnç, giysinin nem direnci, ortamın klima şartları ve kullanıcının aktivite düzeyi gibi faktörlerin ölçülmesiyle hesaplanır [27].

Tüm bu tanımlamalarda bir kaç önemli kısım vardır. Bunlar;

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

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

2.6.1. Konforun Sınıflandırılması

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır [29]:

- Giysi içerisinden ısı ve nem iletimi gibi giysi ve çevre arasındaki fiziksel prosesler; giysi ve vücut arasındaki mekanik etkileşimler, giysinin ışığı absorblaması ve yansıtması gibi vücuda sinyaller sağlayan fiziksel prosesler.

- Vücuttaki termal denge, giysi ve çevreye olan dinamik etkileşimler ve termoregüler tepkiler gibi fizyolojik prosesler.

- Vücudun giysi ve çevresiyle etkileşimlerinden doğan sinyalleri ve bu sinyallerin cilt, göz ve diğer organlar tarafından alındığı mekanizmalar olan nörofizyolojik prosesler.

- Yukarıda bahsedilen sinyallerden dolayı beyinde meydana gelen hisler ve bu hislerin geçmiş tecrübe ve isteklere göre değerlendirilerek ortaya çıkan subjektif kabuller olan psikolojik prosesler.

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

2.6.1.1. Psikolojik Konfor

Konforda psikoloji kavramı, duyu organları ile alınan çevresel uyarıların geçmiş tecrübe ve beklentilerle karşılaştırılarak algıya dönüştürülmesi ve bunların sosyal hayat içerisinde çeşitli şekillerde ifade edilmesini kapsar. Bir başka ifadeyle, aklın dış uyarıcıların etkisi altındayken güvenli şekilde çalışma arayışıdır. Giysilerde psikolojik konfor, kullanıcının beklenti ve duygularının kumaş veya giysi tarafından ne kadar karşılandığının bir ifadesidir. Giysi, vücut ile temas ettiğinde neler hissettirir, neler çağrıştırır, göze nasıl görünür sorularıyla ilgilenir. Moda, güzel görünüm (estetik, vücuda uyum, renk), temiz kalma, yıkama sonrası şekil muhafazası gibi giysi özelliklerinden etkilenir. Modaya uygun ve estetik açıdan cazip giysiler, kullanıcının toplum içinde fark edilme güdüsünü tatmin edecek psikolojik rahatlamayı sağlar. Kullanıcı, giydiği giysinin kendisi veya bulunduğu ortam için uygun olmadığını düşündüğünde ise psikolojik konforsuzluk hisseder. Günlük giysilerin alımında psikolojik konfor olgusu daha baskın olabilmektedir [19, 31, 32, 33, 34].

Psikolojik olarak insan, deri sıcaklığı 33 ile 35^0C arasında olduğu ve deri üzerinde terin birikmediği durumda kendisini konforlu ve rahat hisseder [35].

Psikolojik konforun değerlendirilmesinde kullanıcıların yorumları önemli yer tutar. Ancak bunların objektif yollarla ölçülmesi zordur. Aynı şartlar altında yapılan subjektif ve objektif ölçümlerin karşılaştırılabilir, tartışılabilir olması ile değerlendirme yapmak mümkündür; bununla birlikte kullanıcıların sübjektif yorumlarının ölçülebileceği fiziksel cihazlar yoktur. Bu nedenle objektif değerlendirme yapmanın en yaygın tekniği, kullanıcılara basit değerlendirmelerinin sorulduğu ve yanıtların aktarıldığı psikolojik skala kullanılmasıdır. Bu yöntemde kullanıcılar, giysi hakkındaki fikirlerini skalayı oluşturan belirli terimlerle değerlendirir, değerlendirmelerinin sayısal karşılığı işaretlenir ve bu değerlendirmelerin kumaş özellikleriyle ne ölçüde ilişkili olduğu veya olmadığı incelenir [29, 32].

Psikolojik konfor değerlendirilmesinde şu sıra izlenir [27]:

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

Giysilerin termal, nem, tutum ve estetik özellikleriyle ilgili psikolojik konfor ölçümleri yapılan birçok çalışma mevcuttur. Hollies [19], aşırı terleme anında ve terlemeye başlandıktan sonra hissedilen üşüme esnasında algılanan konfor hissinin ifade edilebildiği ortak terimleri ortaya koymuştur. Kawabata ve Niwa [36], primer tutum ifadelerini tespit ederek kumaş tutumunun objektif ölçümü üzerine çalışmışlardır.

Li , yazlık, kışlık ve spor giyime yönelik toplam 465 kumaşın konfor değerlendirmesini üç ayrı ülkede (İngiltere, Çin ve A.B.D.), yirmi altı terim kullandırarak yaptırmıştır. Varyans analizi sonucunda, Çin ve İngiltere'deki kullanıcıların yazlık giysilik kumaşların konfor değerlendirmesinde anlamlı farklılıklar ortaya çıkarken, kışlık ve spor giysilere yönelik değerlendirmeleri arasında fark görülmemiştir [29].

Schneider ve ark. [37], 20 deneğin (10 erkek - 10 kadın) farklı lif tiplerinden üretilen kumaşların serin temas hissini kontrollü laboratuar ortamında değerlendirdikleri

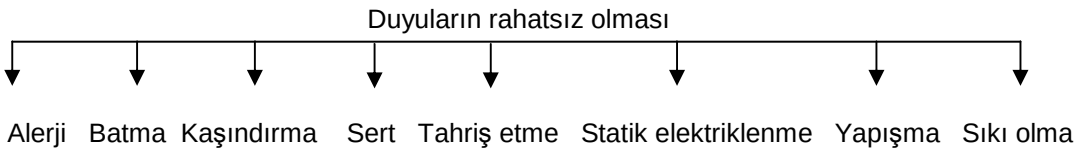
çalışmalarında, algılanan serinlik hissinin kumaşın içerdiği lifin nem sorbsiyonu özelliği ile ilişkili olduğunu, dokuma kumaş yapısının örme kumaş yapısına göre daha serin hissi verdiğini ve ortam bağıl nemi arttıkça algılanan serinlik hissinin de arttığını bulmuşlardır.

2.6.1.2. Fiziksel Konfor

Fiziksel konfor, vücudun tekstil yüzeyi ile direkt teması anında duyulan hislerin (vücutla mekanik temas) bir sonucudur. Bu temas sonucu hissedilen kumaşın yumuşaklığı, sağladığı hareket serbestliği ve ıslak kumaşın neden olduğu batma, kaşıntı ve yapışma gibi giysi konforunu negatif yönde etkileyen faktörleri içerir. Bu hisleri belirleyen kumaş özellikleri ise yüzey pürüzsüzlüğü, ağırlık, yumuşaklık, yoğunluk ve rijitlik olarak sıralanabilir [28, 34].

Slater, fiziksel konforu giysi şartlarının insan vücuduna olan etkileriyle ilişkilendirmiştir. Bir tekstil ürünün hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, fiziksel olarak konfordan söz edilebilir [29].

Kumaş yapısı ve giysi dizaynı, giysinin fiziksel konforu için çok önemlidir. Çünkü bunların deriye sürtünme, sıkı oturma, kaşındırma ve batma gibi etkileri vardır. Bu etkiler (fiziksel konforsuzluk), deriyle temas anında açığa çıkan hislerden veya giysinin vücuda oturmaması, şekil uygunsuzluğundan kaynaklanabilir [31, 38]. Şekil 2.9' da, fiziksel konforsuzluk haline ait durumlar örneklenmiştir.



Şekil 2.9. Fiziksel olarak konforlu olmama [38].

Fiziksel konfor değerlendirmeleri üzerine yapılan Gamsworthy ve ark., Willis ve Li'nin araştırmaları, giysi kaynaklı kaşıntı hissinin batma hissi ile ilişkili olduğunu, bu

konforsuzluk halinin de lif çapı, kumaş kalınlığı ve kumaş yüzey pürüzlülüğü ile yüksek korelasyon sergilediğini göstermiştir [29].

Mehrtens ve McAllister'in örme spor giysilik ürünler üzerine yaptığı çalışmada, sübjektif olarak en konforlu nitelendirilen giysilerin düşük eğilme rijitliği ve düşük sürtünme özelliği olan liflerden üretilenler olduğu görülmüştür. Yine bu çalışmada, yumuşaklık değerlendirmesi üzerine lif boyutunun lif tipinden daha etkili olduğu bulunmuştur [19].

Düzgünsüz ve gıcırtılı kumaş, fiziksel konforsuzluk durumuna sebep olan önemli duyusal özelliklerdendir. Kumaş ve deri arasındaki sürtünme ve deriyi zorlayan mekanik etkileşim, giysi pürüzsüzlüğü, düzgünsüzlüğü ve gıcırtılı olma halini belirlemektedir. Deri ve kumaş arasındaki sürtünme, pürüzsüz yüzeyli bir kumaşta daha azdır. Derideki nem miktarı arttıkça, oluşan yapışma etkisi sebebiyle sürtünme ve deri üzerine etkiyen kuvvet artmaktadır; dolayısıyla düşük nem düzeyinde konforlu olarak hissedilen giysi, nem düzeyi arttıkça (terleme) konforsuz olarak nitelendirilebilir [29]. Hollies, pamuklu gömleklik kumaşlar üzerine yaptığı çalışmasında, nemli kumaşların deri ile temasının fazla olmadığı durumlarda konforlu algılandığını göstermiştir [19].

2.6.1.3. Fizyolojik / Termofizyolojik / Termal Konfor

Fizyolojik veya termal konfor, ISO 7730 1994'e göre termal çevre ile tatminkar uyumlu olma hali olarak tanımlanmıştır. Slater'in tanımına göre en geniş haliyle insan vücudunun hayatını sürdürebilme yeteneğidir. Li de, tekstil kumaşlarının ısı ve nem iletimi özelliklerinin kullanılarak, konforu termal ve nemli hali elde etme durumu olarak tanımlamıştır [29].

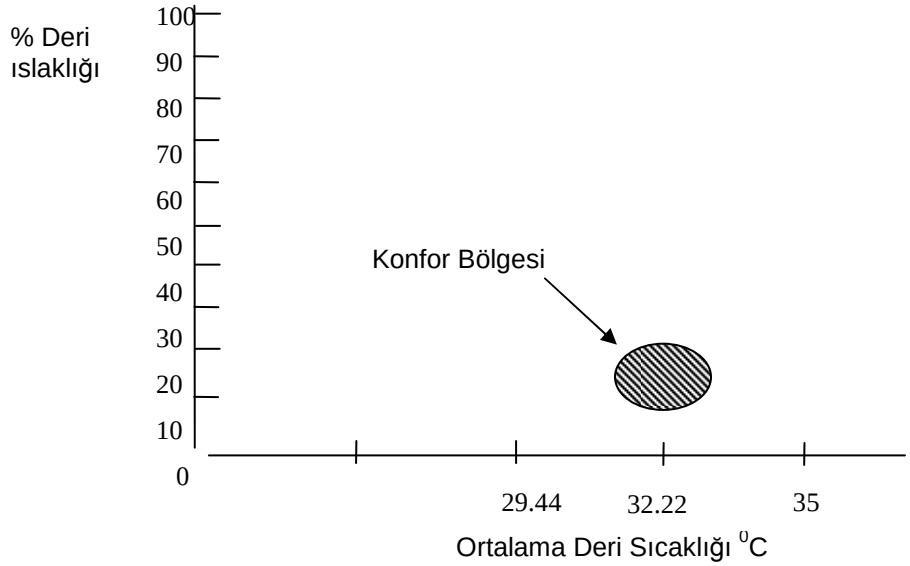
Bu kavram, giysiyi oluşturan kumaşın ısı ve nem geçirgenlik özellikleri ile farklı aktiviteler sırasında kumaşın termal dengesinin sağlanmasındaki rolünü içerir. Çevre şartları, aktivite düzeyi ve giysiyi oluşturan kumaşın özelliklerine bağlıdır [28].

Grabowska [34], fizyolojik konforu insan vücudu ile çevre arasındaki termal enerji dengesinin kurulmasıyla ilişkilendirmiştir; fizyolojik konfor, hava geçirgenliği, termal

izolasyon, buhar geçirgenliği, nem sorbsiyonu, nem iletimi gibi kumaş özelliklerinden etkilenmektedir.

Geraldes ve ark. [33], hareketsiz iken termofizyolojik açıdan konforlu hissedebilmek için deri sıcaklığının 31.5^0C ve 32.5^0C arasında olması ve derinin hemen üzerindeki havanın bağıl nem değerinin %60'dan fazla olmaması gerektiğini; çalışma halindeyken ise, bağıl nem %70'i aşmaz ve deri sıcaklığı 33.5^0C ve 34.5^0C arasında tutulursa konfor halinin süreceğini ifade etmişlerdir. Ukponmwan'a [39] göre deri sıcaklığı 33^0C ve 35^0C arasında olduğu ve deri üzerinde ter birikmediği durumda fizyolojik olarak konforlu hissedilir. Hardy ve ark.'nın [40] hazırladığı ve deri ıslaklığı ile deri sıcaklığına göre konfor bölgesini gösteren diyagram ise Şekil 2.10' da görülmektedir.

Deri sıcaklığı 33.4^0C olduğunda konfor hissinin en fazla olduğu düşünülmektedir. Vücudun herhangi bir kısmındaki deri sıcaklığı bu ideal sıcaklıktan 1.5-3 ^{0}C kadar bir aralıkta farklılaşma gösterdiğinde konfor hissi devam eder. Eğer fark $\pm 4.5^0$C'den fazla olursa insan vücudu konforsuzluk hisseder. Ayrıca, deri sıcaklığının 36.5^0C'ye göre 1.5^0C'lik artışı ya da düşüşü hayati tehlike yaratabilir. Hipotermi, deri sıcaklığının 35^0C'nin altına düşmesiyle meydana gelebilir. Sabit deri sıcaklığı, gövde için yaklaşık 34-36.5^0C, eller ve ayaklar için 25.5-27.5^0C, kollar ve bacaklar için 27-30^0C olarak ifade edilebilir [41].



Şekil 2.10. Fizyolojik konfor diyagramı [40].

Deri sıcaklığının, dolayısıyla termofizyolojik konforun belirlenmesindeki baskın faktör çevre sıcaklığıdır. Çevre sıcaklığı, standart kuru termometre ile ölçülen (kuru termometre sıcaklığı) değeridir [28, 41].

Konfor üzerine yapılan çeşitli araştırmalar, toplam konfor üzerine termal ve fiziksel konforun etkisini Eşitlik (2.6)' deki gibi göstermiştir [27, 33]:

$$K_{toplam} = \frac{1}{3} K_{fiziksel} + \frac{2}{3} K_{termal} \quad (2.6)$$

K_{toplam} = Toplam konfor

$K_{fiziksel}$ = Fiziksel konfor

K_{termal} = Termal konfor

Eşitlik (2.6)' de verildiği üzere termal / termofizyolojik konfor, toplam konfor algısını belirleyen esas fonksiyondur [33].

2.6.2. Termal Konforla İlgili Kumaş ve Giysi Özellikleri

Termal konfor iki önemli faktörle karakterize edilmektedir:

- Isı transferi
- Kütle transferi

Isı transferi, insan vücudunun termal dengesinin sağlanması için ilgili giysi faaliyetlerini içerirken kütle transferi hava ve suyun giysi/kumaş içinden taşınabilmesiyle ilgilenir. Suyun taşınabilmesi ise sıvı suyun ve su buharının iletimini kapsamaktadır [27].

2.6.2.1. Kumaş ve Giysilerde Isı Transferi Mekanizmaları

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

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

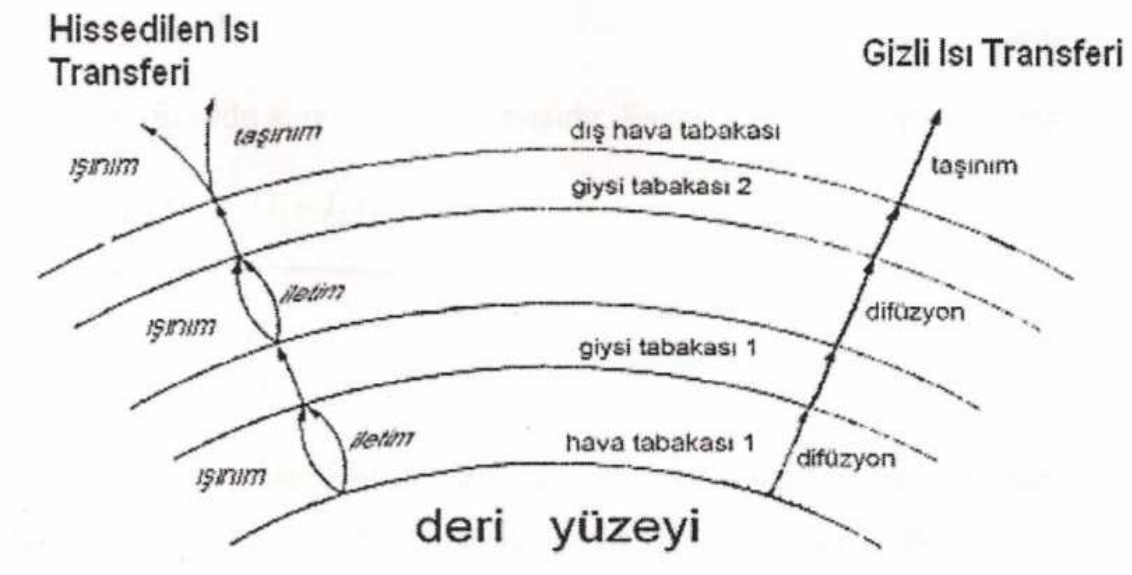
1. **İletim (kondüksiyon):** Katı cisimlerde en yaygın görülen mekanizmadır. Katı cisimlerde ısı iletimi, hızla hareket eden ya da titreşen, sıcak atom ve moleküllerin enerjilerini (ısılarını) temas halindeki komşu atom ve moleküllere aktarmasıdır.

2. **Taşınım (konveksiyon):** Genellikle sıvı ve gazlardaki yaygın mekanizmadır. Gaz veya sıvı akışkanlarda moleküllerin makroskobik hareketi sonucunda meydana gelir. Isı akışının doğal yollarda meydana geldiği duruma doğal taşınım, fan, pervane vb. cihazlarla ısı akışı meydana gelmesine zorlanmış taşınım denir.

3. **Işınım (radyasyon):** Malzeme içindeki atomların ve moleküllerin hareketlerinin bir sonucudur. Çünkü yüklü parçacıklar ihtiva eden atom ve moleküllerin hareketi elektromanyetik emisyona sebep olur ve bu emisyon malzeme yüzeyinden enerji taşır. Elektromanyetik emisyonun miktarı yüzey sıcaklığı arttıkça artar. Işınım, vakumda görülebilecek tek ısı transfer mekanizmasıdır.

4. **Yoğuşma:** En az görülen mekanizmadır. Buhar halindeki sıvı, soğuk bir yüzeye temas ettiğinde yoğuşur ve çevreye ısı salınır. Buna benzer faz değişimleriyle ısının transfer edilmesi gizli(buharlaşma) ısı transferi olarak da adlandırılabilir [42].

Isı, giysi içinden taşınım (konveksiyon), ışınım (radyasyon), iletim (kondüksiyon) ve terleme yoluyla (buharlaşma) uzaklaşabilir (Şekil 2.11). Düşük aktivite şartlarında deri yüzeyinden ısı kaybının %75'i taşınım, ışınım ve iletimle gerçekleşir [43]. Giysi, oluşan ısının, terin uzaklaşmasına izin verecek şekilde olmalıdır.



Şekil 2.11. Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı [44].

Şekil 2.11' de görülen kuru ısı transferi (hissedilen ısı transferi), sıcaklık farklılığıyla ısı değişimlerinin değerlendirilmesidir. Kuru ısı transferi, lifler ve hava içinden gerçekleşen iletim, liften life ve liften havaya olan ışınım ve giysiden dış hava tabakasına gerçekleşen taşınımı içerir. Diğer yandan çevreden gelen ışınım ısısı da giysi tarafından absorbe edilmektedir. Tekstil kumaşlarında taşınımla gerçekleşen ısı transferinin payı son derece azdır. Işınımla ısı transferinin payı ise %10-30 arasındadır. Gizli (buharlaşma) ısı transferi ise buhar basıncı ya da su buharı konsantrasyon farklılığıyla vücuttaki toplam enerji değişimidir. Su buharının hareketi de konsantrasyondaki azalma doğrultusundadır [19, 34, 39, 45].

2.6.2.2. Kumaş ve Giysilerde Termal İletkenlik

Termal iletkenlik, bir materyalden, birim kalınlıkta, 1ºK sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir [46].

Lifin termal iletkenliği ne kadar fazlaysa kumaşın termal iletkenliği de o denli yüksek olacaktır. Tekstil liflerinin termal iletkenliği, genel olarak nem içeriği arttıkça yükselir [47].

Nem içeriği yanında bir lifin dolayısıyla kumaşın termal iletkenliğini belirleyen başka faktörler de vardır. Pac ve ark. [48], vücuttan giysiye olan ısı iletimini moleküler etkileşimlerden dolayı termal enerjinin transferi şeklinde tanımlamışlardır. Buna göre tekstil kumaşının termal iletkenliği yüksekse iletilen ısı miktarı, dolayısıyla vücuttan transfer edilen ve giysi tarafından absorbe edilen termal enerji miktarı fazla olacaktır. Pac ve ark.'nın iki farklı pamuk tipinden (Pima ve Kaba S) ve iki farklı iplik yapısından (tek kat ve çift kat) üretilen farklı ilmek uzunluklarındaki kumaşların absorbe ettikleri termal enerji miktarını Joule cinsinden ölçtükleri çalışmalarında, yüzey pürüzlülüğünün düşük olduğu kumaşlarda (kısa ilmek, iki katlı iplik, daha uzun lif uzunluğu ve daha iyi düzgünsüzlük değerine sahip lif yapısı) absorbe edilen enerjinin fazla olduğu; bu kumaşların daha yüksek termal iletkenlik sergilediği bulunmuştur. Tablo 2.1' de çeşitli tekstil liflerinin termal iletkenlik değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri [43, 47].

Lif tipi	**Termal iletkenlik (W/mK)**
Hava	0.026
Polipropilen	0.117
Poliüretan	0.126
Aramid	0.130
Polyester	0.141
Polivinilklorid	0.167
Yün	0.193
Poliakrilonitril	0.200
Poliamid 6, 6.6	0.250
Viskoz rayon	0.289
Pamuk	0.461
Su	0.600

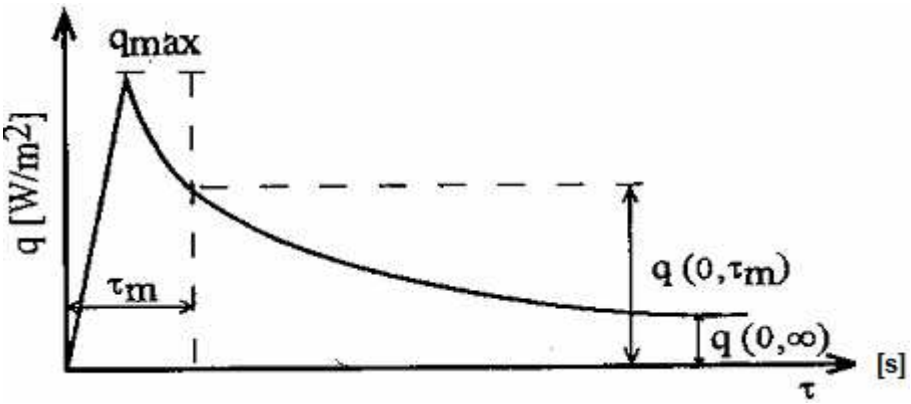
Schacher ve ark. [49], klasik ve mikro lif polyester kumaşların termal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında klasik polyester kumaşların daha yüksek termal iletkenlik sergilediğini bulmuştur. Bu durumun, iki polyester lif tipi arasındaki gözeneklilik farkından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Yine, Li ve ark. [50]' nın pamuk ve polyester kumaşlarla yaptıkları çalışmalarında kumaş kalınlığı ve gözenekliliğin kumaşların ısı iletim özelliklerini etkilediği görülmüştür.

Satsumoto ve ark. [51], giysilerdeki açıklıklar ve hava boşluklarının boyutu gibi giysi konstrüksiyonu faktörlerinin ısı transferine etkisini belirlemek için %100 pamuklu kumaşın termal iletkenliğini dikey sıcak levha ve termal manken metotlarıyla ölçmüşlerdir. Bu iki metotta da amaç, insan vücudunun giyinik halini taklit etmektir. Dikey sıcak levha metodunda insan vücudunu simule eden malzeme 100 W/m^2 'lik sabit ısı akışı sağlayan sıcak bir lastik levhadır. Lastik levha yüzeyine, içinde ısı akış ölçer bulunan polimetilmetakrilat (PMMA) levha tutturulmuştur. PMMA levha ile arasında belirli bir kalınlıkta hava tabakası bulunacak şekilde yerleştirilmiş ölçüm kumaşı ise en dıştadır. Termal manken ise, insan gövdesinin üst kısmı şeklinde alüminyum bir bloktur ve ölçüm kumaşı arada bir hava tabakası olacak şekilde mankene giydirilmiştir. Her iki metotta, giysilerdeki açıklıların etkisini belirlemek için kumaş ile ısı kaynağı yüzey (lastik levha / termal manken) arasındaki hava boşluğu kademeli olarak arttırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, vücut ile giysi arasındaki hava tabakası vücut sıcaklığı ile ısındıkça, iletimle gerçekleşen ısı transferi miktarının azaldığı ve taşınımla iletilen ısı miktarının arttığı bulunmuştur. Ölçülen iletimle ısı transfer katsayıları, hava tabakasının kalınlığı arttıkça ve giysi açıklıkları çoğaldıkça azalmıştır. Bu çalışmaya göre, dikey sıcak levha metodu daha hassas sonuçlar vermektedir çünkü giyinme halini simule eden durumlarda hava boşluğunun boyutunu kontrol etmek bu metotla daha kolaydır.

Hes ve ark. [52], kumaş ile insan vücudunun teması sonrasında gerçekleşen tipik ısı transferi eğrisini Şekil 2.12' deki gibi tanımlamışlardır. Kumaştan insan vücuduna doğru olan ısı akış oranı; temasın ilk saniyelerinde oldukça yüksektir; bir süre sonra azalır ve durağan bir hale kavuşur. Kumaşın termal iletkenliği, ısı akışının durağan haldeki değeri $q(0,\infty)$ (W/m^2) kullanılarak Eşitlik (2.7) ile belirlenebilmektedir [45, 52]:

$$q(0,\infty) = \frac{\lambda}{h}(T_1 - T_0) \qquad (2.7)$$

Burada λ ısı iletkenlik katsayısı (W/mK), h kumaş kalınlığı (mm) ve (T_1-T_0) sıcaklık farkı (K) dır.



Şekil 2.12. Kumaş / insan vücudu arasındaki ısı akış eğrisi [45, 52].

2.6.2.3. Kumaş ve Giysilerde Termal Direnç

Çoğu kıyafet tasarımında göz önüne alınan en önemli termal parametre ise, kumaşların ısı transferine olan dirençleri yani termal dirençleridir. Kumaş ve giysinin birim alanının termal direnci ise termal yalıtım olarak nitelendirilir, bu nedenle malzemelerin termal yalıtım (izolasyon) özelliğinin ölçümü özellikle termal direncinin belirlenmesi ile mümkündür. Bunun yanında giysilerin termal yalıtım özeliklerine kalınlık, termal iletkenlik, hava geçirgenliği gibi fiziksel faktörler yanında tasarım, kesim, dökümlülük, kullanım şekli gibi yapısal faktörler de etkilidir [39, 42, 51].

Bir tekstil malzemesinin termal direnci, malzemenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkının, birim alandan gerçekleşen ısı akışına oranı olarak tanımlanır [43]. Malzemenin herhangi bir noktasındaki ısı akışının büyüklüğü, termal dirençle ters orantılıdır yani direnç ne kadar fazla ise ısı transferi o denli azdır [27].

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

Tog, tekstil malzemesinin iki yüzü arasındaki ^{0}C cinsinden sıcaklık farkının ısı akışına oranının 1/10'udur. Bu ifade, Eşitlik (2.8)' deki gibi ifade edilebilir:

$$1 \text{ tog} = 0.1\ ^0\text{C m}^2\ \text{W}^{-1} \qquad (2.8)$$

Clo, 21^{0}C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 0.1 m/s 'lik hava hareketi olan bir odada dinlenme durumundaki (1 met'lik ısı üreten) bir kişinin konforlu kalabilmesi için

giysinin sahip olması gereken termal direncidir. 1 clo, 1.55 tog'a yani 0.155 $^{0}C\ m^{2}\ W^{-1}$ 'e eşittir. Giyim esnasında giysi katına daima bir hava tabakası eşlik ettiğinden, iç ortamda hava tabakasından kaynaklanan 0.8 clo'luk direnç değeri de toplam yalıtıma eklenmelidir.

Lif tipi, örgü ve diğer yapısal özelliklerinden bağımsız olarak tüm konvensiyonel kumaş tipleri için 1.6 clo/cm veya 4 clo/inç termal yalıtım değeri verilebilir [53].

Morris (1953), aynı kalınlıktaki iki kumaş arasında düşük yoğunlukta olanın daha iyi termal yalıtıma sahip olacağını; ancak kritik bir yoğunluk değerinin (0.06 g/cm^3 civarı) altında taşınımla ısı transferinin etkisini arttıracağını ve termal yalıtımın kötüleşeceğini ifade etmiştir. Yine Morris'e göre kumaşların termal direnç ve gramajları arasında belirli bir ilişki yoktur ama gramajdaki artış kumaşların yalıtım özelliğinde zayıf ta olsa bir iyileşmeye sebep olmaktadır [39].

Kumaş gibi gözenekli malzemelerde boşluğu dolduran akışkanın termal iletkenliği, yalıtımı belirleyen önemli bir unsurdur. Bu akışkan hava ise, havanın çok düşük ısı iletim özelliği nedeniyle iyi bir yalıtım efekti elde edilir. Eğer boşluklar yüksek bir termal iletkenlik katsayısına sahip su ile doldurulursa malzemenin termal yalıtımı kötüleşecektir. Boşluğun lifler tarafından doldurulması taşınımla ısı kaybını daha da azaltarak termal yalıtımı iyileştirir. Çok düşük bir lif yoğunluğundan başlayarak yoğunluk gittikçe arttırılırsa termal yalıtım da bir maksimum değere kadar artar ve bu değerden sonra arttan yoğunlukla birlikte azalmaya başlar [39, 54].

Birden çok kumaşın kombinasyonundan oluşan bir giysi sisteminde toplam termal direnç Eşitlik (2.9) ile hesaplanabilir [52]:

$$R_t = \frac{h_t}{\lambda}\ (m^2K/W) \qquad (2.9)$$

Eşitlik (2.9)'de h_t giysi sisteminin toplam kalınlığıdır.

Holcombe ve Hoschke'nin [43] iç giyim kullanımına uygun kumaşların termal direnç ve kalınlıkları arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada, düşük yoğunluklu kumaş yapılarının termal direncinin özellikle kumaş kalınlığı ile belirlendiği, lif tipi ve kumaş

konstrüksiyonu gibi parametrelerin az ama ayırt edici etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan 31 farklı örme kumaş numunelerinin BS 4745'e göre ölçülen termal direnç değerleri ile kalınlıkları arasında korelasyon katsayısı 0.976 olarak bulunmuştur.

2.6.2.4. Kumaş ve Giysilerde Termal Temas Hissi (Soğurganlık)

İnsan vücudunun giysi ve kumaşlarla dinamik temas halinde olmasından dolayı durağan halde yapılan termal iletkenlik ve termal direnç gibi ölçümler, termal konforu belirlemekte yetersiz kalır. Vücut ile giysi arasındaki dinamik veya geçici termal temas, gerçek kullanım koşullarını tanımlar [27].

Tekstil kumaşı vücutla temas ettiğinde, vücuttan genellikle daha düşük sıcaklıkta olan kumaşa doğru denge hali oluşuncaya kadar ısı akışı olur ve bu akış deri sıcaklığını düşürür. Isı akışına bağlı olarak derideki termoreseptörlerin algıladığı sıcaklık değişimi oranı veya toplam sıcaklık değişimi "sıcak" ya da "soğuk" termal temas hissi uyandırır. Isı akışı ne kadar fazla olursa hissedilen his o kadar "soğuk"tur. Bu his, kullanıcının kumaş ile ilk teması anında edindiği izlenimi ve tüketici tercihini belirlemesi yanında, günümüzde kumaşların düşük mekanik zorlamalar altındaki davranışları ile beraber tutum değerlendirmesinde kullanılmaya başlanması açısından oldukça önemlidir [39, 55].

Giysilerin verdiği sıcak ya da soğuk hissinin hangisinin daha iyi olduğu, kullanıcı beklentilerine bağlıdır. Sıcak iklim bölgelerinde soğuk hissi veren giysiler (örneğin pamuklu), Kuzey Avrupa gibi soğuk bölgelerde ise sıcak hissi veren giysiler (örneğin polyester/yün karışımlı) tercih edilir [56].

Giysi ve kumaşların termal temas hissini değerlendirmek, yüzey sıcaklığını belirlemek değil temas anında deri sıcaklığındaki azalmanın oranını veya miktarını ifade etmek demektir. Bu hissi belirleyen en önemli özellik kumaş yüzey yapısıdır. Çünkü yüzey yapısı, vücut ile kumaş arasındaki temas alanını belirlemektedir. Vücutla tekstil malzemesi arasındaki düşük temas alanı, deri sıcaklığının değişimi oranının yavaşlamasına neden olur. Diğer etkenler kumaş yoğunluğu, lifin nem içeriği ve spesifik ısısıdır. Bu konudaki bir diğer yaklaşım, vücutla kumaş arasındaki temas

katsayısını belirlemek olmuştur. Temas katsayısı, kumaşın termal iletkenliği ve termal kapasitesinin çarpımının karekökü ile orantılıdır. Kumaşın termal kapasitesi de kumaş yoğunluğu ile lifin spesifik ısısının çarpımı ile orantılıdır. Dolayısıyla termal iletkenlik, kumaş yoğunluğu ve spesifik ısı termal teması belirleyen faktörler olmaktadır ve bu üç faktör ne kadar yüksekse temas esnasında vücuttan kumaşa doğru olan ısı akışı o denli fazladır ve kumaş daha soğuk hissi verir [27].

Sıcak-soğuk hissi, sayısal olarak Yoneda ve Kawabata [57] tarafından incelenmiştir. Bu amaçla termal temasın objektif olarak değerlendirildiği "Thermo-Labo" cihazını geliştirmişlerdir. Thermo-Labo, kumaşların içinden gerçekleşen enerji dağılımını (ısı ve nem akış oranı) kullanarak sıcak-soğuk hislerini karşılaştırır. Yoneda ve Kawabata, bu geçici termal karakteristiğin bir ifadesi olarak "maksimum temas ısı akışı - q_{max} (W / m^2)" değerini türetmişlerdir. q_{max}; temas süresine bağlı olarak önce artan sonra durağan/sabit hale gelen ısı akışının, maksimum olduğu bölgeyi incelemektedir. Bir kumaşın maksimum temas ısı akış değeri, ne kadar kısa sürede ne kadar yükseğe ulaşırsa, kumaş o denli soğuk hissi verir.

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

Termal absorbtivite; aralarında sıcaklık farkı bulunan ve sonsuz termal kapasiteye sahip olduğu kabul edilen insan vücudu ile sınırlı termal kapasiteye sahip kumaş arasında, kısa süreli temas anında meydana gelen ısı akışı olarak tanımlanır. Isı akışı yüksek ise kullanıcının algıladığı temas hissi soğuk olacaktır [55, 56, 58].

T_1 sıcaklığına sahip insan vücudu ile T_2 sıcaklığına ve (ρc) (J/m^3) termal kapasiteye sahip kumaş arasında, (t) temas süresi ve (a) termal difüzyon (m^2/s) altındaki sıcaklık farkının dağılımı Eşitlik (2.10)'deki diferansiyel denklem ile verilir:

$$(\partial T / \partial t) = a (\partial^2 T / \partial x^2) \qquad (2.10)$$

Eşitlik (2.10), Eşitlik (2.11)'te görülen dinamik ısı akışının q_{din} bulunmasında kullanılır:

$$q_{din} = b(T_1 - T_2) / (\pi\tau)^{1/2} \quad (2.11)$$

ve Eşitlik (2.12)' den termal absorbtivite değeri bulunur:

$$b = (\lambda\rho c)^{1/2} \quad (2.12)$$

Kuru kumaşların termal absorbtivite değerleri, 20-300 $Ws^{1/2}/m^2K$ arasında değişir. Bir kumaşın termal absorbtivite değeri arttıkça verdiği his "daha soğuk" olarak ifade edilir; Yapılan çalışmalarda en düşük termal absorbtivite değerleri (en sıcak), polyester mikroliflerden yapılmış nonwoven astarlarda elde edilmiştir. Değişik tip kumaşların termal absorbtivite değerleri Tablo 2.2' de verilmiştir [56, 59].

Tablo 2.2. Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi [57].

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

Termal absorbtivite değeri; kumaş yapısı, kompozisyonu, yüzey özellikleri ve gördüğü kaplama, şardon, zımpara gibi bitim işlemlerden etkilenmektedir [56].

Sıcak-soğuk hissinin bir diğer önemli özelliği, kumaş ıslandığında bu hissin değişmesidir. Çünkü termal iletkenliği ve termal kapasitesi tekstil liflerinden ve kumaş bünyesindeki havadan oldukça yüksek olan su kumaş yapısına katıldığında, kumaş vücuttan çok daha fazla ısı absorblar. Bu durum yaygın olarak konforsuzluk olarak

nitelendirilir. Islak kumaşların termal absorbtivite değerleri kuru hallerine nazaran oldukça yüksektir [56].

2.6.2.5. Kumaş ve Giysilerde Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki yüzü arasında belirli bir basınç farkı bulunduğunda birim kumaş yüzeyinden geçen hava akımının hacmi olarak tanımlanır. Hava geçirgenliği, kumaş yapısından en çok etkilenen kütle transfer özelliğidir. Yoon ve Buckley'in (1984) hava geçirgenliğini kumaş yapısıyla ilişkilendirdikleri modele göre, hava akışı bilhassa iplikler arası gözeneklerden gerçekleşmektedir ve bu gözenekler kumaş yüzeyine dik durumdaki silindirik boşluklardır [28,32].

Kumaş içinden olan hava hareketi viskozik sürüklenmeye bağlıdır; bu nedenle örgü sıkılaştıkça hava geçirgenliği oldukça azalır. Bunlara ek olarak sıkı dokunan kumaşlarda, hava geçirgenliği ile kumaş gözenekliliği arasında kuvvetli bir ilişki vardır ama gevşek dokulu kumaşlarda bu ilişki zayıftır. Kumaş tabakası içinden geçen hava miktarını belirleyen kumaş yüzeyleri arasındaki basınç farkı, hava hızı ile ilişkilidir; bu ilişki, özellikle düşük hızlarda çok daha kuvvetlidir [51, 60, 61].

Hava geçirgenliği, daha çok dış giysilik olarak kullanılan mamuller, çadır bezi, uyku tulumu, battaniye ve diğer koruyucu giysiler için büyük öneme sahiptir. Hava geçirgenliği, rüzgar direncinden farklı bir kavramdır; rüzgar direncinde mamulün yüksek hızdaki hava karşısında gösterdiği davranış incelenirken hava geçirgenliğinde sabit veya düşük hızdaki havanın materyal içindeki geçişi söz konusudur [28].

Bir kumaşın hava geçirgenliği, konfor özelliğini birçok şekilde etkiler. İlk olarak, havayı geçirgen olan bir malzeme genel olarak buhar veya sıvı fazda suyu da geçirir; bu nedenle su buharı geçirgenliği ve sıvı su iletim özelliği hava geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. İkinci olarak, bir kumaşın termal direnci ile üzerindeki durağan hava tabakası arasında kuvvetli ilişki vardır ve hava tabakası kumaş hava geçirgenliğinden etkilenmektedir. Yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaşlar, rüzgarlı ortamda konveksiyonla daha fazla ısı kaybederler [27].

Larose, giysi sistemlerinin hava geçirgenliği, rüzgar hızı ve termal direnci üzerine yaptığı çalışmasında, rüzgar hızındaki artıştan kaynaklanan termal dirençteki

gerilemenin, yüksek hava geçirgenliğine sahip sistemlerde daha fazla olduğunu göstermiştir [19].

Epps ve Lehonas [62]' ın dokuma kumaşlar üzerine yaptığı çalışma, hava geçirgenliğinin minimum gözenek boyutuyla yüksek korelasyon verdiği, ayrıca kumaş örtme faktörüyle ilişkili olduğunu göstermiştir.

Militky ve ark. [61], dokuma kumaşların hava geçirgenliklerini yapay sinir ağı yöntemiyle tahminlemeye çalışan bir program yazmışlar ve kumaşların hava geçirgenliklerini tahminlemek için iplik düzgünlüğü ve atkı – çözgü sıklıklarını veri olarak kullanmışlardır. Program, ölçülen ve tahminlenen hava geçirgenlikleri arasında yüksek korelasyon vermiştir.

2.6.2.6. Kumaş ve Giysilerde Su Buharı Geçirgenliği

Terin buharlaşarak deriden uzaklaşması ve böylece faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesi, konforlu hissetmenin gereğidir. Bazı durumlarda, ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından düşük olabilir; vücut üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği konforsuzluk olarak algılanır; bu nedenle konforlu bir giysi yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olmalıdır. Genellikle pamuklu mamuller için kullanılan "nefes alabilen" kumaş tabiri suyun buhar fazındaki hareketliliğinden kaynaklanmaktadır. Su buharı, giysi içinden etkili bir biçimde iletilmezse deri yüzeyinde bağıl nem değeri artmaya ve kullanıcı ıslaklığı hissetmeye başlar. Yüksek su buharı geçirgenliğine sahip kumaşlar, kullanım esnasında terleme ve buharlaşmadan kaynaklanan soğuma efektine yardımcı olur. Ayrıca soğuk iklimlerde yüksek su buharı geçirgenliği, giysilerde su birikmesini önlemek veya azaltmak için önemlidir [32, 60, 63].

Su buharı iletimi, kumaş tabakasının çevresinde oluşan buhar basıncı farkı sayesinde ortaya çıkar. Buhar basıncı farkı, aynı zamanda su buharı konsantrasyonu farkına işaret etmektedir. Su buharının, kumaş içinden olan hareketliliği büyük oranda kumaşın mikro gözenekli yapısına bağlıdır ve bu yapıyı değiştiren her işlem, kumaş ve giysilerin su buharı geçirgenliğini değiştirir. Su buharı iletimi, iplikler arası hava gözeneklerinin oluşturduğu bir özelliktir. Gözenek büyüklüğü iplik çapından, iplik çapı da lif

kompozisyonundan etkilendiğinden su buharı geçirgenliğinin kumaş bünyesindeki liflerin nem alma özelliğinden etkilendiği düşünülür. Bir kumaş, bilinen çevresel şartlara bırakıldığında yoğunluk, gözeneklilik, kalınlık gibi parametreler özdeş olsa bile, su buharı geçirgenliği lif tipine göre büyük farklılıklar gösterebilir. Çünkü kumaş tabakası çevresindeki buhar basıncı farkı, liflerin su buharı absorbsiyon özelliklerine bağlıdır. Lifler, kimyasal kompozisyonları ve yapılarına bağlı olarak su buharı absorblayacaktır. Su buharı absorbsiyon oranı yüksekse su buharı basıncı farkı değeri düşük, dolayısıyla toplam su buharı geçirgenliği de düşük olacaktır. Kumaştaki açıklıklardan gerçekleşen su buharı iletimi ise lif tipinden etkilenmemektedir. Benzer şekilde su buharı geçirgenliği kumaş yüzey özelliklerinden önemli şekilde etkilenmemektedir. İki kumaş tabakası arasındaki hava katmanının sıcaklığı, su buharı iletimi gerçekleşince artmaktadır. Bu artış, kumaşların su buharı absorbsiyonu oranı ile de ilişkilidir. Öte yandan, sıvı su kumaş ile temas halinde olduğunda (terlemede olduğu gibi), kumaş yüzeyinin ıslanabilirliği, kumaş tabakaları içinde gerçekleşen su buharı geçirgenliğini belirlemekte etkili olmaktadır. Bu durumda, kılcallık özelliği önemli bir yer tutmaktadır [33, 50, 64].

Yasuda ve ark.'nın [64], polyester, akrilik, pamuk ve yünden yapılmış kumaşların geçici hallerdeki dinamik su buharı geçirgenliğini incelendikleri çalışmalarına göre lifler tarafından gerçekleştirilen su buharı absorbsiyonu ile lifler arasındaki hava boşluklarından gerçekleşen su buharı iletimi aynı anda gerçekleşmektedir. Su buharı iletimi oranı ve miktarı da, kumaş tabakası çevresindeki maksimum su buharı basıncı farkı değerini belirlemektedir. Ancak kumaş yapısının aşırı sıkı dokulu olduğu durumda lif tipinin su buharı iletimine olan etkisi gözlemlenmemektedir. Kumaş katları, sıvı su ile temas ettirildiğinde ilk tabakanın kılcallık veya sıvı su absorblama kapasitesinin toplam su buharı geçirgenliğini belirleyen baskın faktör olduğu bulunmuştur.

Giysi tasarımındaki önemli hususlardan bir tanesi, insan teninde oluşan ter buharını dışarı atabilmesidir. Dinlenme durumunda olan bir insanın ürettiği yaklaşık 15 g/m^2sa civarında ter buharı giysinin çeşitli katlarından kolayca iletilir çünkü normal giysiler bu düşük miktardaki su buharını uzaklaştırmaya yetecek geçirgenliktedir. Terleme esnasında, deri içindeki buhar konsantrasyonu bir buhar akışı üretecek şekilde artar ve bu şekilde buharlaşma ısısı deriden giysiye doğru taşınmış olur. Buhar konsantrasyonu, doymuş buhar konsantrasyonunu aşmadığı sürece, buhar çevreye taşınmış olur.

Doymuş buhar konsantrasyonu, sıcaklıkla belirlendiğinden buhar konsantrasyonu yanında sıcaklık farkı da önemli olmaktadır. Konfor ortamında buharlaşma oranı çok düşük olduğu için yoğuşma görülmez. Ancak yüksek metabolik aktivitelerde çalışma esnasında önemli miktarda ter üretilir ve buhar konsantrasyonu o derece artabilir ki giysinin bir yerinde doyum noktasını aşabilir ve o bölgede yoğuşma meydana gelir. Genellikle bir giysi sisteminin en dış katmanının geçirgenliği diğerlerine göre daha zayıf olduğundan yoğuşma, giysinin geçirgenliğinin zayıfladığı yerde meydana gelecektir [54, 65, 66].

Yün ve pamuk gibi higroskopik lifler, rutubeti yüksek bir ortamda su buharı absorblarlar ve ısı açığa çıkartırlar. Bu lifler rutubeti düşük ortamda ise su buharı salıvererek ısıyı geri alırlar. Bu ısı (sorbsiyon ısısı), lif ve su buharı molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden oluşan şişme ısısı ve su buharının yoğuşmasından doğan ısının toplamıdır. Li ve ark. [67]'nın higroskopik kumaşların giyim esnasında su buharı absorblama özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, oldukça higroskop olan yün lifinden yapılmış kumaşların, özdeş polyester kumaşlara nazaran egzersiz esnasında vücuttan daha fazla ter absorbladığı ve vücut ile giysi arasındaki mikroklimanın nem içeriğini daha fazla su buharı absorblayarak düşürdüğü görülmüştür.

Wang ve Li [68], kumaş kalınlığı arttıkça su buharının ilerleyeceği kanal genişliklerinin artması sebebiyle buhar moleküllerinin difüzyonları esnasında daha fazla enerji ve zaman harcayacağını, ayrıca liflerin amorf bölgelerine girme olasılığının da artacağını, bu nedenle kalınlık artışının su buharı iletim oranını olumsuz etkileyeceğini ileri sürmüşlerdir.

2.6.2.7. Kumaş ve Giysilerde Sıvı Su İletimi (Kılcallık)

Terden kaynaklanan ıslaklık hissinin ortadan kaldırılması için, giysiyi oluşturan kumaşın vücut yüzeyindeki teri buhar yoluyla uzaklaşmasına izin verir yapıda olması yanında, aktivite sonrası kumaşta biriken, vücutla temas halindeki sıvı teri de mümkün olduğunca dağıtarak uzaklaştırması gerekir. Konfor için istenen bu ter emicilik ve çabuk kuruma özellikleri, bir ağacın köklerindeki suyu en uçtaki yapraklarına kadar iletmesini sağlayan "kapilar (kılcal) kanal" doğa olayından esinlenerek geliştirilmiştir [27].

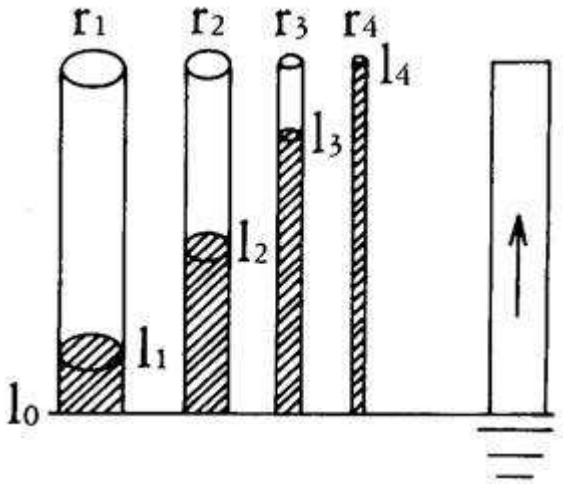
Terin uzaklaşması giysilerin gözenekliliğine ve kılcallık karakteristiğine bağlıdır. Kılcallık, “sıvının kapilar kuvvetler etkisiyle gözenekli bir yapıda kapilar kanallar içinden hareketliliği” olarak tanımlanabilir. Kılcallık için yapılan bir diğer tanım, “kumaşların kapilar akış oluşturma yeteneği” şeklindedir [69, 70].

Sıvıların tekstil malzemeleri ile etkileşimi, lif yüzeyinin ıslanması, lif yapısına sıvının taşınması, lif yüzeyinde adsorbsiyon ve sıvının içteki liflere difüzyonu gibi birçok fiziksel davranışı içerir. Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülür. Islanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapilar kanallar içinden ilerleyerek dağılır. Her ikisi ayrı birer fenomen olarak görülse de, ıslanma ve kılcallık birbirlerinden bağımsız değildir; kılcallığın görülmesi için ıslanma gerekir ve her ikisi tek bir prosesin (kapilar basınç etkisiyle sıvı akışı) sonucudur. Tekstil liflerini ıslatmayan sıvılar, kumaş içinde yayılamaz. Kılcallık, kapilar boşlukları bir sıvı ile ıslatılan yapılarda görülür; bu nedenle ıslanma, kılcallık için ön şarttır [70, 71].

Islanma, katı-hava (buhar) ara yüzeyinin katı-sıvı ara yüzeyiyle yer değiştirmesidir. Daha geniş bir tanımlamayla ıslanma, katı-sıvı veya sıvı-hava ara yüzeyinin sıvı-sıvı ara yüzeyi ve katı-hava ara yüzeyinin katı-katı ara yüzeyiyle yer değişimidir. Islanma, katı yüzey üzerinde termodinamik etkileşimlerle bir sıvının migrasyonu olarak tanımlanmış dinamik bir prosestir ve lif, iplik veya kumaşın sıvıyla temasının başladığı andaki davranışı açıklamak için kullanılır. Kendiliğinden (doğal) ıslanma, termodinamik denge boyunca sıvının katı yüzeyde migrasyonudur. Zorlanmış ıslanma ise, katı-sıvı ara yüzeyini genişletmek için uygulanan hidrodinamik veya mekanik kuvvetlerin etkisi ile meydana gelir [71, 72].

Bir kumaşı ıslatan sıvı, iki bölgeye nüfuz edebilir. İlk bölge, lifler arasındaki kapilar boşluklar; ikincisi ise absorbsiyonun gerçekleştiği lif içi bölgedir. Sıvı nüfuziyeti, malzemenin ıslanma özelliği yanında gözenek boyutunu da bağlıdır. Tekstil kumaşlarında yatay düzlem boyunca gözenek dağılımı olması beklenir. Kılcallık oranı ve kumaşta taşınacak sıvı, bu gözenek boyutuna ve boyut dağılımına bağlıdır. Kapilar prensipte, önce küçük gözenekler dolar ve sıvının ileri doğru hareketine sebebiyet verir. Liflerin boyutları ve şekilleri yanında yerleşimi, lif arası boşlukların (gözeneklerin)

geometrik yapısını ve topolojisini etkiler; çünkü birbirleriyle bağlantısı olan veya olmayan, farklı şekil ve boyutlarda gözenek oluşur. Sıvının kat ettiği mesafe, daha küçük gözeneklerde fazladır. Fakat küçük gözeneklerde tutulan sıvı kütlesi de küçüktür; daha fazla sıvı, daha geniş gözeneklerde depolanabilir ama bu seferde sıvının yayılımı sınırlı olur (Şekil 2.13). Bu sebeple lifli yapılarda hızlı sıvı dağılımı, küçük, düzgün dağılmış ve birbirleriyle bağlantılı gözeneklerle mümkündür. Yüksek sıvı tutma ise çok sayıda geniş gözeneklerle veya yüksek gözenek hacmine sahip yapılarda görülür [72].



Şekil 2.13. Farklı kapilar genişliklerde sıvı ilerleyişi ve tutulan sıvı miktarları [72].

Kapilar kanallarda kılcallık, katı-hava ara yüzeyi ile katı-sıvı ara yüzeyinin kendiliğinden yer değiştirmesi ile gözlenebilir. En basit durumda, kapilar kanal içinde sıvı hareketi sürerken sıvı-hava ara yüzeyinin alanı ıslanan kapilar duvarının alanına göre oldukça küçüktür ve kılcallık esnasında bu durum değişmez [70].

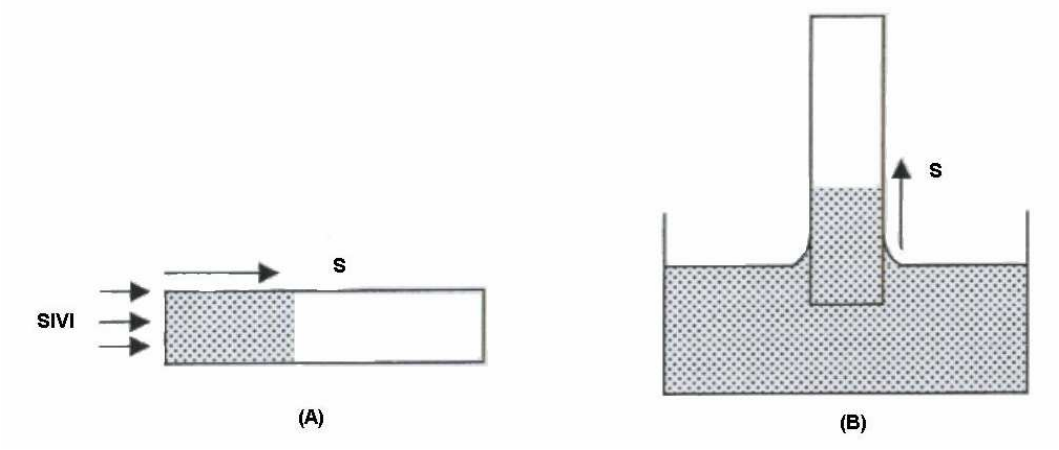
Tekstil kumaşlarının kılcallık özelliği, lif yüzeyinin morfolojisi ve lif şeklinden etkilenmektedir çünkü lif şekli kumaşlardaki kapilar boşlukların şekli ve geometrisini ve sonuçta kılcallık oranını değiştirmektedir. Kapilardaki sıvı akışı, geometrik düzensizlikler nedeniyle menüsküsün sınıra ulaşması ve sıvı-hava ara yüzeyinin düzleşmesi ile son bulur [70].

Kılcallık, bir kumaş kısmen veya tamamen sıvı içine daldırıldığında veya belli bir miktar sıvı ile temas ettiğinde meydana gelir. Kumaşa katılan sıvı miktarı ve sıvı-

kumaş temasının şekline göre kılcallık iki gruba ayrılabilir: Sınırsız bir sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (sıvı içinde daldırılan kumaş bünyesine gerçekleşen absorbsiyon, yüzeysel ve boyuna yönde sıvı ilerleyişi) ve sonlu (sınırlı) sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (kumaşa damlatılan tek damla suyun hareketi, birbiriyle temas halindeki ıslak kumaştan kuru olana gerçekleşen sıvı transferi) [71].

1970'lerde Spencer-Smith, ıslak kumaştan kuru kumaşa olan sıvı transferini incelemişler ve birbirleriyle temas halindeki kumaş katları arasında, ıslak kumaştaki nem oranı (ıslaklık) %80 civarındaki kritik değeri geçmedikçe transferin gerçekleşmediğini bulmuşlardır. Adler ve ark.'nın pamuk ve polyester dokuma ve örme kumaşlardaki transfer kılcallığı ölçtükleri 1984 yılındaki çalışmalarında, iki kumaş katı arasındaki düşük nem seviyelerindeki sıvı transferini belirleyen en önemli faktörün buhar difüzyonu olduğu, dokuma kumaşlarda %30'un üzerindeki nem değeri geçilmedikçe kılcallığın başlamadığı bulunmuştur. Daha birçok araştırma, suyun kumaş katları arasında sıvı halde transfer olması için ıslak kumaşın su içeriğinin oldukça fazla ve katlar arasında belirli bir basınç olması gerektiğini göstermiştir [73,74].

Kumaşların sıvı transfer kapasitesini değerlendirmek için genellikle düzlemsel kılcallık ölçümü yapılır. Kumaş içinde kılcallık, terleyen vücuttan alınan sıvı suyun giysi içindeki hareketine benzer şekilde, kumaş düzlemine dik veya paralel doğrultuda gerçekleşebilir. Bu amaçla yapılan ölçümler, yüzeyin bir kenarını sıvı içine daldırmak ve yüzey içinde sıvı hareketini, sıvı uç noktasının pozisyonunu takip ederek veya kütlesel veya hacimsel değişimi belirleyerek gözlemek esasına dayanır. Kapilar basınç değeri sıvının ağırlığını (ρgh) geçtiği zaman sıvı kumaş içinde ilerlemeye başlar. Eğer sıvının hareket mesafesi yeterince uzunsa sıvı akış oranında yer çekiminin etkisini görmek mümkün olacaktır. Kapilar hareket yer çekimi ile dengelendiğinde bir eşitlik hali oluşur ve sıvı ilerleyişi durur [27]. Şekil 2.14' de, yatay ve dikey yönde düzlemsel kılcallık modeli görülmektedir.



Şekil 2.14. Kılcallık modelleri A-yatay kılcallık B-dikey kılcallık [27].

Yatay kılcallığı, yani sıvının kumaş düzlemine paralel hareketini ölçmeye yönelik farklı metotlar geliştirilmiştir. Kumaşın gözenekli bir plaka üzerine yerleştirildiği ve altındaki suyun kumaşa transfer olan miktarının belirlendiği plaka metodu, özellikle havluların absorbanlık yeterliliğini ölçmek için kullanılır. Alternatif olarak, su veya ıslatıcı çözeltisi seviyesinin kumaşla temas edecek şekilde yükseltildiği ve kumaş tarafından absorbe edilen sıvı hacminin ölçüldüğü ıslanma testi, ıslanabilirliği ölçmek için yapılan batma-yüzdürme testi, kumaşın sıvı üzerine düşürüldüğü düşürme testi gibi metotlar düzlemsel yatay kılcallığı ölçmek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Dikey kılcallık, kumaşın geniş hacimdeki sıvı içine dikey olarak kısmen daldırıldığı durumda gözlenir ve genellikle sıvının ilerleme mesafesi veya gramaj veya alan başına absorblanan sıvı miktarı ölçülür [70].

2.6.3. Fiziksel Konforla İlgili Kumaş ve Giysi Özellikleri

2.6.3.1. Kumaş ve Giysi Kalınlığı

Giysi malzemenin kalınlığı, giysinin ısıl ve buhar iletkenliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Malzemenin kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça, malzemenin ısıl ve buhar direnci artıp, geçirgenliği azalmaktadır [75]. Bu nedenle malzemenin kalınlığı konfor özellikleri üzerinde önemli bir yer tutmaktadır.

2.6.3.2. Kumaş ve Giysi Gramajı

Kumaş ve giysi gramajı fiziksel konforla doğrudan ilgili bir özelliktir. Marmaralı, çalışmasında pamuk/elastan süprem kumaşların boyutsal özellikleri ile birlikte gramaj, hava geçirgenliği, kalınlık ve pilling gibi bazı fiziksel özelliklerini tespit etmiş ve test sonuçlarını sadece pamuktan oluşan örme kumaşların sonuçları ile karşılaştırmıştır. Elastan içeren kumaşlar daha sıkı bir yapı eğilimi gösterdiği için, bu tür kumaşların elastansız kumaşlara göre gramajı ve kalınlık değeri daha yüksek, hava geçirgenliği ve pilling eğilimi ise daha düşük olarak tespit edilmiştir [76]. Dolayısı ile aynı birim alanda daha fazla gramaja sahip olan kumaşların yoğunluğu daha fazla olacak ve bu nedenle de kumaşın hava geçirgenlik özelliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacaktır.

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında, içi oyuk iğli kaplama yöntemi ile, Ne 50/1, Ne 60/1 ve Ne 70/1 numaralarındaki pamuk iplikleri, 18, 35 ve 50 mikron kalınlığındaki 316 L tipi paslanmaz çelik teller ile (SS) bir araya getirilerek, 9 tip metal içerikli kompozit iplik üretilmiştir. Üretilen tek bir örgü yapısında, 9 tip metal içerikli kompozit iplikten, elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip örme kumaşlar üretilmiştir. Kompozit ipliklerin üretiminde kullanılan % 100 pamuk iplikleri ile de aynı yapıda örme kumaşlar üretilerek, kontrol grubu oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan iplik kodları, numaraları ve içerikleri Tablo 3.1 ‘de özetlenmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan ipliklerin kodları, numaraları ve içerikleri.

İplik kodu	İplik numarası	Metal çapı	Pamuk ipliği numarası
5000	Ne 50	--------	Ne 50
5018	Ne 45.4	18 mikron	Ne 50
5035	Ne 33.1	35 mikron	Ne 50
5050	Ne 23.1	50 mikron	Ne 50
6000	Ne 60	--------	Ne 60
6018	Ne 35.5	18 mikron	Ne 60
6035	Ne 29.7	35 mikron	Ne 60
6050	Ne 20.8	50 mikron	Ne 60
7000	Ne 70	--------	Ne 70
7018	Ne 47.8	18 mikron	Ne 70
7035	Ne 35.2	35 mikron	Ne 70
7050	Ne 24.9	50 mikron	Ne 70

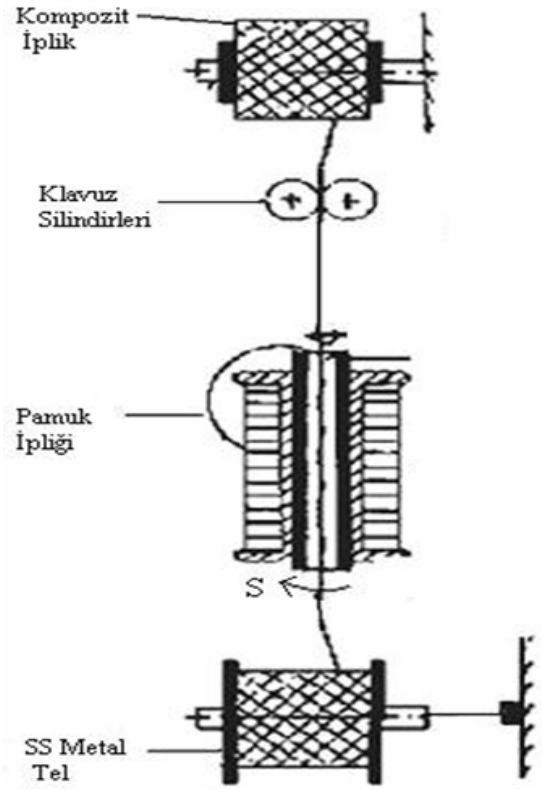
Çalışmada kullanılan pamuk ipliklerinin fiziksel özellikleri Ek-1 de görülmektedir.

3.2. Yöntem

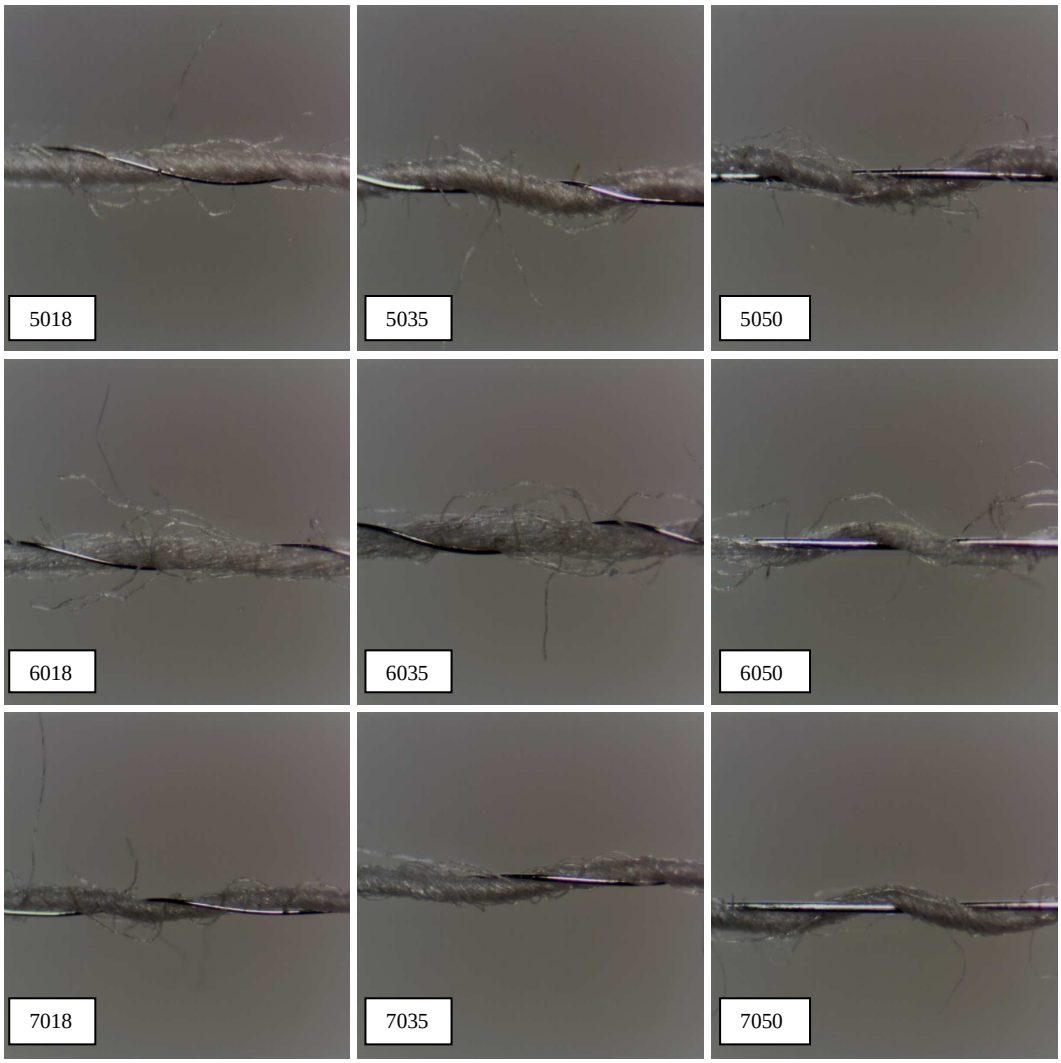
Çalışma kapsamında içerikleri ve kodları Tablo 3.1'de özetlenen 12 farklı tip iplikten, süprem yapıda örme kumaşlar üretilmiştir. Üretilen bu örme kumaşların ekranlama etkinlikleri, termal ve fiziksel konfor özellikleri incelenerek değerlendirilmiştir.

3.2.1. Metal İçerikli Kompozit İpliklerinin Üretimi

Metal içerikli kompozit ipliklerin üretiminde içi oyuk iğli büküm yöntemi kullanılmıştır. İçi oyuk iğli büküm yöntemi Şekil 3.1' de verilmiştir. Bu yöntemde Ne 50, Ne 60 ve Ne 70 numaralarındaki % 100 pamuk iplikleri ile, üç farklı incelikteki (18, 35 ve 50 mikron) paslanmaz çelik metal teller bir araya getirilerek 9 tip metal içerikli kompozit iplik üretilmiştir. Üretilen 9 farklı tipteki metal içerikli kompozit ipliğin Olmpus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak 45 kat büyütmede kaydedilen görüntüleri Şekil 3.2' de verilmiştir.



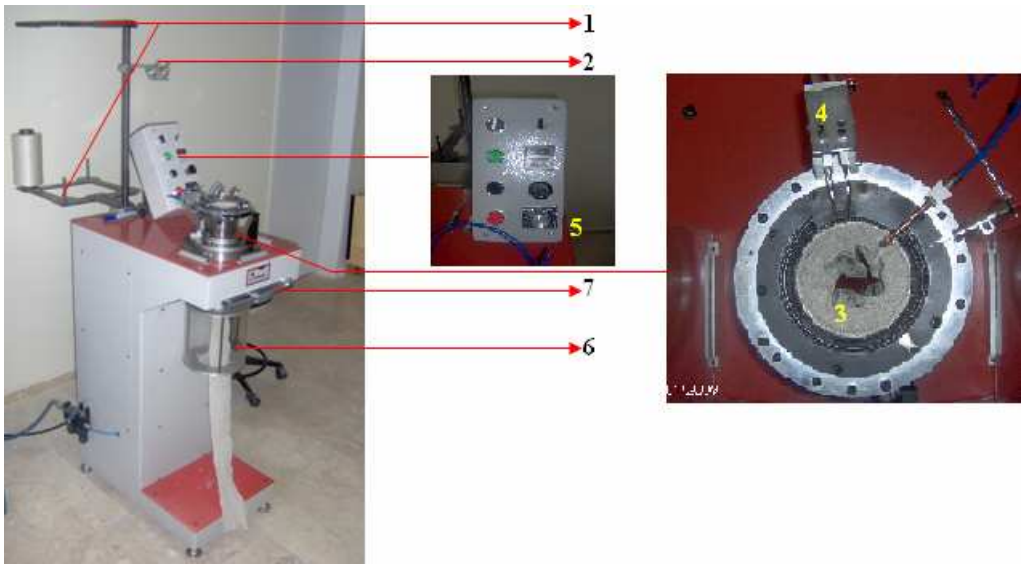
Şekil 3.1. İçi oyuk iğli büküm yöntemi.



Şekil 3.2. Metal içerikli kompozit ipliklerin 45 kat büyütülmüş görüntüleri.

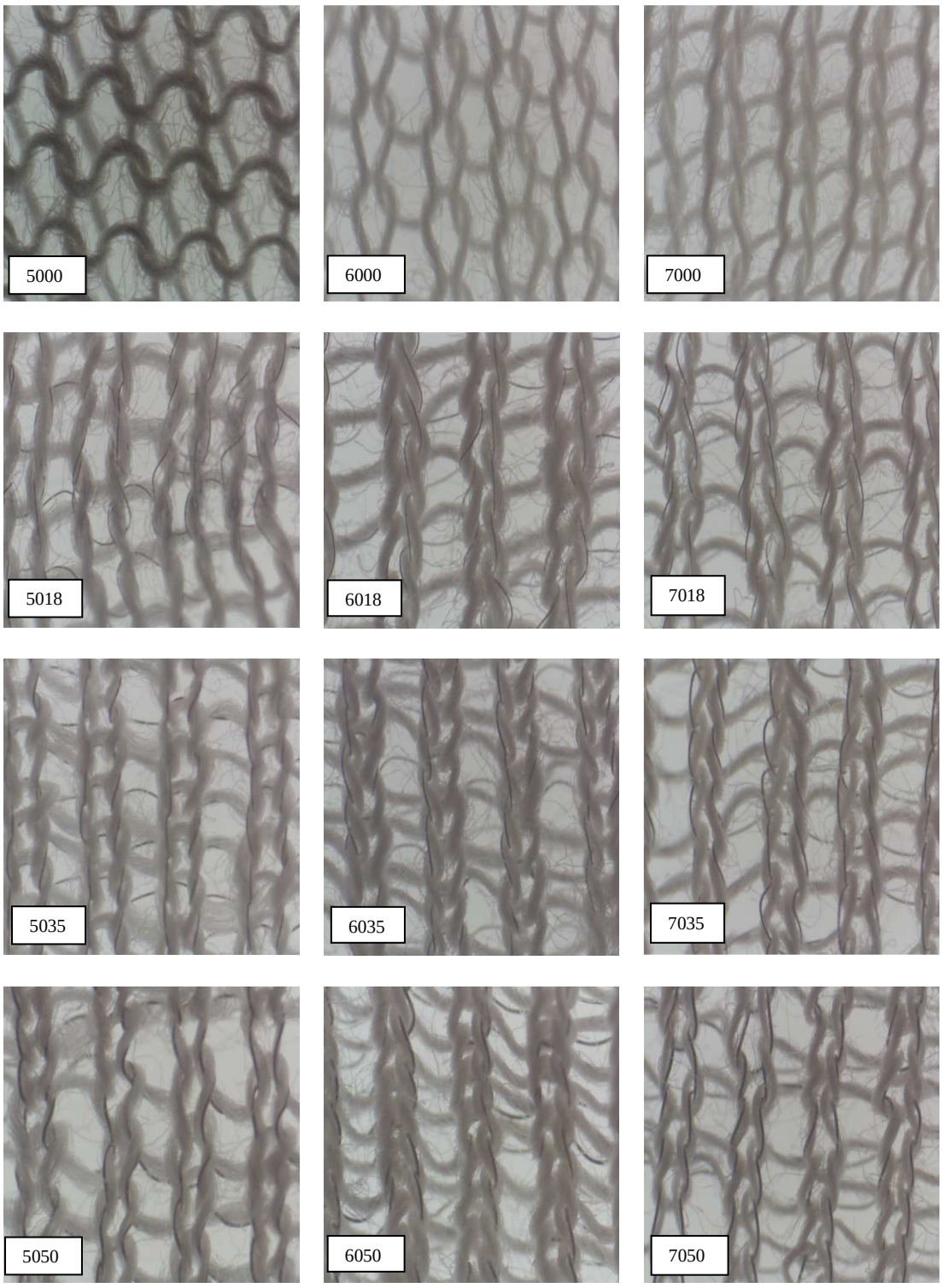
3.2.2. Numune Kumaşların Üretilmesi

% 100 Pamuk ve pamuk-metal tel karışımlı kompozit ipliklerin örme kumaş formuna getirilmesinde SDL Atlas numune yuvarlak örgü makinesi kullanılmıştır. SDL Atlas örme makinesinin şeması Şekil 3.3’ de verilmiştir.

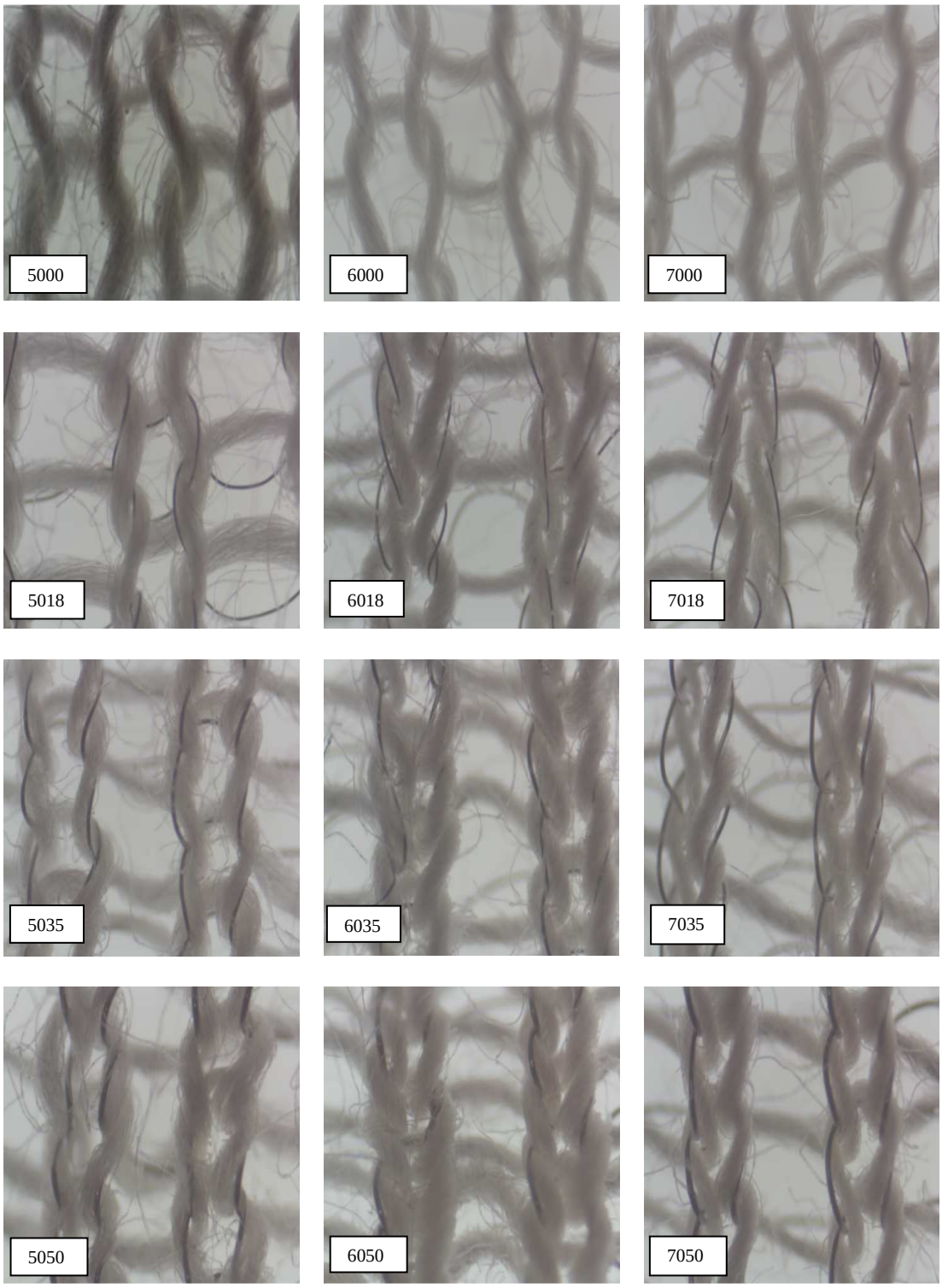


Şekil 3.3. SDL Atlas numune yuvarlak örgü makinesi.

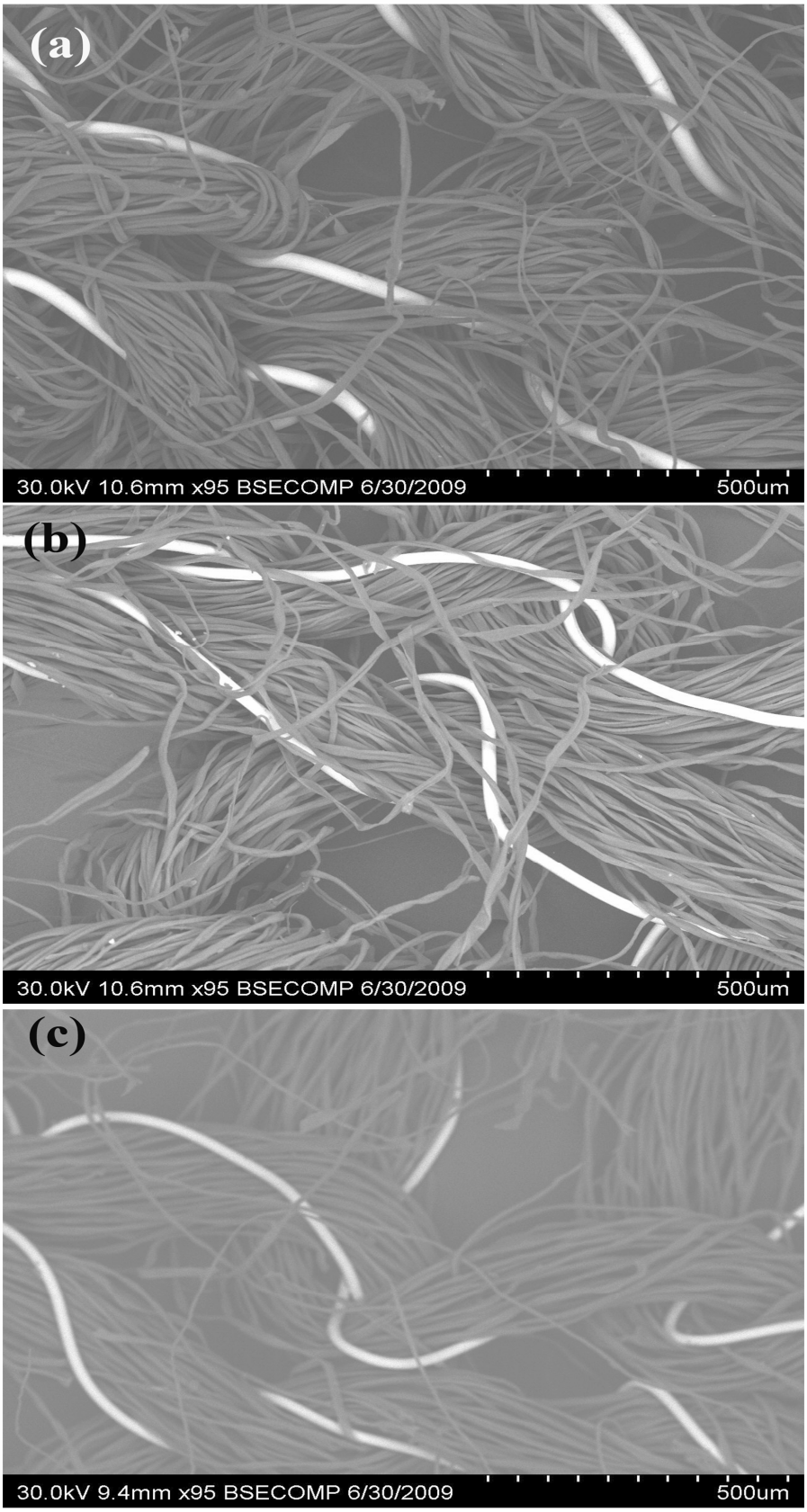
Şekilde 3.3’ de görülen örme makinesinin arka tarafında bulunan besleme kısmı tarafından (1) kullanılacak olan iplik makineye beslenir. Besleme kısmının üzerinde bulunan tansiyon aparatı (2) sayesinde ipliğe istenilen gerginlik ayarı verilir ve örme kısmının (3) üzerinde bulunan ve ipliğin rahatça ve sorunsuzca geçişini sağlayan besleme parmağı tarafından (4) iplik, örme kısmında bulunan iğnelerin ucuna beslenir. Örme işlemi, bir kontrol paneli tarafından kontrol edilir (5). Bu kontrol paneli makinenin devir sayısının ayarlanması, açıp kapatma işlemini, örülen kumaşın gösterilmesini sağlayan bir sayaç bünyesinde barındırır. Örme kısmında bulunan iplik, örme kumaş formuna sokulduktan sonra, örme kısmının alt tarafında bulunan döner kovan içerisine toplanır (6). Ayrıca istenilen sıklıkta kumaş örmek için makine üzerinde sıklık ayar kısmı da bulunmaktadır (7). Makine üzerinde 241 adet iğne bulunmakta olup, inch başına 22 adet iğne düşmektedir. Örgü çapı ise 3,5 inch’ dir. Çalışma kapsamında üretilen süprem yapıdaki numune örme kumaşların Olmpus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak kaydedilen 25 kat ve 45 kat büyütülmüş görüntüleri sırasıyla Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’ de verilmiştir. Ayrıca 5050, 5035 ve 5018 kodlu süprem yapıdaki numune örme kumaşların SEM elektron mikroskobunda kaydedilen 95 kat büyütülmüş görüntüleri Şekil 3.6’ da görülmektedir.



Şekil 3.4. Üretilen süprem yapıdaki kumaş numunelerinin görüntüleri (25 X).

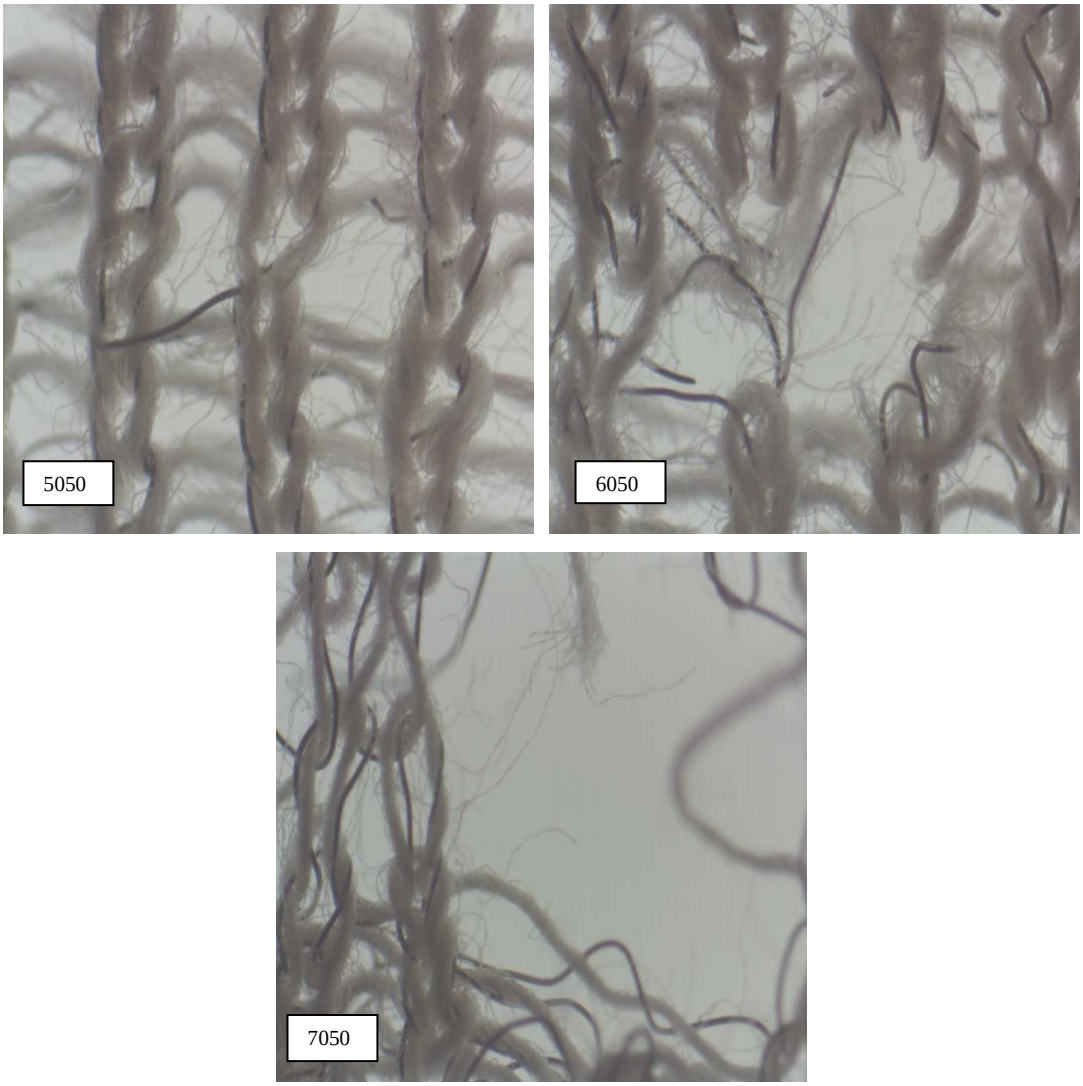


Şekil 3.5. Üretilen süprem yapıdaki kumaş numunelerinin görüntüleri (45 X).



Şekil 3.6. (a) 5050, (b) 5035 ve (c) 5018 kodlu süprem yapıdaki numune örme kumaşların görüntüleri (95 X).

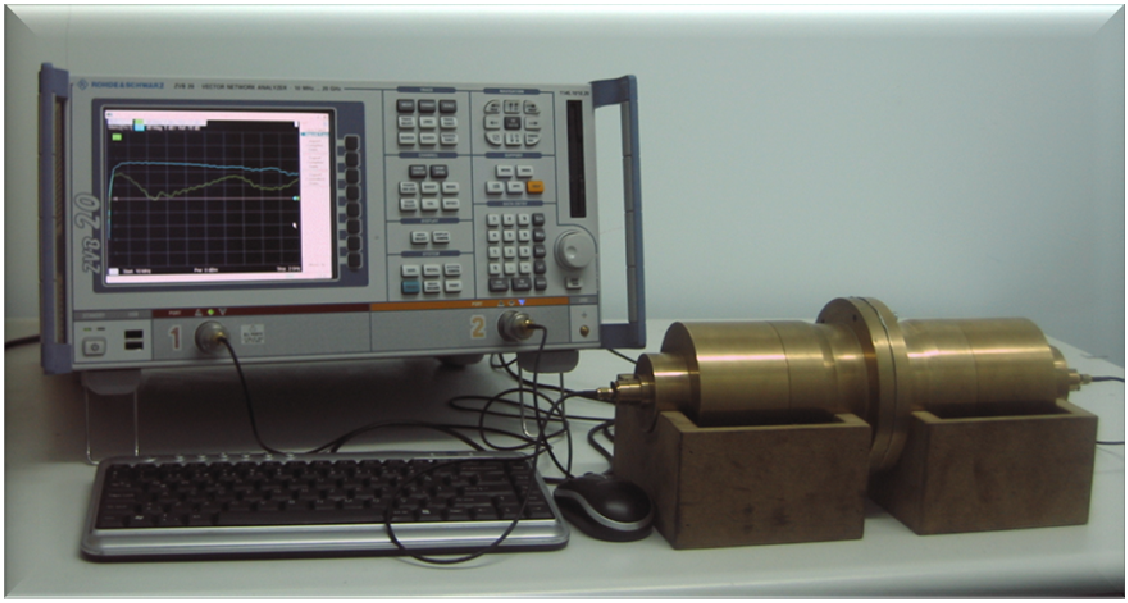
50 mikron metal tel içeren kompozit ipliklerin örülürken çeşitli güçlüklerle karşılaşılmıştır. Şekil 3.7’ de 5050, 6050 ve 7050 kodlu süprem kumaşlarda oluşan örme hatalarının 25 kat büyütülmüş görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.7. 5050, 6050, ve 7050 kodlu süprem kumaş numunelerinin örülmesinde ortaya çıkan hataların görüntüleri (25 X).

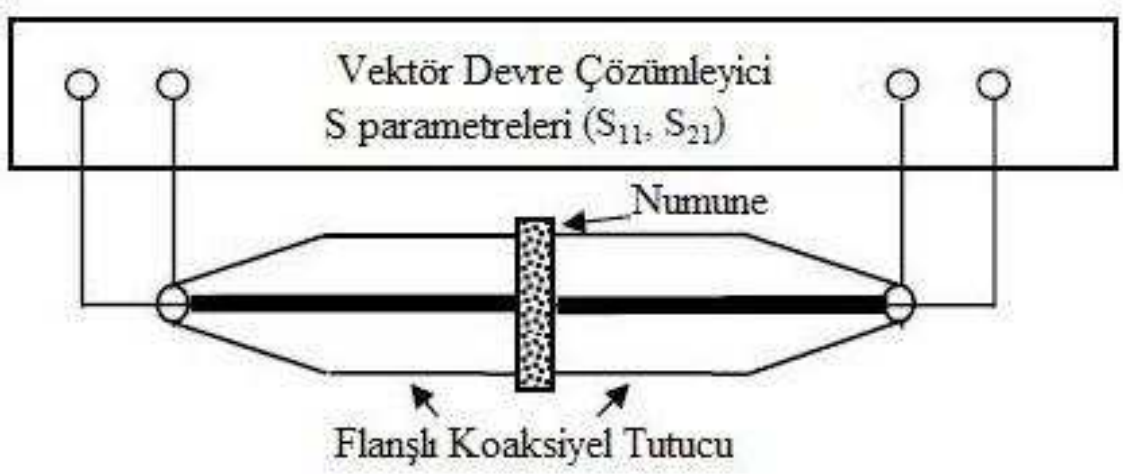
3.2.3. Numune Örme Kumaşlarda Ekranlama Etkinliğinin Ölçülmesi (SE)

Numune örme kumaş numunelerinin SE ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır [77]. Şekil 3.8’ de söz konusu ölçümler için kullanılan test düzeneği görülmektedir.



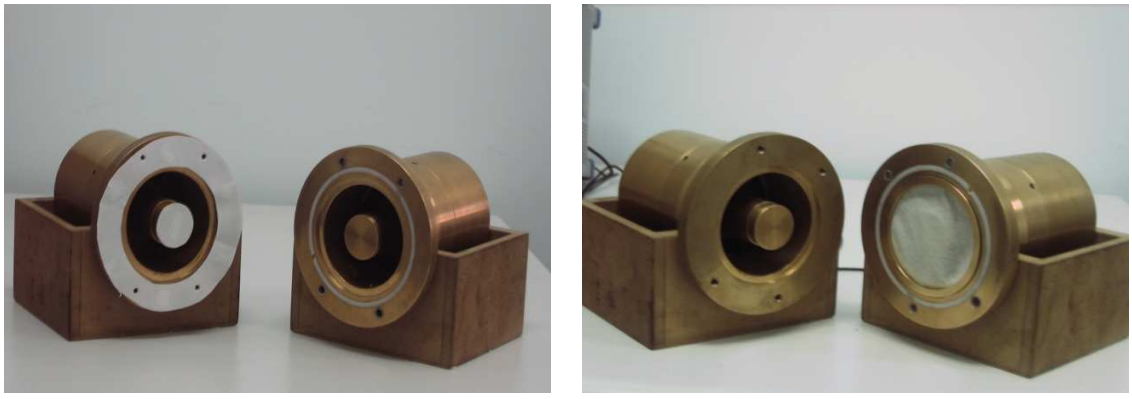
Şekil 3.8. Koaksiyel tutucu metodu uygulaması.

Bu ölçüm sisteminde, flanşlı bir koaksiyel tutucu ve S parametrelerini (**S_{11} ve S_{21} yansıma ve araya girme kayıpları**) ölçebilen R&S ZVB20 model bir network analizör bulunmaktadır. S parametrelerinin ölçümü ile toplam ekranlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkıları belirlenebilmektedir. Koaksiyel Tutucu metodu ile SE ölçümlerinin yapıldığı ölçüm test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 3.9' da görülmektedir.



Şekil 3.9. Koaksiyel tutucu metodu için ölçüm test düzeneği.

Kumaş numunelerinin SE değerlerini belirleyebilmek için yapılan ölçümler iki basamakta gerçekleştirilmiştir. Birinci basamakta, referans değerler için referans ölçüm yapıldı (Şekil 3.10-a) İkinci basamakta ise ölçüm alanına uygun olarak 133-76 mm bilezik içinde 33 mm dairesel formda hazırlanan test numunelerinin ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.10-b).



(a) (b)

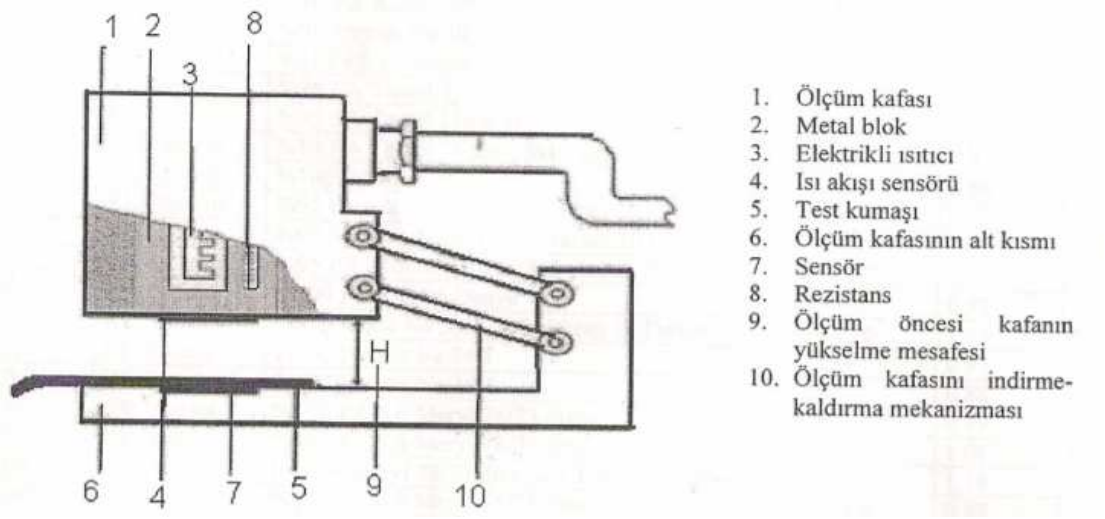
Şekil 3.10. Ekranlama etkinliği ölçümünde kullanılan test aparatı.

3.2.4. Numune Örme Kumaşlarda Termal İletkenlik, Termal Direnç ve Termal Absorbtivite Testi

Numune örme kumaşların termal iletkenlik, termal direnç ve termal absorbtivite ölçümleri ISO 11092 standardı [78] esas alınmak suretiyle Alambeta (Sensora / Çek Cumhuriyeti) cihazı ile yapılmıştır. Alambeta' nın basitleştirilmiş şeması Şekil 3.11' de verilmiştir.

Cihazın ölçüm kafasında (1), elektrikli ısıtıcı (3) vasıtasıyla vücut sıcaklığını sümüle edecek şekilde 32°C ye ısıtılan bir metal blok (2) bulunur. Sıcaklık, regülatöre bağlanmış bir termometre (8) ile kontrol edilir. Isıtılmış bloğun alt kısmında ise ısı akış sensörü bulunmaktadır. Ölçüm kafası h açıklığındayken ısı akış sensörü üzerine kumaş numunesi (5) yerleştirilir ve ölçüm kafası kapanır. Hareket sensörü (7), ölçüm kafasının düzgün biçimde kumaşla temas etmesini kontrol eder. Ölçüm kafası kapandıktan sonra metal bloktan numuneye doğru ısı akışı başlar, numune yüzey sıcaklığı aniden değişir.

Ve cihaz bu süredeki ısı akış eğrisini çıkartarak termal karakteristikleri ölçer. Bu ölçüm, kullanıcının kumaşa dokunarak yaptığı değerlendirmeye benzemektedir [79].



Şekil 3.11. Alambeta test cihazı [79].

Alambeta cihazında kumaşların termal absorbtivite, termal iletkenlik (λ) (*W/mK)*, termal direnç (r) (*m² K/W*) ölçümlerinin yanı sıra termal difüzyon (a) (*m²/s*) değerleri de ölçülebilmektedir.

3.2.5. Numune Örme Kumaşlarda Hava Geçirgenlik Testi

Numune örme kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin ölçümünde SDL Atlas M 021A hava geçirgenlik test makinesi kullanılmıştır. SDL Atlas M 021A hava geçirgenlik test makinesinin şeması Şekil 3.12’ de verilmiştir.



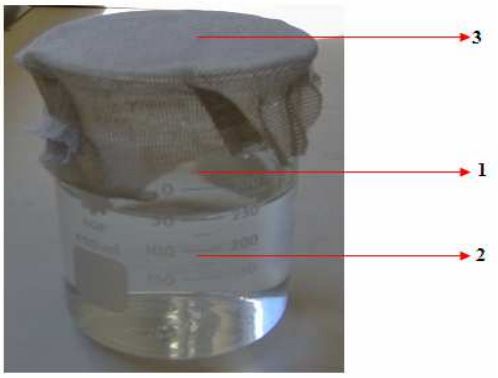
Şekil 3.12. SDL Atlas M 021A hava geçirgenlik test makinesi.

SDL Atlas M 021A hava geçirgenlik test makinesi üzerinde bulunan test başlığının (1) alt kısmına ölçüm yapılacak kumaş gerdirilmeden yerleştirildikten sonra sıkıştırma kolunun (2) üzerine el ile klik sesi gelinceye kadar baskı uygulanır, kumaşın alt kısmında bulunan vakum pompası çalışır ve cihaz otomatik olarak ölçüm yapmaya başlar. Test başladığında kontrol paneli (3) üzerinde bulun kırmızı ışık yanar ve bu, test sonucu kararlı hale gelinceye kadar devam eder (yaklaşık olarak bu işlem 10 saniye kadar sürmektedir) ölçüm sonucu kararlı hale gelince kırmızı ışık sönerek yeşil ışık yanar ve vakum pompası durur. Yeşil ışık yandığı zaman ölçüm sonucu kontrol paneli üzerinde bulunan ekrandan okunarak ölçüm sona erer ve sıkıştırma koluna tekrar klik sesi gelene kadar basılıp test başlığı kaldırılır. Kontrol paneli üzerinde bulunan unit tuşu vasıtasıyla istenilen ölçüm birimleri ayarlanır. Cihazda talebe göre değişik test başlıkları kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan numune örme kumaşların hava geçirgenlik değerleri ASTM D 737 standardına göre ve 20 cm^2 test alanında (20 cm^2 test başlığı kullanılarak), 100 Pa basınç altında, her numune için farklı noktalardan alınmak suretiyle 5 adet ölçüm yapılmıştır [80].

3.2.6. Numune Örme Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği Testi

Numune örme kumaşların su buharı geçirgenlik değerlerinin ölçümünde ISO 15496 standardı esas alınmak suretiyle kap metodu kullanılmıştır [81]. Bu metot da kullanılan tertibatın fotoğrafı Şekil 3.13' de verilmiştir.

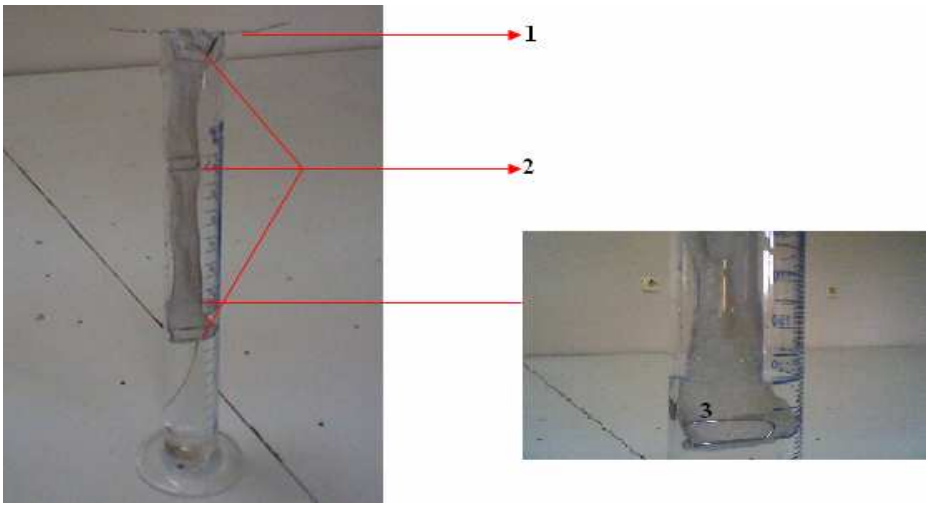


Şekil 3.13. Su buharı geçirgenliği ölçüm tertibatı.

Şekil 3.13' de görülen su buharı geçirgenliği ölçüm tertibatında beher (1) 30 ml' ye kadar saf su (2) ile doldurulur. Doldurulan beherin ağız kısmına örme kumaş numunesi (3) gerdirilmeden yerleştirilir. Hazırlanan bu tertibat daha sonra bir hassas terazi tarafından tartılarak ağırlığı belirlenir. Ağırlığı belirlenen ölçüm tertibatı 24, 48 ve 72 saat sonunda tekrar tartılıp, bulunan ağırlık değerleri, ilk olarak bulunan ağırlık değerinden çıkarılır. Elde edilen ağırlık kayıpları, ilgili örme kumaş numunesinin ml cinsinden su buharı geçirgenlik değeri kabul edilir.

3.2.7. Numune Örme Kumaşlarda Dikey Kılcallık Testi

Numune örme kumaşların dikey kılcallık değerlerinin ölçümünde DIN 53924 standardı [82] esas alınmak suretiyle mezür, ataç ve metal telden oluşan bir tertibat geliştirilmiştir bu tertibatın şeması Şekil 3.14' de verilmiştir.



Şekil 3.14. Dikey kılcallık ölçüm tertibatı.

Şekil 3.14' de görülen dikey kılcallık ölçüm tertibatında mezür 130 mm ye kadar saf su ile doldurulur. Önceden kılcallık ölçümü yapılacak olan örme kumaşlardan 1 inch x 8 inch ebadında (her bir numuneden 1 adet olacak şekilde) parça kesilir. Elde edilen bu örme kumaş parçalarının uç tarafına yaklaşık olarak 10 cm uzunluğunda düz metal bir tel geçirilir (1). Örme kumaş parçalarının her iki ucuna ve orta kısmına kumaşı mezür içerisinde düzgün tutması amacıyla 3 adet ataç (2) takılır ve hazırlanan kumaş mezür içerisine (metal tel mezür'ün ağız kısmında kalacak şekilde) yerleştirilir. Kumaş saf su içerisine 1 cm kadar girer ve başta mezür içerisine konan saf su miktarının düzeyi (130 mm) sıfır noktası olarak kabul edilir (3). Burada mezür içerisindeki saf su miktarının sıfır noktası kabul edilmesinin nedeni, kumaşla saf suyun kesişip kılcallığın başladığı nokta olmasıdır. Kumaş mezür içerisine yerleştirildiğinde ilk değer kaydedilir ve kılcallık deneyi başlar. Kumaş üzerinde suyun yukarıya doğru ilerleyişi mezür yardımıyla belirli dakikalarda (2.5 – 5 – 7.5 ve 10. dakikalarda) mm olarak ölçülür ve sıfır noktası olarak kabul ettiğimiz 130 mm, elde edilen ölçüm sonucundan çıkarılarak, mm cinsinden kılcallık değerleri elde edilmiş olur.

3.2.8. Numune Örme Kumaşlarda Kalınlık Ölçümü

Numune örme kumaşların kalınlıklarının belirlenmesinde ASTM D 1777 standardı [83] esas alınmak suretiyle Paramount marka kalınlık ölçüm aracı kullanılmıştır. Kullanılan kalınlık ölçüm aracı Şekil 3.15' de görülmektedir. Söz konusu numune örme kumaşların

on farklı noktalarından kalınlık ölçümü yapılmıştır. bulunan sonuçların ortalaması numune örme kumaşların kalınlık değerleri olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.15. Kalınlık ölçüm aracı.

3.2.9. Numune Örme Kumaşlarda Ağırlık Ölçümü

Numune örme kumaşların ağırlıklarının belirlenmesinde ASTM D 3776 standardı [84] göz önünde bulundurularak Shımadzu AY220 marka hassas terazi kullanılmıştır. Kullanılan hassas terazi Şekil 3.16’ da verilmiştir.



Şekil 3.16. Hassas terazi.

3.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ölçümler sonucunda elde edilen bazı konfor verilerinin değerlendirilmesinde 2 faktörlü tesadüfi varyans analizi metodu kullanılmıştır. Seçilen 2 faktörden ilki olan metal tel inceliğinde 4 faktör seviyesi kullanılmıştır.

1. faktör seviyesi, metal tel içermeyen kumaşlara ait sonuçları (metal tel no: 0),
2. faktör seviyesi 18 mikron incelikte metal tel içeren kumaşlara ait sonuçları,
3. faktör seviyesi 35 mikron incelikte metal tel içeren kumaşlara ait sonuçları,
4. faktör seviyesi ise 50 mikron incelikte metal tel içeren kumaşlara ait sonuçları vermektedir.

Diğer faktör olarak belirlenen pamuk iplik numarasında ise 3 faktör seviyesi bulunmaktadır. Faktör seviyeleri sırasıyla;
Ne 50/1,
Ne 60/1 ve
Ne 70/1 numaralı iplikleri içeren kumaşlara ait sonuçları içermektedir.

Varyans analizi COSTAT istatistik programı ile yapılmış, varyans analizi sonucu bulunan Fs (F istatistik) değeri, I. tip hata α =0.05 için bulunan Ft (F tablo) ile karşılaştırılarak faktörlerin önem sıraları çıkartılmıştır. Fs> Ft olduğu durumlarda SNK (Student-Newman-Keuls) testi sonucu faktör seviyeleri arasında farklar bulunmuştur. Faktör seviyeleri, tüm değerlerin ortalamalarına göre harflerle gruplandırılmıştır; aynı harfle gruplandırılan faktör seviyeleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı kabul edilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan varyans analizinin matematiksel modeli şu şekildedir:

İki faktörlü varyans analiz tekniği

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

Y_{ijk} : Birinci (A) faktörün i'inci ve ikinci (B) faktörün j'inci seviyelerindeki k'ıncı gözlem

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (her zaman sabit)

Ai : Birinci faktörün i'inci seviyesindeki etkisi i =1,2,.....,a

Bj : İkinci faktörün j'inci seviyesindeki etkisi j =1,2,.....,b

ABij : A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimlerinin etkisi

$\varepsilon_{k(ij)}$:A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimindeki k'ıncı gözlemde bulunan tesadüfi hata k = 1,2,…..n

Bu tasarımda hipotezler,

Ho1: Ai = 0 bütün i'ler için

Ho2: Bj = 0 bütün j'ler için

Ho3: ABij = 0 bütün ij'ler için

4. BÖLÜM

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu kısımda, deney planına göre üretilen ipliklerden örülen numune kumaşlara ait ölçüm sonuçları verilmiştir. Numune örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Ek-2 de verilen Tablo 1-6 da verilmiştir.

Numune örme kumaşların termal iletkenlik ölçümleri ortalamaları ve bu ortalamalara ait % CV değerleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1. Termal iletkenlik ölçüm sonuçları (λ).

İplik kodları	**λ *(W/mK)***	***% CV***
5000	37,3	*1,4*
5018	35,3	*2,1*
5035	42,9	*2,4*
5050	44,4	*2,7*
6000	35,1	*3,5*
6018	42,3	*3,1*
6035	38,2	*3,1*
6050	43,7	*1,3*
7000	36,5	*1,2*
7018	37,8	*5.5*
7035	39,5	*5,6*
7050	42,5	*3,8*

Numune örme kumaşların termal direnç ölçümü ortalama sonuçları ve % CV değerleri Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Termal direnç ölçüm sonuçları (R).

İplik kodları	R*(m²K/W)*	*% CV*
5000	8	*1,1*
5018	15,5	*5,0*
5035	13,3	*2,8*
5050	19,6	*16,7*
6000	7,5	*2,7*
6018	11,2	*3,7*
6035	14,1	*3,2*
6050	19,4	*5,7*
7000	6,9	*2,1*
7018	10	*8,0*
7035	13,1	*7,3*
7050	19,7	*7,3*

Numune örme kumaşların termal absorbtivite ölçümü ortalama sonuçları ve % CV değerleri Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.3. Termal absorbtivite ölçüm sonuçları (b).

İplik kodları	b (*Ws½/m²K*)	*% CV*
5000	67,9	*5,9*
5018	64,8	*18,5*
5035	67,4	*3,7*
5050	66,8	*2,0*
6000	60,2	*10,1*
6018	75,6	*6,2*
6035	74,2	*4,9*
6050	69,3	*1,9*
7000	54,3	*13,6*
7018	60,1	*6,1*
7035	63,5	*7,8*
7050	64	*3,3*

Numune örme kumaşların hava geçirgenliği ölçümü ortalama sonuçları ve % CV değerleri Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.4. Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları (mm/s).

İplik kodları	Hava geçirgenliği (mm/s)	% CV
5000	5150	2,9
5018	4496	4,5
5035	4138	2,0
5050	4098	1,3
6000	6398	2,5
6018	5272	1,0
6035	4686	1,0
6050	4164	1,6
7000	7484	0,6
7018	7288	1,2
7035	6616	0,7
7050	6028	1,3

Numune örme kumaşların su buharı geçirgenliği ölçümü ortalama sonuçları Tablo 4.5' de verilmiştir.

Tablo 4.5. Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları (ml/saat).

İplik kodları	1. Ölçüm (ml/24 saat)	2. Ölçüm (ml/48 saat)	3.Ölçüm (ml/72saat)
5000	0,647	1,535	2,423
5018	0,813	1,856	2,899
5035	0,909	2,048	3,187
5050	0,761	1,773	2,784
6000	0,617	1,464	2,311
6018	0,763	1,765	2,766
6035	0,681	1,553	2,425
6050	0,727	1,699	2,671
7000	0,761	1,725	2,688
7018	0,767	1,731	2,694
7035	0,658	1,508	2,357
7050	0,661	1,543	2,424

Numune örme kumaşların dikey sıvı su iletimi (kılcallık) ölçümü ortalama sonuçları Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4.6. Dikey sıvı su iletimi (kılcallık) ölçüm sonuçları (mm/dakika).

İplik kodları	1. Ölçüm (mm/2.5 dk)	2. Ölçüm (mm/5 dk)	3. Ölçüm (mm/7.5 dk)	4.Ölçüm (mm/10 dk)
5000	68	80	90	98
5018	38	52	62	71
5035	60	73	81	90
5050	52	64	74	82
6000	73	90	104	114
6018	58	70	79	85
6035	45	58	66	74
6050	32	46	56	62
7000	62	80	88	96
7018	52	62	70	78
7035	42	52	60	68
7050	42	50	58	64

Numune örme kumaşların kalınlık, gramaj ve yoğunluk ölçümü ortalama sonuçları Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Kumaş kalınlığı (mm), kumaş gramaj (gr/m^2) ve kumaş yoğunluğu (g/cm^3) ölçüm sonuçları.

İplik kodları	Kumaş kalınlığı (mm)	Kumaş gramajı (gr/m^2)	Kumaş yoğunluğu (g/cm^3)
5000	0.30	67.20	0.224
5018	0.55	106.58	0.1952
5035	0.57	113.25	0.19798
5050	0.87	221.88	0.25562
6000	0.26	59.16	0.2258
6018	0.47	77.04	0.16322
6035	0.54	109.09	0.20201
6050	0.85	190.83	0.22503
7000	0.25	56.55	0.2244
7018	0.38	80.55	0.21309
7035	0.52	110.99	0.21509
7050	0.84	177.53	0.21238

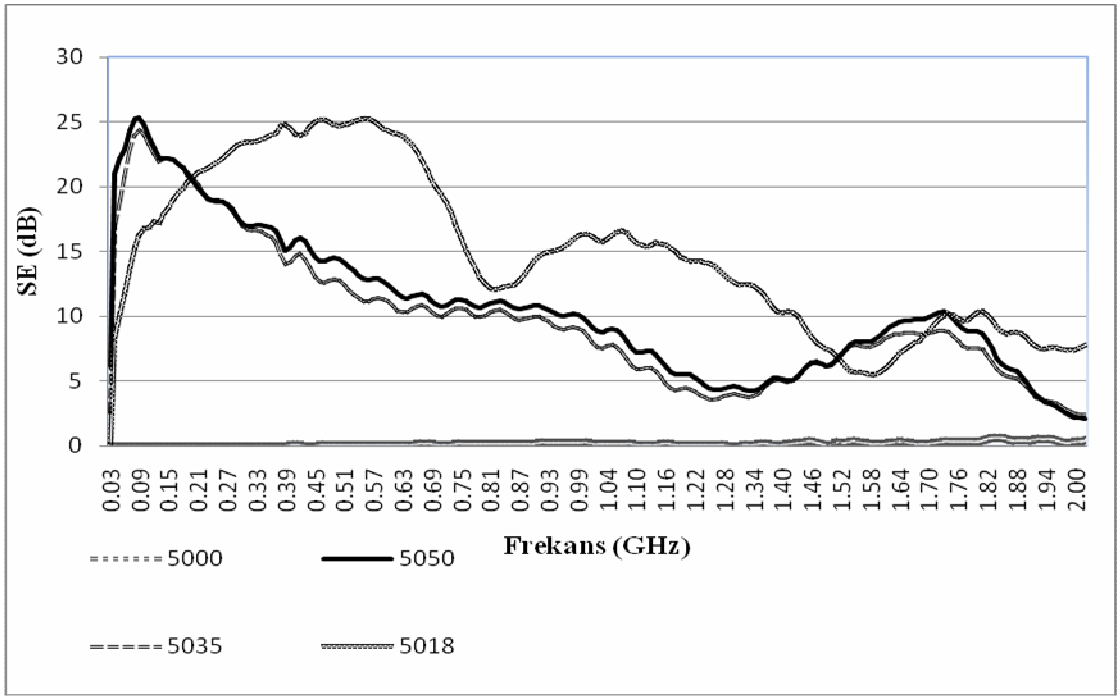
5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Ekranlama Etkinliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırma için üretilen, özellikleri Tablo 3.1'de verilen, 12 farklı iplik tipinden örülen süprem yapıdaki kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.1- Şekil 5.6 arasında grafiksel olarak gösterilmiştir.

5000, 5018, 5035, 5050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.1' de grafiksel olarak gösterilmiştir.

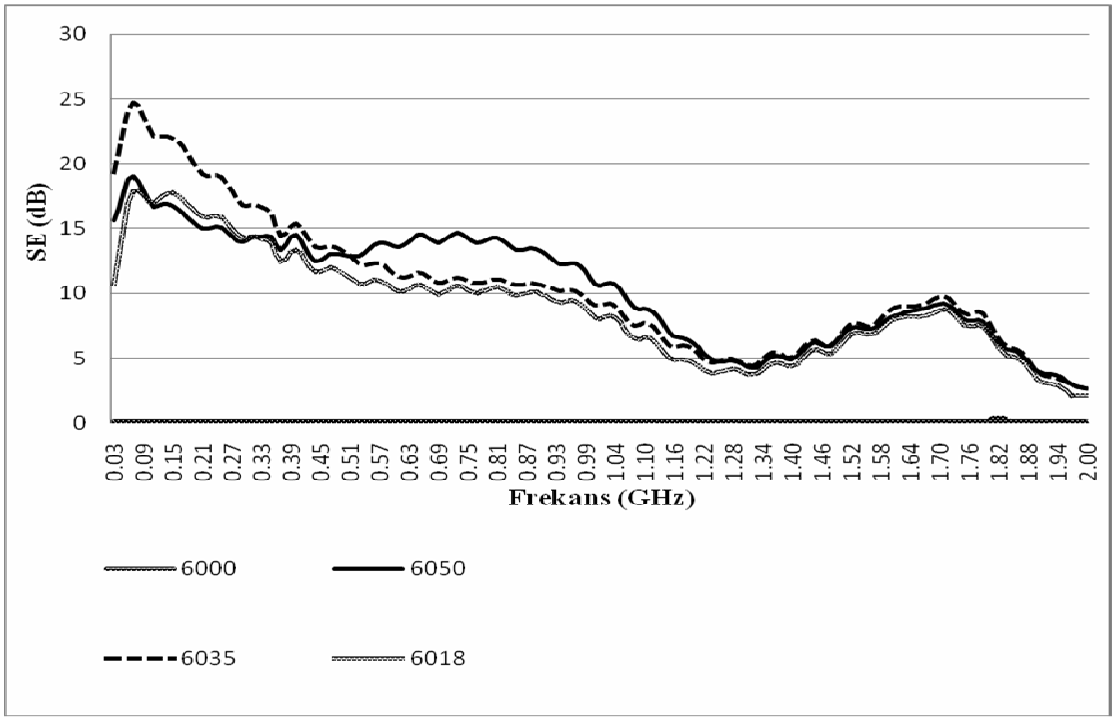


Şekil 5.1. 5000, 5018, 5035, 5050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

% 100 pamuk ipliğinden üretilen 5000 kodlu örme kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 0.17-0.67 GHz frekans aralığında 5018 kodlu, 0.04-0.19 GHz frekans aralığında 5035 kodlu, 0.03-0.18 GHz frekans aralığında 5050 kodlu örme kumaşlar 20 dB ve üzeri ekranlama etkinliği göstermektedir.

Ayrıca Şekil 5.1' deki grafik incelendiğinde; metal içerikli iplikten üretilen süprem örme kumaşların en yüksek ekranlama etkinlik değerlerinin düşük frekanslarda ortaya çıktığı, genel olarak frekans değeri (GHz) yükseldikçe ekranlama etkinlik değerlerinin kötüleştiği görülmektedir. Bu durumun frekansın artışı ile elektromanyetik dalganın dalga boyunun küçülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6000, 6018, 6035, 6050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.2' de grafiksel olarak gösterilmiştir.



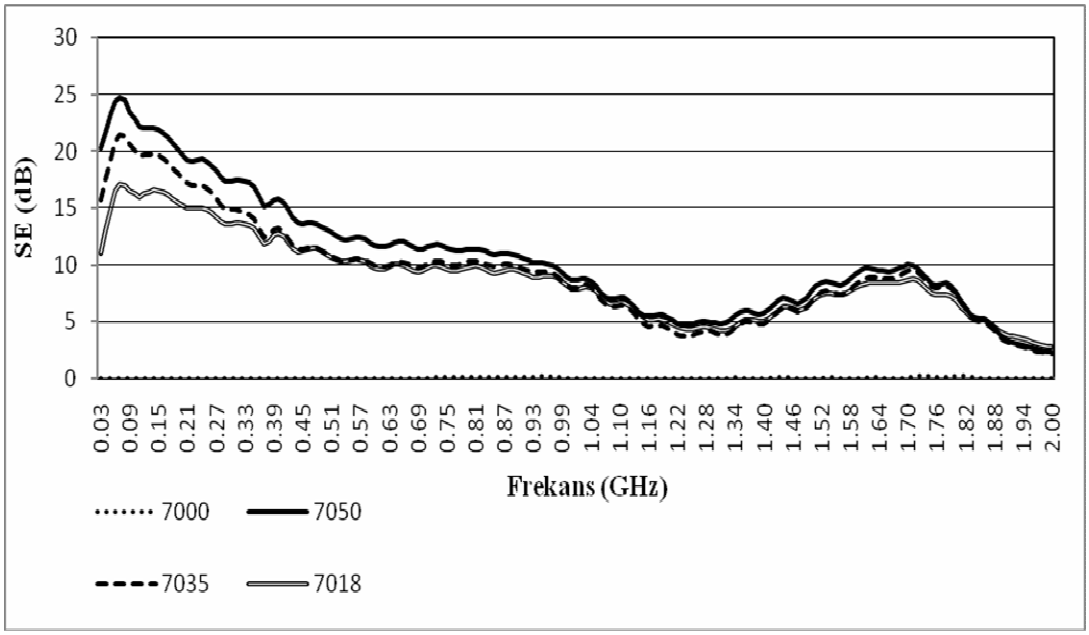
Şekil 5.2. 6000, 6018, 6035, 6050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

%100 pamuk ipliğinden üretilen 6000 kodlu örme kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 0.05-0.27 GHz frekans aralığında 6018 kodlu, 0.03-0.21 GHz frekans aralığında 6050 kodlu örme kumaşların 15 dB ve üzeri bir

ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. 0.04-0.19 GHz frekans aralığında 6035 kodlu örme kumaşın 20 dB ve üzeri, 0.20-0.36 frekans aralığında 15 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinlik değeri ise 6035 kodlu kumaşın ölçümünde, 0.07 GHz'de 24.75 dB olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca Şekil 5.2' deki grafik incelendiğinde; frekans değeri yükseldikçe kompozit ipliklerden meydana gelmiş örme kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin birbirine yaklaştığı ve yine frekans değeri yükseldikçe söz konusu örme kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin düştüğü görülmektedir.

7000, 7018, 7035, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.3' de grafiksel olarak gösterilmiştir.



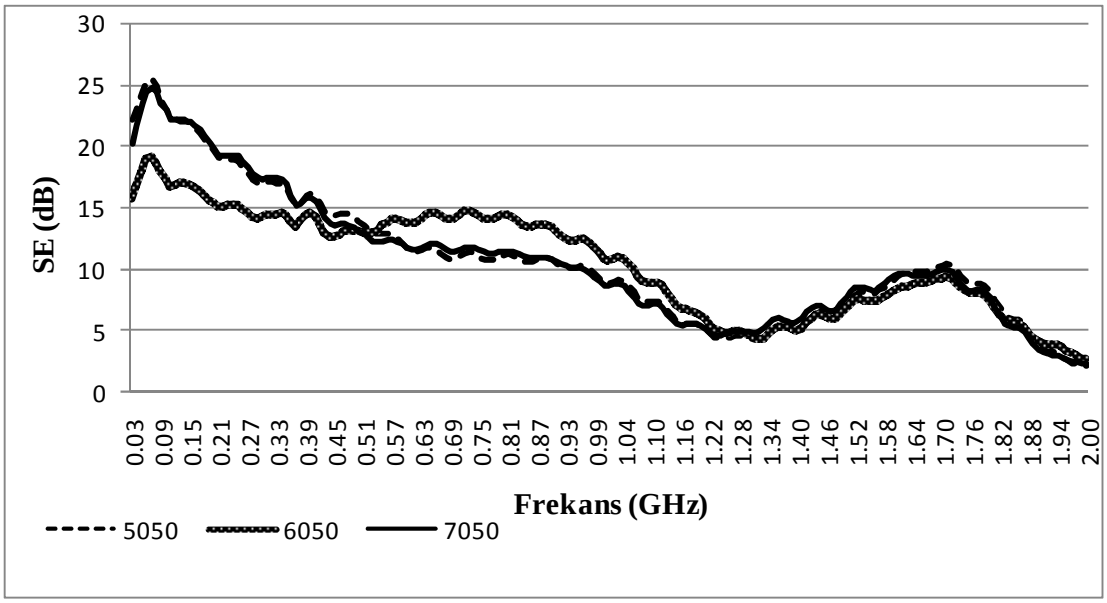
Şekil 5.3. 7000, 7018, 7035, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

% 100 pamuk ipliğinden üretilen 7000 kodlu örme kumaşın ekranlama özelliği olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte 0.05-0.21 GHz frekans aralığında 7018 kodlu örme kumaşın 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. Ayrıca 0.03-0.28 GHz frekans aralığında 7035 kodlu, 0.03-0.41 GHz frekans aralığında Ne 7050 kodlu örme kumaşın 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir.

En yüksek ekranlama etkinlik değeri ise 7050 kodlu örme kumaşın ölçümünde 0.07 GHz'de 24.77 dB olarak kaydedilmiştir.

Şekil 5.3' deki grafik incelendiğinde frekans değeri yükseldikçe kompozit iplikler arasındaki ekranlama etkinlik değerlerinin birbirine yaklaştığı ve yine frekans değeri yükseldikçe söz konusu örme kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin düştüğü görülmektedir.

5050, 6050, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.4' de grafiksel olarak gösterilmiştir.

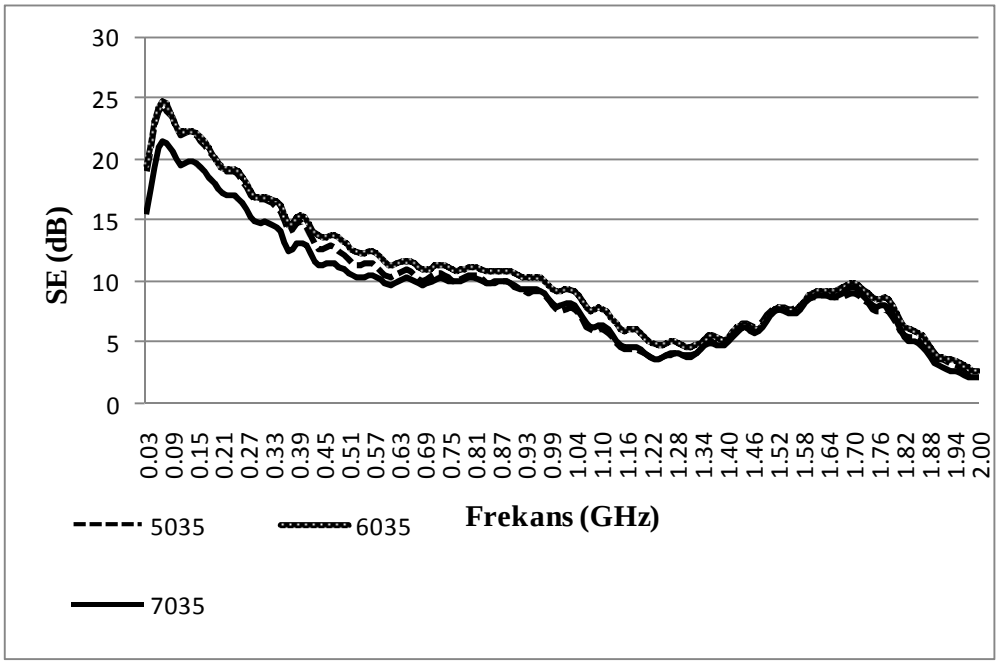


Şekil 5.4. 5050, 6050, 7050 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

0.03-0.18 GHz frekans aralığında 5050 kodlu, 0.03-0.19 GHz frekans aralığında 7050 kodlu örme kumaşların 20 dB ve üzeri, 0.03-0.21 GHz frekans aralığında 6050 kodlu örme kumaşın 15 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinlik değeri ise 5050 kodlu örme kumaşın ölçümünde 0.07 GHz'de 25.37 dB olarak kaydedilmiştir.

Şekil 5.4’ deki grafik incelendiğinde frekans değeri yükseldikçe söz konusu örme kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin düştüğü ve ekranlama etkinliği açısından birbirine yakın değerler ortaya koyduğu görülmektedir.

5035, 6035, 7035 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.5’ de grafiksel olarak gösterilmiştir.

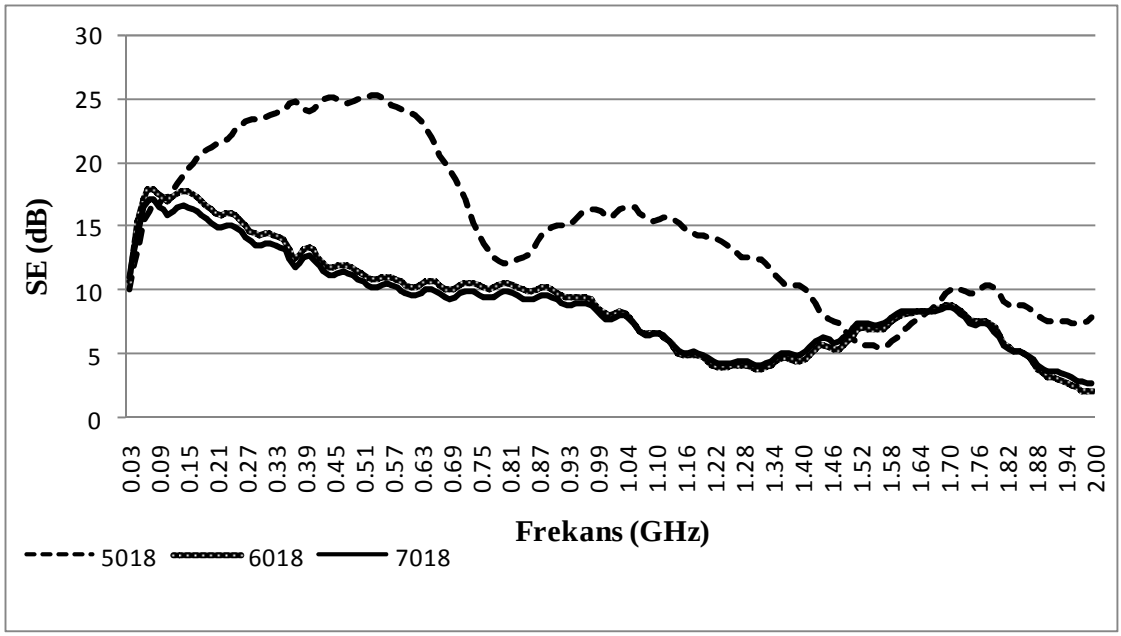


Şekil 5.5. 5035, 6035, 7035 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

5035 kodlu örme kumaşın 0.04-0.19 GHz frekans aralığında 20 dB ve üzeri, 0.20-0.35 GHz frekans aralığında 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte 0.04-0.19 GHz frekans aralığında 6035 kodlu örme kumaşın 20 dB ve üzeri, 0.20-0.36 GHz frekans aralığında 15 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı, 7035 kodlu örme kumaşın ise 0.06-0.09 GHz frekans aralığında 20 dB ve üzeri, 0.10-0.28 GHz frekans aralığında ise 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinlik değeri ise 6035 kodlu örme kumaşın ölçümünde 0.07 GHz’de 24.75 dB olarak kaydedilmiştir.

Şekil 5.5’ deki grafik incelendiğinde; frekans değeri yükseldikçe bu kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin birbirine yaklaştığı ve ekranlama etkinlik değerlerinin düştüğü görülmektedir.

5018, 6018, 7018 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları Şekil 5.6’ da grafiksel olarak gösterilmiştir.



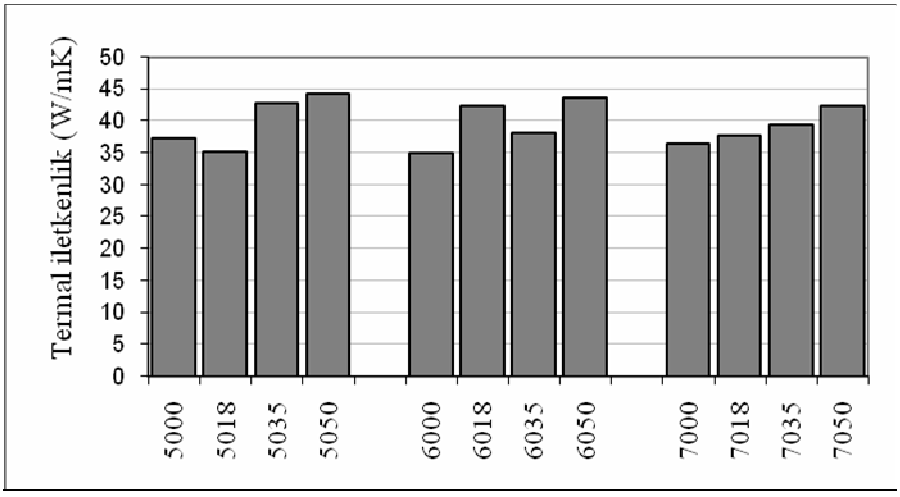
Şekil 5.6. 5018, 6018, 7018 kodlu ipliklerden üretilen örme kumaşların ekranlama etkinliği.

5018 kodlu örme kumaşın 0,17-0,67 GHz frekans aralığında 20 dB ve üzeri, 0.91-1.15 GHz frekans aralığında 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 0.05-0.27 GHz frekans aralığında 6018 kodlu, 0.05-0.21 GHz frekans aralığında 7018 kodlu örme kumaşın örme kumaşın 15 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinlik değeri ise 5018 kodlu örme kumaşın ölçümünde 0.53 GHz’de 25.27 dB olarak kaydedilmiştir.

Şekil 5.6’ daki grafik incelendiğinde; frekans değeri yükseldikçe ilgili kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinin düştüğü görülmektedir.

5.2. Termal İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen örme kumaşların termal iletkenlik sonuçları Şekil 5.7' deki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.7. Termal iletkenlik sonuçları.

Şekil 5.7' deki sonuçlar, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça tüm kumaş tiplerinde termal iletkenlik değerlerinin arttığını, 50 mikron SS tel kullanılan numunelerin en yüksek termal iletkenlik değerleri verdiğini göstermektedir. Paslanmaz çelik tellerin termal iletkenliklerinin ortam sıcaklığı arttıkça yükseldiği ve oda sıcaklığında tekstil liflerinden daha yüksek termal iletkenlik değerine sahip olduğu bilinmektedir [85, 86]. Bu nedenle, metal tel ilavesinin pamuklu kumaşların termal iletkenlik değerlerinde artışa yol açacağı beklenen bir sonuçtur.

Tüm sonuçların bir arada değerlendirildiği varyans analizi, Tablo 5.1' de verilmiştir. Bu çizelgede, varyans kaynağı olarak alınan metal tel inceliğine ait beklenen varyans değerinin (MS), pamuk iplik numarasına ait olan (MS) değerinden yüksek çıkması, kumaşların termal iletkenlik değeri üzerine metal telin etkisinin, pamuk iplik numarasındaki değişimden kaynaklanan etkiden daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Metal tel tipi için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı (*significant*) çıkmıştır; metal tel ve pamuk ipliğinin kesişiminin etkisi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç şu şekilde yorumlanabilir: Metal tel içeren kumaşlar için termal iletkenlik değerine göre sınıflandırma yapılacaksa, 18, 35 veya 50 mikron SS içeren

kumaşlar farklı sınıflarda yer almalıdır; bu kumaşların termal iletkenlik üzerinden verecekleri konfor algıları birbirlerinden farklı olacaktır.

Tablo 5.1. Kumaşların termal iletkenlik değerlerine ait varyans analizi tablosu.

Faktörler	MS	Fs	p
Metal tipi	84.005	49.724	0,000 ***
Pamuk ipliği tipi	2,788	1.650	0,213 ns
Metal x Pamuk	19,714	11.669	0,000 ***

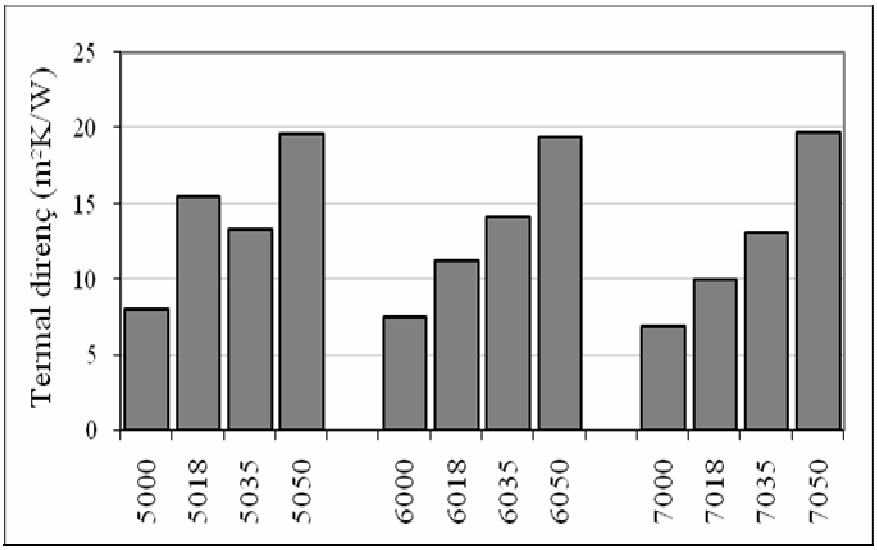
Metal tel ve pamuk ipliğinin faktör seviyelerinin kumaşların termal iletkenliğine etkisini görmek için yapılan SNK testi sonuçları Tablo 5.2' de görülmektedir. SNK testinin ortalama termal iletkenlik değerleri, daha kalın metal tel kullanıldıkça örme kumaşın termal iletkenlik değerinin arttığını göstermiştir.

Tablo 5.2. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal iletkenliğine etkisine ait SNK analizi.

Faktörler	**Faktör seviyesi**	**Termal iletkenlik**	**ns aralığı**
Metal tel tipi	50 mikron	43.533	a
	35 mikron	40.199	b
	18 mikron	38.467	c
	0 mikron	36.300	d
Pamuk ipliği	Ne 50	39.975	a
	Ne 60	39.824	a
	Ne 70	39.075	a

5.3. Termal Direnç Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan söz konusu örme kumaşların termal direnç sonuçları Şekil 5.8' deki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.8. Termal direnç sonuçları.

Şekil 5.8' deki sonuçlar, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça termal direnç değerlerinin arttığını göstermektedir. Metal tel kalınlığının arttırılması, elde edilen kompozit örme kumaşın kalınlığını da arttırmaktadır. Kaynak araştırılmasında verildiği üzere, kuru haldeki bir kumaşın termal direnci özellikle kalınlığa bağlıdır. Tekstil kumaş yapılarında, kalınlık arttıkça termal dirençlerinin yükseldiği bilinmektedir [33, 44]. Bu nedenle, pamuk ipliklerine ilave edilen metal tel kalınlığı arttıkça, buna bağlı olarak hazırlanan örme kumaşların kalınlıkları da artacağından termal direnç değerlerinin yükselmesi beklenen bir sonuçtur. Çalışmada kullanılan kumaş tiplerinin kalınlık ve termal direnç değerleri arasında 0.986 gibi yüksek bir korelasyon katsayısı bulunmuştur.

Tüm sonuçların bir arada değerlendirildiği varyans analizi, Tablo 5.3' de verilmiştir; varyans kaynağı olarak alınan metal tel kalınlığına ait beklenen varyans değerinin (MS), pamuk iplik numarasına ait olan (MS) değerinden çok daha yüksek çıkması, kumaşların termal direnç değeri üzerine metal tel ilavesinin çok kuvvetli etkisi olduğunu göstermektedir. Metal tel tipi ve pamuk ipliği tipi için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı (*significant*) çıkmıştır; metal tel ve pamuk ipliğinin kesişiminin etkisi de istatistiksel anlamlı olarak bulunmuştur.

Tablo 5.3. Kumaşların termal direnç değerlerine ait varyans analizi tablosu.

Faktörler	MS	Fs	p
Metal tipi	222.412	159.886	0.0000 ***
Pamuk ipliği tipi	8.709	6.261	0.0065 **
Metal x Pamuk	6.043	4.344	0.0042 **

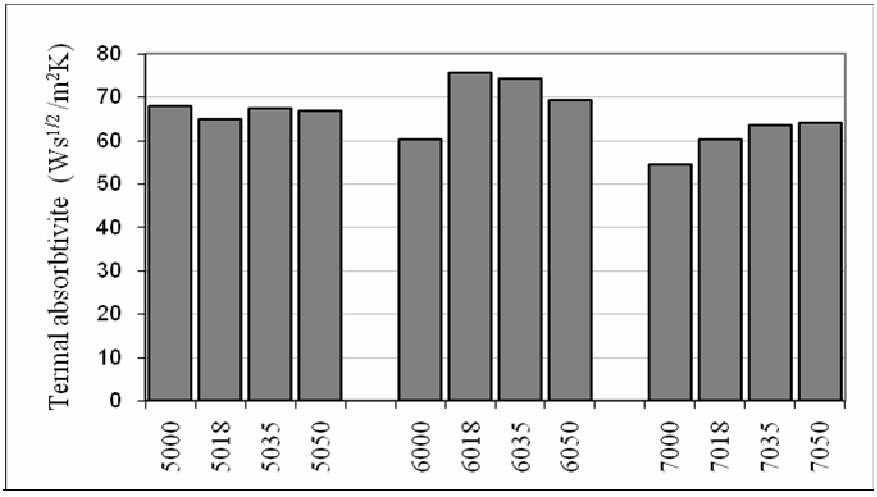
Metal tel ve pamuk ipliğinin faktör seviyelerinin kumaşların termal dirence etkisini görmek için yapılan SNK testi sonuçları Tablo 5.4' de görülmektedir. SNK testinin ortalama termal direnç değerleri, daha kalın metal tel kullanıldıkça örme kumaşın termal direnç değerinin arttığını ve bu artışın her metal tel kalınlık değeri için istatistiksel olarak farklı aralıkta olduğunu göstermiştir. Değişik numaralarda kullanılan pamuk ipliği için yapılan SNK testinde ise, pamuk iplik numarası arttıkça (ince iplik) nihai kumaşın termal direnç değerinin azaldığı görülmüştür. Ne 50/1 iplik içeren örme kumaşların termal direnç değerleri, diğer iki tipten istatistiki olarak anlamlı farklılıkta çıkmıştır.

Tablo 5.4. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal direnç etkisine ait SNK analizi.

Faktörler	**Faktör seviyesi**	**Termal direnç**	**ns aralığı**
Metal tel tipi	50 mikron	19.540	a
	35 mikron	13.510	b
	18 mikron	12.205	c
	0 mikron	7.468	d
Pamuk ipliği	Ne 50	14.095	a
	Ne 60	13.038	b
	Ne 70	12.409	b

5.4. Termal Absorbtivite (absorbanlık) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan söz konusu örme kumaşların termal absorbtivite (absorbanlık) sonuçları Şekil 5.9' daki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.9. Termal absorbtivite (absorbanlık) sonuçları.

Şekil 5.9' daki sonuçlar, kumaşlara metal tel ilavesi sonucunda termal absorbtivite değerinin arttığını, dolayısıyla kumaşların daha soğuk temas hissi vereceğini göstermektedir. Kaynak araştırmasında verilen bulgular, örme kumaş yapılarında termal absorbtivitenin termal iletkenlikle doğru, termal direnç ile ters orantılı biçimde değiştiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada metal tel ilavesinin, pamuklu kumaşların termal iletkenlik ve termal direnç değerlerinin ikisini de arttırdığı görülmektedir. Bu nedenle, termal absorbtivite sonuçları düzgün bir dağılım içinde yer almamıştır. Tüm sonuçların bir arada değerlendirildiği varyans analizi, Tablo 5.5' de verilmiştir. Bu çizelge, kumaşların termal absorbtivite değeri üzerine pamuk iplik numarası etkisinin metal tel inceliğindeki değişimden kaynaklanan etkiden daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle pamuk ipliği için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Tablo 5.5. Kumaşların termal absorbtivite değerlerine ait varyans analizi tablosu.

Faktörler	MS	Fs	p
Metal tipi	109.994	3.945	0.0202*
Pamuk ipliği tipi	278.241	9.976	0.0007***
Metal x Pamuk	52.590	1.886	0.1247 ns

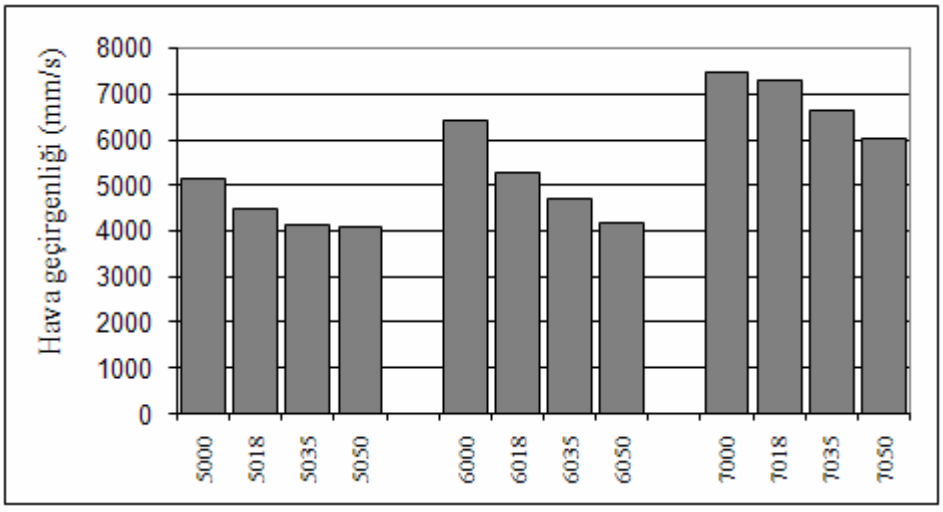
Metal tel ve pamuk ipliğinin faktör seviyelerinin kumaşların termal absorbitiviteye etkisini görmek için yapılan SNK testi sonuçları Tablo 5.6' da görülmektedir. SNK testinin ortalama değerleri, metal tel içermeyen kumaşların termal absorbtivite değerlerinin metal tel içerenlere göre daha düşük ve istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermiştir.

Tablo 5.6. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların termal absorbtivite etkisine ait SNK analizi.

Faktörler	Faktör seviyesi	Termal absorbtivite	ns aralığı
Metal tel tipi	35 mikron	68.929	a
	18 mikron	66.833	ab
	50 mikron	66.699	ab
	0 mikron	60.800	b
Pamuk ipliği	Ne 60	69.824	a
	Ne 50	67.148	a
	Ne 70	60.474	b

5.5. Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan söz konusu örme kumaşların hava geçirgenliği sonuçları Şekil 5.10' daki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.10. Hava geçirgenliği sonuçları.

Şekil 5.10’ daki sonuçlar, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça tüm kumaş tiplerinde hava geçirgenlik değerlerinin düştüğünü, metal tel içermeyen numunelerin en yüksek hava geçirgenliği değerleri verdiğini ve tüm kumaş tiplerini oluşturan ipliklerin kalınlığı azaldıkça hava geçirgenlik değerinin arttığını göstermektedir. Aynı tip örme kumaşları oluşturan iplikler inceldikçe, kumaşın gözenek boyutunun artacağı, buna bağlı olarak ta kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin artacağı beklenir bir sonuçtur. Buna ek olarak, kumaş yapısındaki metal tel kalınlığının artması, kumaşların hava geçirgenlik değerinde düşüşe neden olacaktır. Tüm sonuçların bir arada değerlendirildiği varyans analizi, Tablo 5.7’ de verilmiştir. Bu çizelge, kumaşların hava geçirgenlik değeri üzerine pamuk iplik numarasındaki değişimden kaynaklanan etkinin daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Metal tel tipi ve pamuk ipliği tipi için tüm sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır; metal tel ve pamuk ipliğinin kesişiminin etkisi de istatistiksel anlamlı olarak bulunmuştur. Buna göre, metal tel içeren kumaşlar hava geçirgenlik değerlerine göre farklı sınıflarda yer almalıdır.

Tablo 5.7. Kumaşların hava geçirgenlik değerlerine ait varyans analizi tablosu.

Faktörler	MS	Fs	p
Metal tipi	4119811.111	218.429	0.0000 ***
Pamuk ipliği tipi	18069352.778	958.022	0.0000***
Metal x Pamuk	285219.444	15.122	0.0000 ***

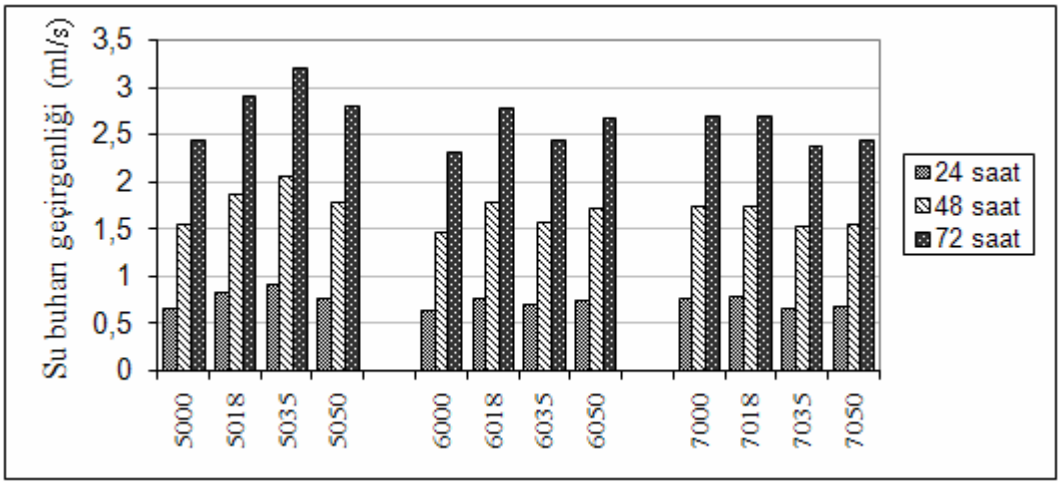
Metal tel ve pamuk ipliğinin faktör seviyelerinin kumaşların hava geçirgenliğine etkisini görmek için yapılan SNK testi sonuçları Tablo 5.8’ de görülmektedir. SNK testinin ortalama hava geçirgenlik değerleri, daha kalın metal tel kullanıldıkça (iplik içerisinde metal oranı arttıkça) örme kumaşın hava geçirgenlik değerinin düştüğünü göstermiştir. Değişik numaralarda kullanılan pamuk ipliği için yapılan SNK testinde de, aralarında istatistiksel farklılık görülmüştür. Daha kalın pamuk ipliği kullanıldığında, daha düşük hava geçirgenlik değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 5.8. Metal ve pamuk ipliği numaralarının kumaşların hava geçirgenliği etkisine ait SNK analizi.

Faktörler	Faktör seviyesi	Hava geçirgenliği	ns aralığı
Metal tel tipi	0	6.328.889	a
	18 mikron	5.708.889	b
	35 mikron	5.158.889	c
	50 mikron	4.774.444	d
Pamuk ipliği	Ne 70	6.865.000	a
	Ne 60	5.112.500	b
	Ne 50	4.500.833	c

5.6. Su Buharı Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan söz konusu örme kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları Şekil 5.11' deki grafikte verilmiştir.

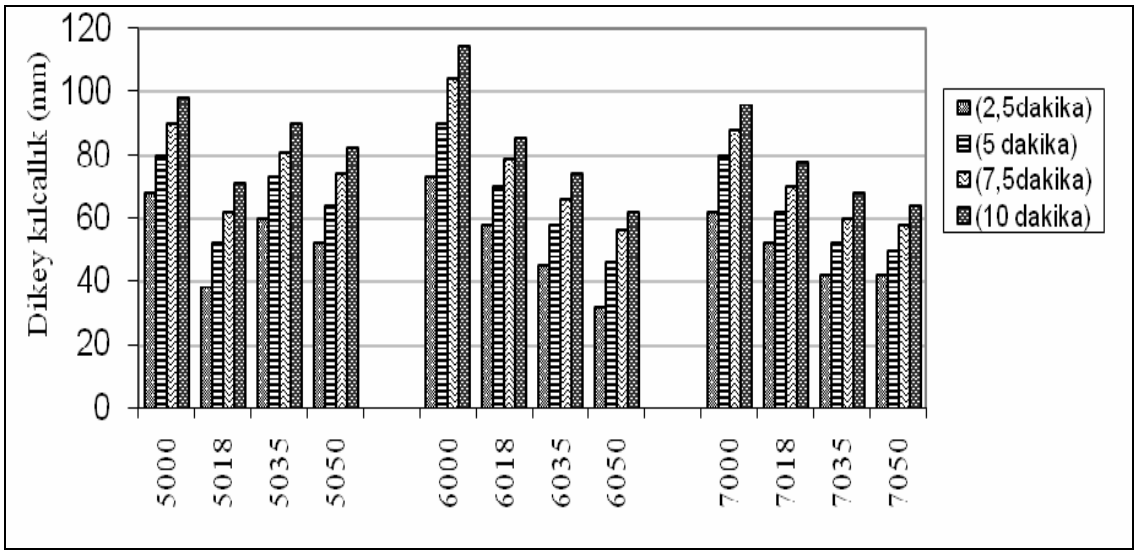


Şekil 5.11. Su buharı geçirgenliği sonuçları.

Şekil 5.11' deki grafiğe göre metal tel ilavesinin kumaşların su buharı geçirgenliğini anlamlı şekilde etkilemediği görülmektedir. Kaynak araştırılmasında verildiği üzere, su buharının, kumaş içinden olan hareketliliği büyük oranda kumaşın mikro gözenekli yapısına bağlıdır [33, 50, 64]. Ancak çalışmada kullanılan numuneler düşük gramajlı ve seyrek yapılı kumaşlar olduğundan, bu tip yapılarda su buharı geçirgenliğinin gözenek yapısıyla ilgili olmadığı düşünülmektedir.

5.7. Dikey Kılcallık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan söz konusu örme kumaşların dikey kılcallık sonuçları Şekil 5.12' deki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.12. Dikey kılcallık sonuçları.

Şekil 5.12' deki sonuçlar, metal tel oranı arttıkça, tüm kumaş tiplerinde genelde dikey kılcallık değerinin düştüğünü, en yüksek dikey kılcallık değerini içerisinde metal tel bulunmayan örme kumaşların verdiğini göstermektedir. Kaynak araştırmasında verildiği üzere, tekstil kumaşlarının kılcallık özelliği, lif yüzeyinin morfolojisi ve lif şeklinden etkilenmektedir. Çünkü lif şekli kumaşlardaki kapilar boşlukların şekli ve geometrisini ve sonuçta kılcallık oranını değiştirmektedir. Kapilardaki sıvı akışı, geometrik düzensizlikler nedeniyle menüsküsün sınıra ulaşması ve sıvı – hava ara yüzeyinin düzleşmesi ile son bulur [70]. Dolayısı ile çalışmada kullanılan numune kumaşların içeriğindeki metal tel oranı arttıkça, kapilar boşlukların şekli ve geometrisini etkileyerek dikey kılcallık değerlerinde düşüşe yol açtığı düşünülmektedir.

5.8. Genel Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, tekstil kumaşlarının elektromanyetik radyasyona karşı koruma etkinliğini arttırmak amacıyla yapılarına iletken metal tel katılmasının kumaşın konfor özelliklerine etkisini incelenmiştir.

Kaynakça kısmında belirtildiği üzere, bir tekstil kumaşının konfor algısını büyük oranda termal konfor parametreleri belirlemektedir. Bu nedenle, çalışmada elektromanyetik ekranlama amacı ile üretilmiş örme numunelerinin elektromanyetik ekranlama özelliklerinin ölçülmesinin yanında, termal konfor özelliklerini değerlendirmekte kullanılabilecek termal iletkenlik, termal direnç, termal absorbtivite (ısı transferi); hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve dikey kılcallık (kütle transferi) özellikleri ölçülmüştür.

Deneysel çalışmada, üç farklı incelikte pamuk ipliklerinin üç farklı kalınlıkta iletken metal tel (paslanmaz çelik) ile içi oyuk iğli kaplama yöntemi kullanılarak bir araya getirilmesi ile elde edilen kompozit ipliklerden örülen örme kumaş numuneleri kullanılmıştır.

Çalışma sonuçları, paslanmaz çelik tel içeren örme kumaşların, paslanmaz tel içermeyen örme kumaşlardan daha yüksek ekranlama etkinlik değeri verdiği, düşük frekans değerlerinde paslanmaz çelik tel içerikli örme kumaşların nispeten daha iyi ekranlama etkinliği ortaya koyduğu, frekans değeri yükseldikçe ekranlama etkinlik değerinin düştüğü görülmüştür. Ayrıca, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça tüm kumaş tiplerinde termal iletkenlik değerlerinin arttığını, kumaşların termal iletkenlik değeri üzerine metal telin etkisinin pamuk iplik numarasındaki değişimden kaynaklanan etkiden daha kuvvetli olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça, kumaş kalınlığının ve buna bağlı olarak kumaşların termal direnç değerlerinin arttığı ve kumaşların termal direnç değeri üzerine metal tel ilavesinin kuvvetli etkisi olduğu bulunmuştur.

Sonuçlar, metal tel ilavesi sonucunda kumaşların termal absorbtivite değerinin arttığını, dolayısıyla kumaşların daha soğuk temas hissi vereceğini göstermiştir. Ancak, termal absorbtivite sonuçları metal tel kalınlığındaki veya pamuk iplik numarasındaki sıralamaya bağlı olarak düzgün bir dağılım içinde yer almamıştır.

Çalışma sonuçları, kullanılan metal tel kalınlığı arttıkça tüm kumaş tiplerinde hava geçirgenlik değerlerinin düştüğünü, içerisinde metal tel içermeyen numunelerin en yüksek hava geçirgenliği değerleri verdiğini ve tüm kumaş tiplerinde ipliklerin kalınlığı azaldıkça hava geçirgenlik değerinin arttığını göstermiştir.

Çalışmada kullanılan kumaşların düşük gramajlı ve seyrek yapılı olmaları, numunelerin su buharı geçirgenliklerini ilgili laboratuar cihazıyla sağlıklı ölçülmesini engellemiştir. Bu tip kumaşlarda su buharı geçirgenliğini değerlendirmek oldukça zordur; bununla birlikte numunelerin su buharı geçirgenliği tespitine yönelik kap metodu ölçümleri, metal tel ilavesinin kumaşların su buharı geçirgenliğini etkilemediğini göstermiştir.

Son olarak ölçüm sonuçları, kumaş yapısındaki metal tel oranı arttıkça, kumaş tiplerinde dikey kılcallık değerinin genelde düştüğünü, en yüksek dikey kılcallık değerini içerisinde metal tel bulunmayan örme kumaşların verdiğini göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucunda; metal tel tipi kumaşların termal iletkenlik, termal direnç ve dikey kılcallık özelliklerinde, pamuk ipliği tipinin ise termal absorbtivite ve hava geçirgenliği özelliklerinde baskın faktör oldukları, bununla birlikte metal tel ilavesinin su buharı geçirgenliğine anlamlı bir etkisinin olmadığı görünmektedir. Bu sonuç, metal tel içeren pamuklu örme kumaşların konfor algısında metal tel ve pamuk ipliğinin ayrı ayrı etkilerinin göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Ölçüm sonuçları, 50 mikron gibi kalın paslanmaz çelik (SS) metal tel kullanımının kumaş kalınlığını aşırı arttırarak termal direnci yükselteceğini ve termal iletkenlik ve termal absorbitivite değerlerindeki artışı baskılayacağını göstermektedir. Bu tip bir yapı kumaşların terle temas davranışını değerlendirmekte kullanılabilecek dikey kılcallık özelliğini de olumsuz biçimde etkilemektedir. Buna ek olarak 50 mikron metal tel içeren kompozit ipliklerin örülmesinde (Şekil 3.7’ de görüldüğü üzere) güçlüklerle karşılaşılmıştır. Karşılaşılan bu güçlüklerin kompozit iplik yapısındaki metal telin Şekil 2.2’ de de görüldüğü gibi yüksek eğilme rijitliğinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Pamuk ipliğinde Ne 70 gibi yüksek bir incelik değerinin seçilmesi yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaş üretimine imkan verirken, termal iletkenlik, termal direnç, termal absorbtivite ve su buharı geçirgenliklerinde düşük değerler sunmaktadır. Ancak bu değerler Ne 50 ve Ne 60 numaralı ipliklerden elde edilen kumaşlardan istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Bu değerlendirme sonucunda, 7018 veya 7035 kodlu kompozit ipliklerden üretilen süprem örme kumaş yapıları, termal konfor açısından en kullanışlı yapı olarak önerilebilmektedir.

Benzer çalışmalar, farklı kompozit iplik üretim teknikleri ile, farklı metal tipleri kullanılarak üretilmiş ipliklerden mamül farklı kumaş yapıları için tekrarlanabilir. Böylece teknik ya da estetik nedenlerle yapısında metal tel bulunduran kumaşların optimum konfor algısına yönelik metal tel ve kompozit iplik üretim tekniği tespit edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Derdiyok, U., Metal Lif Takviyeli Pamuk İpliklerinden Üretilmiş Örme Kumaşların Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara üniversitesi, İstanbul, 2007.

2. Sevgi, L., Elektromanyetik Uyumluluk Elektromanyetik Kirlilik, EMO İstanbul, Ekim 2000.

3. Şeker, S., Çerezci, O., Radyasyon Kuşatması - Elektriğin ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 2000.

4. Roh, J., -S., Chi, Y., -S, Kang, T., J., Nam, S., -W., Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, T. Res., Journal, 78 (9), 825-835, 2008.

5. http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler/e_radyasyon.pdf, Eylül 2008.

6. www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf , Nisan 2010.

7. Palamutçu S., Dağ N., Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 3, No: 1, 87-101, 2009.

8. Su, C. I., Chern, J. T., Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Res. J. 74(1), 51-54, 2004.

9. http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/elektromanyetik%20kirlilik%20rapor.pdf, Eylül 2008.

10. Lou, C.W., Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire, Textile Res. J., 75 (6), 466-473, 2005.

11. Cheng, K., B., Cheng, T. W., Lee, K., C., Ueng, T., H., Hsing, W., H., Effects of Yarn Constitutions and Fabric Specifications on Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics, Composites Part A:applied science and manufacturing, 34, 971-978, 2003

12. Chen, H., C., Lee, K., C., Lin, J., H., Electromagnetic and Electrostatic Shielding Properties of Co-Weaving-Knitting Fabrics Reinforced Composites, Composites Part A:applied science and manufacturing, 35, 1249-1256, 2004.

13. Ueng, T., H., Cheng, K., B., Friction Core-Spun Yarns for Electrical Properties of Woven Fabrics, Composites Part A:applied science and manufacturing, 32, 1491-1496, 2001.

14. www.textile-wire.ch, Mayıs 2009.

15. Pinar, A., Michalak, L., Influence of Structural Parameters of Wale-Knitted Fabrics on their Electrostatic Properties, Fibres&Textiles in Eastern Europe, Vol. 14, No. 5 (59), January / December 2006.

16. Ersoy, M.S., Önder, E., Shielding Textiles Against Electromagnetic Radiation, International Nonwoven Technical Textiles Technology Magazine, Sayı:18, 52-61, 2008.

17. Goedbloed, J. J., Electromagnetic Compatibility, Prentice Hall International (UK) Ltd., 1992.

18. http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf, Eylül 2008.

19. Hollies, N. R., L. Fourt, Clothing Comfort and Function. Marcel Dekker Inc.New York, USA. 254, 1970.

20. Janda, N. B., Development of a Predictive Shielding Effectiveness Model for Carbon Fiber/Nylon Based Composites, M.Sc. Thesis, Michigan Technological University, 2004.

21. www.bekaert.com, 2008.

22. Meoli, D., May-Plumiee, T., Interactive Electronic Textile Development, Journal of Textile and Apparel Technology and Management, vol. 2, Iss. 2, Spring, 2002.

23. http://www.metal-yarn.com/products.htm, Ocak 2009.

24. http://www.fiberinoks.com/plnceliknedir.html, Şubat 2009.

25. www. sobranie.com.tr/tr/celik_ayrinti.html, Mart 2009.

26. Duru Baykal, P., Sığnak, N., Metal İplik İçeren Dokuma Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, sayı: 1, sayfa 39, 2009.

27. Güneşoğlu, S., Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2005.

28. Kaplan, S., A.Okur, Kumaşların Geçirgenlik-İletkenlik Özelliklerinin Giysi termal Konforu Üzerindeki Etkileri, Tekstil Maraton, 56-65, Mart-Nisan 2005.

29. Li, Y., The Science of Clothing Comfort. Textile Progress, The Textile Institute International,UK. 138-211, 2001.

30. Sarkar, R. K., Comfort Properties of Defence Clothings. Man-Made Textiles December: 541-544, 1994.

31. Brody, H., Synthetic Fibre Materials. Longman Scientific & Technical, UK. 107, 1994.

32. Tarafdar, N., Selection of Appropriate Clothing in Relation to Garment Comfort. Man-Made Textiles in India, January: 17-20, 1995.

33. Geraldes, M. J., M. De Araujo, L. Hes, High Performance Functional Knit Structures, Tecnitex 2001 Autex Conference, The University of Minho, Portugal: 227-235, 2001.

34. Grabowska, K. E., Personal Protection by Textiles in the Focus of Stabilisation Thermal Conditions. Texnitex 2001 Autex Conference. The University of Minho,Portugal, 72-75, 2001.

35. Yonenaga, A., Kreatif Mühendislik, Aktif Spor ve Serbest zaman Giysi Tasarımlarına Yön Veriyor (Çeviri), Tekstil Maraton, Kasım-Aralık, 61-65, 2001.

36. Kawabata, S., M. Niwa., The Standardization and Analysis of Hand Evaluation. The Textile Machinery and Society of Japan, Osaka. 3-50, 1980.

37. Schneider, A. M., B. V. Holcombe, L. G. Stephens., Enhancement of Coolness to the Touch by Hygroscopic Fibers, Part I: Subjective Trials. Textile Research Journal, 66 (8): 515-520, 1996.

38. Kalaoğlu, F., Giysi Konforunu Etkileyen Faktörler, Konfeksiyon Teknik, Ağustos, 74-75, 1995.

39. Ukponmwan, J. O., The Thermal Insulation Properties of Fabrics. Textile Progress Textile Institute, UK 51, 1993.

40. Hardy, H.B., J.W. Ballou, O.C. Wetmore, The Prediction of Equilibrium Thermal Comfort from Physical Data on Fabrics, Textile Research Journal, 23(1): 1-10, 1953.

41. Önder, E., N. Sarıer, Tekstillerde Dinamik Isı Yönetimi Olanakları. Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, IX. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Bursa, 93-109, 30 Nisan-2 Mayıs 2003.

42. http://en.wikipeida.org/wiki/Thermal_conductivity, Mayıs 2008.

43. Holcombe, B. V., N. Hoschke, Dry Heat transfer Characteristics of Underwear Fabrics. Textile Research Journal, 53(3): 231-374, 1983.

44. Mccullough, E. A., B. W. Jones, T. Tamura, A Data Base for Determining the Evaporative Resistance of Clothing. ASHRAE Transactions, 95(2): 316-328, 1989.

45. Hes, L., J. Martins, Experimental Investigation of Heat Transfer in Textile Fabric by Radiation. 3rd World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Honolulu, USA, October 31-November 5, 1993.

46. Marmaralı, A., N. Özdil, S. D. Kretzschmar, N. G. Oğlakçıoğlu, Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler, Tekstil ve Konfeksiyon, 241, 4/2006.

47. Warner, S. B., Fiber Science. Prentice Hall, NJ, USA. 231-233, 1995.

48. Pac, M. J., M. Bueno, M. Renner, Warm-Cool Feeling Relative to Tribological Properties of Fabrics. Textile Research Journal,71(9): 806-812, 2001.

49. Schacher, L., D. C. Adolphe, J. Y. Drean, Comparison Between Thermal Insulation and Thermal Properties of Classical and Microfibres Polyester Fabrics, International Journal of Clothing Science and Technology, 12(2): 84-95, 2000.

50. Li, Y., Q. Zhu, K. W. Yeung, Influence of Thickness and Porosity on Coupled Heat and Liquid Moisture Transfer in Porous Textiles, Textile Research Journal, 72(5): 435-446, 2002.

51. Satsumoto, Y., K. Ishikawa, M. Takeuchi, Evaluating Quasi-Clothing Heat Transfer: A Comparison of the Vertical Hot Plate and the Thermal Manikin, Textile Research Journal, 67 (7): 503-510, 1997.

52. Hes, L., M. Araujo, V. Djulay, Effect of Mutual Bonding of Textile Layers on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of Fabric Assemblies, Textile Research Journal, 66 (4): 245-250, 1996.

53. Goldman, R. F., Fiber Society Symposium on Comfort, Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan, USA. 3-8, 1977.

54. Özipek, B., T. G. Sadıkoğlu, Tekstil Malzemelerinin Isıl Özellikleri, Tekstil & Teknik, Aralık: 137-139, 1999.

55. Tzanov, T., L. Hes, Thermal Properties of Silicone Treated Textile Materials. Canadian Textile Journal, January/February: 37-40, 2000.

56. Hes, L, 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, 1999.

57. Yoneda, M., S. Kawabata, A Theoretical Consideration on the Objective Measurement of Warm/Cool Feeling, The Textile Machinery Society of Japan, 393-406, 1982.

58. Hes, L., An Indirect Method for the Fast Evalution of Surface Moisture Absorptivity of Shirt and Underwear Fabrics, Vlakna a Textil, 7(2): 91-96, 2000.

59. Hes, L., Imperfections of Common Nonwoven's Thermal Resistance Test Methods. INTC 2000,USA, 2000.

60. Zhang, P., R. H. Gong, Clothing Air Permeability and Moisture Regain on Human Thermal regulation during Exercise. Texnitex 2001 Autex Conference. The university of Minho,Portugal: 216-226, 2001.

61. Militky, J., M. Vik, M.Vikova, S. İbrahim, Neural Networks as Tool for Nonparametric Models Building in Textile Branch.5 th International Conference Texsci 2003, Tehnical University of Liberec, Czech Republic, 289-292, 2003.

62. Epps, H. H., K. K. Lehonas, The Relationship Between Porosity and Air Permeability of Woven Textile Fabrics, Journal of Testing and Evaluation, 25 (1): 6, 1997.

63. Gibson, P. W., Factors Influencing Steady-State Heat and Water Vapor Transfer Measurement for Clothing Materials. Textile Research Journal, 63 (12): 749-764, 1993.

64. Yasuda, T., M. Miyama, H. Yasuda, Dynamic Water Vapour and Heat Transport Through Layered Fabrics- Part II. Textile Research Journal, 62 (4): 227-235, 1992.

65. Matsudaira, M., M. Qin, Features and Mechanical Parameters of a Fabric's Compressional Property, Journal of The Textile Institute, 86: 476-487, 1995.

66. Lotens, W. A., A. M. J. Pieters, Transfer of Radiative Heat Through Clothing Ensembles. Ergonomics, 38 (6): 1132-1155, 1995.

67. Li, Y., B. V. Holcombe, F. Apcar, Moisture Buffering Behavior of Hygroscopic Fabric During Wear. Textile Research Journal, 62(2): 619-627, 1992.

68. Wang, L. P., C. Li, A New Method for Measuring Dynamic Fabric Heat and Moisture Comfort. Experimental Thermal and Fluid Science, 29(6): 705-714, 2005.

69. Ghali, K., B. Jones, J. Tracy, Experimental Techniques for Measuring Parameters Describing Wetting and Wicking in Fabrics, Textile Research Journal,64(2): 106-111, 1994.

70. Kıssa, E., Wetting and Wicking. Textile Research Journal, 66 (10): 660-668, 1996.

71. Wong, K. K., X. M. Tao, C. W. M. Yuen, K. W. Yeung, Wicking Properties of Linen Treated with Low Temperature Plasma. Textile Research Journal, 71 (1): 49-56, 2001.

72. Maejima, M., Applying Capillarity to Estimation of Space Structure of Fabrics. Textile Research Journal, 53(7): 427-434, 1983.

73. Farnworth, B., P. A. Dolhan, Heat and Water Transport Through Cotton and Polypropylene Underwear, Textile Research Journal, October: 627-630, 1985.

74. Zhuang, Q., S. C. Harlock, D. B. Brook, Transfer Wicking Mechanisms of Knitted Fabrics used as Undergarments for Outdoor Activities, Textile Research Journal, 72(8): 727-734, 2002.

75. Havenith, G., The Interaction of clothing and Thermoregulation, Exogenous Dermotology, Vol:1, No: 5, 221-230, 2002.

76. Bayazıt Marmaralı, A., Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics, Textile Research Journal, 73(1), 11-14, 2003.

77. ASTM D4935 - 10 Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials

78. ISO 11092:1993 Textiles -- Physiological effects -- Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)

79. Hes, L., M. Araujo, V. Djulay, Effect of Mutual Bonding of Textile Layers on Thermal Insulation and Thermal contact Properties of Fabric Assemblies, Textile Res. Journal, 66 (4), 245-250, 1996.

80. ASTM D737 - 04(2008)e1 Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics

81. ISO 15496:2004 Textiles -- Measurement of water vapour permeability of textiles for the purpose of quality control

82. DIN 53924 (1978) 'Determination of the rate of absorption of water by textile materials (height of rise method)

83. ASTM D1777 - 96(2007) Standard Test Method for Thickness of Textile Materials

84. ASTM D3776 / D3776M - 09a Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric

85. http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html, Haziran 2010.

86. http://physics.info/conduction, Haziran 2010.

EKLER

EK-1

Tablo 1. Pamuk ipliklerinin fiziksel özellikleri.

Ne	%CVm	-50%/km	+50%/km	Neps/km (+200%)	RKM (kgf*Nm)	Kopma uzaması (%)
Ne 50/1	14.4	18	80	90	16.8	3.9
Ne 60/1	15.5	60	120	150	15.0	3.5
Ne 70/1	16.0	56	118	215	16.2	3.4

EK - 2

Tablo 1. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (0.01 GHz - 0.34 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği-SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
0.01	0.00	0.00	2.59	6.13	0.00	0.00	3.24	2.29	0.00	0.00	0.00	5.77
0.02	0.00	8.30	17.12	21.04	0.00	8.48	17.78	14.68	0.00	8.90	13.90	19.20
0.03	0.00	10.10	18.98	22.17	0.00	10.74	19.39	15.62	0.00	11.03	15.69	20.25
0.04	0.00	11.85	20.71	22.90	0.00	13.01	21.03	16.57	0.00	12.96	17.45	21.60
0.05	0.00	13.71	22.67	24.36	0.00	15.33	22.97	17.93	0.00	15.05	19.36	23.38
0.06	0.00	15.33	23.95	25.24	0.00	17.02	24.16	18.82	0.00	16.54	20.87	24.43
0.07	0.00	16.24	24.36	25.37	0.00	17.87	24.75	19.05	0.00	17.13	21.42	24.77
0.08	0.00	16.76	23.93	24.81	0.00	17.96	24.50	18.64	0.00	17.07	21.27	24.48
0.09	0.00	16.88	23.31	23.80	0.00	17.61	23.67	17.91	0.00	16.56	20.63	23.50
0.10	0.00	17.29	22.61	23.01	0.00	17.20	22.83	17.22	0.00	16.36	19.99	22.90
0.11	0.00	17.22	21.95	22.20	0.00	16.97	22.17	16.65	0.00	15.90	19.52	22.12
0.12	0.00	17.85	22.10	22.15	0.00	17.28	22.14	16.80	0.00	16.26	19.63	22.09
0.13	0.00	18.43	22.15	22.15	0.00	17.59	22.16	16.93	0.00	16.48	19.72	22.06
0.14	0.00	19.03	22.03	22.05	0.00	17.72	22.18	16.92	0.00	16.61	19.77	22.03
0.15	0.00	19.54	21.82	21.77	0.00	17.76	22.02	16.77	0.00	16.57	19.62	21.95
0.16	0.00	19.97	21.44	21.42	0.00	17.55	21.72	16.53	0.00	16.37	19.32	21.64
0.17	0.00	20.40	21.04	20.97	0.00	17.28	21.34	16.22	0.00	16.14	18.93	21.28
0.18	0.00	20.74	20.60	20.49	0.00	16.96	20.86	15.89	0.00	15.84	18.52	20.78
0.19	0.00	21.07	20.11	19.97	0.00	16.60	20.28	15.54	0.00	15.53	18.01	20.23
0.20	0.00	21.26	19.62	19.46	0.00	16.25	19.69	15.24	0.00	15.24	17.54	19.69
0.21	0.00	21.44	19.20	19.06	0.00	15.99	19.24	15.01	0.00	15.01	17.15	19.28
0.22	0.00	21.62	19.02	18.91	0.00	15.91	19.08	14.99	0.00	14.97	17.01	19.17
0.23	0.00	21.87	18.95	18.89	0.00	15.98	19.12	15.09	0.00	15.03	17.01	19.25
0.24	0.00	22.19	18.89	18.85	0.00	16.01	19.15	15.17	0.00	15.07	16.97	19.30
0.25	0.00	22.58	18.66	18.69	0.00	15.87	18.97	15.11	0.00	14.93	16.76	19.15
0.26	0.00	22.93	18.19	18.27	0.00	15.51	18.52	14.82	0.00	14.60	16.34	18.82
0.27	0.00	23.21	17.61	17.74	0.00	15.06	17.94	14.43	0.00	14.19	15.80	18.28
0.28	0.00	23.37	17.04	17.25	0.00	14.61	17.30	14.10	0.00	13.78	15.24	17.73
0.29	0.00	23.44	16.69	16.96	0.00	14.36	16.89	13.97	0.00	13.59	14.90	17.38
0.30	0.00	23.46	16.64	16.95	0.00	14.35	16.79	14.09	0.00	13.61	14.80	17.33
0.31	0.00	23.52	16.64	17.04	0.00	14.44	16.86	14.29	0.00	13.71	14.82	17.45
0.32	0.00	23.63	16.52	17.03	0.00	14.41	16.85	14.41	0.00	13.69	14.74	17.50
0.33	0.00	23.79	16.27	16.93	0.00	14.27	16.70	14.40	0.00	13.55	14.55	17.40
0.34	0.00	23.95	16.06	16.84	0.00	14.17	16.55	14.44	0.00	13.45	14.39	17.27

Tablo 2. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (0.35 GHz - 0.70 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği - SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
0.35	0.01	24.21	15.71	16.59	0.00	13.90	16.22	14.37	0.00	13.20	14.04	16.91
0.36	0.01	24.70	14.78	15.77	0.00	13.12	15.30	13.83	0.00	12.45	13.13	15.96
0.37	0.01	24.83	13.98	15.07	0.00	12.47	14.47	13.38	0.00	11.84	12.38	15.14
0.38	0.04	24.54	14.18	15.32	0.00	12.69	14.63	13.76	0.00	12.09	12.57	15.30
0.39	0.04	24.12	14.67	15.87	0.00	13.21	15.18	14.35	0.00	12.61	13.04	15.73
0.40	0.01	23.99	14.80	16.06	0.00	13.38	15.41	14.54	0.00	12.78	13.17	15.85
0.41	0.00	24.21	14.42	15.79	0.00	13.14	15.18	14.19	0.00	12.52	12.87	15.52
0.42	0.00	24.65	13.76	15.21	0.00	12.61	14.65	13.54	0.00	12.00	12.29	14.89
0.43	0.00	25.00	13.06	14.61	0.00	12.06	14.04	12.89	0.00	11.45	11.69	14.22
0.44	0.02	25.16	12.63	14.26	0.00	11.73	13.62	12.53	0.00	11.15	11.33	13.76
0.45	0.05	25.13	12.62	14.26	0.00	11.73	13.51	12.54	0.00	11.19	11.30	13.60
0.46	0.07	24.96	12.77	14.42	0.00	11.89	13.60	12.78	0.00	11.38	11.43	13.65
0.47	0.08	24.78	12.86	14.53	0.00	12.01	13.69	13.01	0.00	11.50	11.50	13.68
0.48	0.06	24.72	12.72	14.43	0.00	11.95	13.64	13.08	0.00	11.42	11.40	13.57
0.49	0.03	24.77	12.42	14.17	0.00	11.74	13.46	13.04	0.00	11.19	11.19	13.36
0.50	0.02	24.91	12.06	13.84	0.00	11.50	13.23	12.97	0.00	10.91	10.95	13.11
0.51	0.02	25.06	11.72	13.51	0.00	11.24	12.95	12.92	0.00	10.65	10.72	12.84
0.52	0.03	25.16	11.39	13.15	0.00	10.98	12.61	12.87	0.00	10.40	10.46	12.52
0.53	0.06	25.27	11.18	12.89	0.00	10.81	12.32	12.90	0.00	10.24	10.28	12.24
0.54	0.08	25.25	11.19	12.83	0.00	10.79	12.20	13.09	0.00	10.26	10.26	12.15
0.55	0.09	25.07	11.34	12.90	0.00	10.93	12.27	13.44	0.00	10.41	10.39	12.24
0.56	0.09	24.79	11.44	12.91	0.00	11.05	12.36	13.75	0.01	10.51	10.50	12.35
0.57	0.08	24.53	11.36	12.76	0.00	11.03	12.35	13.93	0.00	10.46	10.48	12.35
0.58	0.07	24.31	11.12	12.47	0.00	10.88	12.20	13.94	0.00	10.27	10.35	12.23
0.59	0.06	24.17	10.77	12.07	0.00	10.62	11.91	13.82	0.00	9.98	10.11	11.99
0.60	0.06	24.08	10.46	11.69	0.00	10.36	11.58	13.67	0.00	9.73	9.89	11.73
0.61	0.06	23.92	10.30	11.44	0.00	10.20	11.31	13.61	0.00	9.59	9.75	11.55
0.62	0.09	23.67	10.37	11.41	0.00	10.23	11.23	13.74	0.00	9.65	9.79	11.54
0.63	0.10	23.26	10.59	11.53	0.00	10.40	11.32	14.02	0.02	9.83	9.96	11.70
0.64	0.11	22.69	10.80	11.68	0.00	10.61	11.50	14.34	0.04	10.03	10.15	11.92
0.65	0.12	22.00	10.86	11.70	0.01	10.71	11.61	14.53	0.05	10.10	10.25	12.06
0.66	0.12	21.28	10.70	11.54	0.00	10.63	11.55	14.52	0.05	9.99	10.19	12.03
0.67	0.11	20.59	10.37	11.22	0.00	10.39	11.32	14.32	0.05	9.74	10.00	11.82
0.68	0.10	19.98	10.06	10.90	0.00	10.13	11.02	14.05	0.03	9.48	9.80	11.56
0.69	0.09	19.40	9.96	10.76	0.00	10.01	10.82	13.93	0.03	9.39	9.74	11.39
0.70	0.09	18.75	10.11	10.85	0.00	10.10	10.82	14.05	0.03	9.52	9.85	11.40

Tablo 3. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (0.71 GHz - 1.05 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği - SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
0.71	0.09	17.98	10.39	11.09	0.00	10.33	10.98	14.33	0.05	9.75	10.05	11.55
0.72	0.10	17.08	10.61	11.28	0.00	10.53	11.15	14.58	0.06	9.95	10.24	11.71
0.73	0.11	16.13	10.63	11.32	0.01	10.59	11.23	14.67	0.07	9.98	10.28	11.76
0.74	0.13	15.20	10.49	11.18	0.02	10.52	11.19	14.57	0.09	9.87	10.22	11.68
0.75	0.13	14.34	10.21	10.93	0.02	10.32	11.02	14.30	0.10	9.63	10.05	11.51
0.76	0.13	13.61	9.99	10.73	0.03	10.14	10.88	14.06	0.10	9.46	9.95	11.33
0.77	0.12	12.97	9.95	10.68	0.03	10.08	10.81	13.95	0.09	9.42	9.96	11.25
0.78	0.13	12.50	10.10	10.80	0.03	10.18	10.84	14.01	0.11	9.55	10.08	11.26
0.79	0.11	12.21	10.29	10.98	0.03	10.33	10.94	14.16	0.10	9.72	10.22	11.33
0.80	0.11	12.12	10.45	11.12	0.02	10.46	11.05	14.29	0.10	9.87	10.31	11.38
0.81	0.12	12.16	10.47	11.16	0.03	10.50	11.10	14.32	0.10	9.90	10.32	11.40
0.82	0.13	12.27	10.35	11.07	0.04	10.41	11.06	14.18	0.11	9.81	10.22	11.33
0.83	0.15	12.36	10.10	10.86	0.04	10.21	10.92	13.89	0.11	9.58	10.05	11.17
0.84	0.15	12.49	9.83	10.63	0.05	10.01	10.76	13.56	0.12	9.37	9.88	11.00
0.85	0.16	12.78	9.71	10.54	0.05	9.92	10.68	13.36	0.13	9.28	9.84	10.92
0.86	0.17	13.24	9.77	10.62	0.07	9.98	10.71	13.35	0.14	9.37	9.93	10.94
0.87	0.18	13.78	9.92	10.75	0.07	10.09	10.78	13.45	0.15	9.51	10.02	10.96
0.88	0.18	14.27	10.00	10.84	0.08	10.16	10.82	13.52	0.15	9.61	10.04	10.94
0.89	0.20	14.65	9.97	10.81	0.09	10.14	10.78	13.47	0.15	9.60	9.96	10.86
0.90	0.21	14.89	9.81	10.69	0.10	10.02	10.68	13.31	0.15	9.48	9.80	10.70
0.91	0.21	15.02	9.57	10.48	0.10	9.81	10.55	13.03	0.14	9.29	9.59	10.52
0.92	0.23	15.08	9.30	10.26	0.11	9.60	10.41	12.71	0.15	9.08	9.41	10.35
0.93	0.23	15.14	9.07	10.07	0.10	9.42	10.28	12.42	0.14	8.91	9.29	10.20
0.94	0.25	15.30	8.99	10.03	0.11	9.37	10.24	12.28	0.16	8.88	9.28	10.13
0.95	0.26	15.60	9.05	10.09	0.13	9.42	10.25	12.29	0.17	8.96	9.35	10.12
0.96	0.27	15.94	9.12	10.17	0.12	9.48	10.26	12.35	0.17	9.05	9.37	10.07
0.97	0.25	16.24	9.09	10.13	0.11	9.43	10.19	12.32	0.14	9.03	9.26	9.94
0.98	0.22	16.37	8.85	9.93	0.09	9.22	9.98	12.11	0.11	8.85	8.99	9.66
0.99	0.20	16.32	8.46	9.58	0.06	8.87	9.67	11.72	0.07	8.52	8.61	9.30
1.00	0.16	16.12	7.99	9.14	0.04	8.45	9.32	11.22	0.05	8.13	8.20	8.92
1.01	0.12	15.86	7.62	8.82	0.01	8.13	9.07	10.77	0.03	7.83	7.94	8.67
1.01	0.13	15.77	7.55	8.78	0.01	8.08	9.07	10.62	0.04	7.80	7.97	8.67
1.02	0.15	15.94	7.69	8.94	0.01	8.22	9.21	10.72	0.04	7.96	8.14	8.78
1.03	0.16	16.25	7.79	9.05	0.01	8.31	9.27	10.84	0.04	8.09	8.22	8.80
1.04	0.16	16.50	7.65	8.93	0.00	8.17	9.10	10.75	0.02	8.00	8.03	8.57
1.05	0.16	16.56	7.27	8.56	0.00	7.81	8.71	10.41	0.01	7.70	7.60	8.14

Tablo 4. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (1.06 GHz - 1.40 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği - SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
1.06	0.14	16.41	6.73	8.05	0.00	7.31	8.21	9.88	0.01	7.25	7.04	7.61
1.07	0.11	16.09	6.21	7.54	0.00	6.82	7.76	9.31	0.00	6.81	6.53	7.16
1.08	0.08	15.73	5.92	7.25	0.00	6.54	7.54	8.91	0.00	6.55	6.28	6.96
1.09	0.06	15.47	5.91	7.24	0.00	6.54	7.60	8.79	0.00	6.55	6.33	7.04
1.10	0.06	15.44	6.01	7.33	0.00	6.63	7.73	8.84	0.00	6.65	6.46	7.16
1.11	0.07	15.56	5.96	7.30	0.00	6.60	7.69	8.81	0.00	6.65	6.42	7.11
1.12	0.10	15.67	5.71	7.04	0.00	6.35	7.41	8.56	0.00	6.45	6.14	6.81
1.13	0.11	15.65	5.27	6.59	0.00	5.92	6.93	8.10	0.00	6.07	5.65	6.32
1.14	0.12	15.52	4.82	6.10	0.00	5.46	6.42	7.57	0.00	5.67	5.13	5.85
1.15	0.11	15.26	4.47	5.71	0.00	5.08	6.02	7.07	0.00	5.33	4.73	5.51
1.16	0.09	14.94	4.34	5.52	0.00	4.90	5.88	6.75	0.01	5.17	4.57	5.43
1.17	0.06	14.62	4.37	5.50	0.00	4.89	5.92	6.60	0.00	5.16	4.60	5.52
1.18	0.03	14.40	4.43	5.53	0.00	4.92	5.99	6.55	0.00	5.19	4.66	5.61
1.19	0.02	14.29	4.39	5.47	0.00	4.87	5.94	6.43	0.00	5.16	4.63	5.58
1.20	0.03	14.24	4.21	5.26	0.00	4.69	5.71	6.17	0.00	5.00	4.43	5.37
1.21	0.05	14.21	3.96	4.97	0.00	4.43	5.37	5.81	0.00	4.78	4.15	5.06
1.22	0.06	14.15	3.73	4.67	0.00	4.17	5.03	5.43	0.00	4.54	3.86	4.77
1.23	0.07	14.05	3.60	4.44	0.00	3.99	4.79	5.10	0.00	4.37	3.68	4.60
1.24	0.08	13.85	3.59	4.35	0.00	3.92	4.71	4.88	0.02	4.30	3.66	4.58
1.25	0.05	13.55	3.66	4.35	0.00	3.95	4.75	4.77	0.01	4.31	3.76	4.68
1.26	0.02	13.20	3.80	4.45	0.00	4.05	4.87	4.78	0.00	4.39	3.94	4.84
1.27	0.00	12.86	3.93	4.54	0.00	4.15	4.97	4.82	0.00	4.48	4.11	4.94
1.28	0.00	12.62	3.99	4.57	0.00	4.19	4.98	4.82	0.00	4.51	4.19	4.96
1.29	0.01	12.49	3.95	4.48	0.00	4.11	4.87	4.72	0.00	4.45	4.12	4.90
1.30	0.03	12.47	3.86	4.34	0.00	3.97	4.68	4.55	0.00	4.32	3.98	4.83
1.31	0.05	12.47	3.79	4.21	0.00	3.83	4.51	4.36	0.01	4.18	3.85	4.80
1.32	0.09	12.40	3.85	4.20	0.00	3.78	4.47	4.25	0.04	4.15	3.87	4.90
1.33	0.10	12.13	4.06	4.35	0.00	3.88	4.61	4.31	0.05	4.25	4.06	5.13
1.34	0.11	11.69	4.40	4.65	0.00	4.12	4.90	4.55	0.05	4.51	4.40	5.47
1.35	0.11	11.16	4.77	4.98	0.00	4.42	5.22	4.88	0.05	4.83	4.75	5.79
1.36	0.10	10.67	5.02	5.22	0.00	4.64	5.43	5.15	0.04	5.07	4.97	5.95
1.37	0.09	10.37	5.10	5.26	0.00	4.70	5.44	5.24	0.03	5.15	5.00	5.91
1.38	0.09	10.31	5.03	5.17	0.00	4.60	5.29	5.15	0.03	5.07	4.87	5.73
1.39	0.11	10.34	4.94	5.04	0.00	4.45	5.10	4.98	0.02	4.95	4.72	5.57
1.40	0.16	10.30	5.02	5.06	0.00	4.41	5.07	4.93	0.03	4.97	4.76	5.65

Tablo 5. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (1.41 GHz - 1.75 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği - SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
1.41	0.22	10.05	5.33	5.31	0.01	4.58	5.30	5.10	0.05	5.21	5.06	5.99
1.42	0.26	9.57	5.76	5.70	0.05	4.93	5.70	5.47	0.06	5.59	5.50	6.45
1.43	0.28	8.95	6.19	6.11	0.07	5.32	6.10	5.88	0.07	5.98	5.94	6.84
1.44	0.28	8.37	6.45	6.38	0.09	5.60	6.36	6.17	0.08	6.24	6.20	7.05
1.45	0.26	7.95	6.50	6.45	0.09	5.68	6.39	6.25	0.09	6.29	6.23	7.01
1.46	0.17	7.68	6.34	6.30	0.05	5.53	6.18	6.08	0.05	6.12	6.01	6.76
1.47	0.07	7.51	6.21	6.15	0.00	5.36	5.95	5.89	0.00	5.94	5.79	6.56
1.48	0.10	7.32	6.32	6.27	0.00	5.40	6.00	5.94	0.00	6.01	5.87	6.70
1.49	0.19	6.96	6.68	6.63	0.00	5.70	6.34	6.22	0.00	6.33	6.24	7.16
1.50	0.24	6.48	7.08	7.08	0.02	6.11	6.81	6.61	0.00	6.72	6.71	7.67
1.51	0.28	6.06	7.46	7.53	0.05	6.53	7.26	7.01	0.01	7.10	7.19	8.14
1.52	0.30	5.83	7.73	7.88	0.07	6.86	7.60	7.30	0.04	7.39	7.53	8.45
1.53	0.28	5.73	7.80	8.05	0.07	7.01	7.72	7.41	0.06	7.49	7.65	8.53
1.54	0.26	5.68	7.74	8.06	0.06	6.99	7.65	7.36	0.06	7.44	7.58	8.42
1.55	0.22	5.60	7.65	8.01	0.03	6.89	7.51	7.26	0.03	7.35	7.42	8.25
1.56	0.18	5.52	7.65	8.04	0.00	6.87	7.48	7.25	0.00	7.34	7.35	8.23
1.57	0.15	5.51	7.78	8.21	0.00	7.00	7.64	7.38	0.00	7.44	7.47	8.40
1.58	0.15	5.65	8.00	8.51	0.00	7.26	7.96	7.61	0.00	7.66	7.77	8.74
1.59	0.18	5.96	8.23	8.85	0.00	7.57	8.36	7.88	0.00	7.92	8.15	9.13
1.60	0.23	6.35	8.44	9.17	0.00	7.86	8.70	8.11	0.00	8.15	8.51	9.45
1.61	0.27	6.75	8.58	9.41	0.01	8.07	8.93	8.28	0.05	8.32	8.76	9.64
1.62	0.29	7.09	8.65	9.56	0.03	8.18	9.02	8.40	0.09	8.41	8.88	9.67
1.63	0.27	7.39	8.70	9.64	0.03	8.24	9.04	8.51	0.10	8.45	8.87	9.59
1.64	0.23	7.66	8.72	9.69	0.00	8.26	9.02	8.62	0.09	8.45	8.81	9.49
1.65	0.18	7.92	8.70	9.71	0.00	8.27	9.03	8.73	0.05	8.43	8.74	9.41
1.66	0.14	8.17	8.66	9.73	0.00	8.27	9.08	8.81	0.01	8.39	8.72	9.40
1.67	0.13	8.46	8.64	9.77	0.00	8.31	9.19	8.87	0.00	8.38	8.80	9.47
1.68	0.16	8.84	8.67	9.89	0.00	8.42	9.37	8.95	0.01	8.44	9.01	9.65
1.69	0.20	9.27	8.76	10.07	0.00	8.57	9.58	9.06	0.05	8.56	9.27	9.85
1.70	0.25	9.72	8.89	10.26	0.00	8.75	9.76	9.20	0.09	8.70	9.50	9.99
1.71	0.29	10.05	8.93	10.33	0.01	8.81	9.81	9.24	0.14	8.74	9.55	9.96
1.72	0.35	10.17	8.80	10.21	0.06	8.70	9.65	9.13	0.20	8.61	9.35	9.71
1.73	0.37	10.07	8.47	9.86	0.08	8.38	9.30	8.82	0.21	8.28	8.92	9.25
1.74	0.35	9.85	8.05	9.40	0.08	7.98	8.87	8.43	0.19	7.86	8.41	8.73
1.75	0.32	9.69	7.69	9.00	0.06	7.64	8.53	8.10	0.14	7.52	8.02	8.34

Tablo 6. Örme Kumaş Numunelerinin Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçları (1.76 GHz - 2 GHz frekans aralığı).

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği - SE (dB)											
	5000	**5018**	**5035**	**5050**	**6000**	**6018**	**6035**	**6050**	**7000**	**7018**	**7035**	**7050**
1.76	0.30	9.75	7.53	8.81	0.05	7.50	8.43	7.94	0.11	7.36	7.90	8.22
1.77	0.30	10.00	7.53	8.81	0.04	7.52	8.51	7.94	0.09	7.37	7.99	8.29
1.78	0.36	10.30	7.56	8.84	0.06	7.59	8.60	7.97	0.11	7.41	8.10	8.36
1.79	0.45	10.38	7.41	8.65	0.10	7.44	8.45	7.80	0.14	7.26	7.95	8.15
1.80	0.53	10.14	7.01	8.16	0.15	7.03	7.99	7.39	0.17	6.85	7.46	7.62
1.81	0.58	9.68	6.45	7.47	0.19	6.44	7.32	6.80	0.18	6.29	6.75	6.87
1.82	0.60	9.19	5.91	6.79	0.22	5.86	6.66	6.25	0.19	5.76	6.01	6.14
1.83	0.56	8.84	5.54	6.30	0.21	5.44	6.16	5.87	0.15	5.40	5.46	5.62
1.84	0.49	8.70	5.37	6.03	0.17	5.22	5.91	5.68	0.10	5.24	5.15	5.35
1.85	0.45	8.74	5.31	5.92	0.12	5.13	5.82	5.61	0.05	5.20	5.04	5.27
1.86	0.42	8.79	5.22	5.78	0.08	5.01	5.72	5.51	0.00	5.14	4.93	5.16
1.87	0.42	8.67	4.96	5.45	0.05	4.73	5.44	5.24	0.00	4.92	4.66	4.87
1.88	0.43	8.36	4.53	4.93	0.02	4.27	4.96	4.80	0.00	4.56	4.22	4.38
1.89	0.46	7.98	4.09	4.37	0.03	3.80	4.45	4.36	0.00	4.19	3.75	3.88
1.90	0.50	7.68	3.75	3.90	0.06	3.43	4.02	4.02	0.00	3.90	3.37	3.46
1.91	0.53	7.53	3.55	3.58	0.10	3.22	3.75	3.85	0.00	3.75	3.12	3.21
1.92	0.54	7.51	3.47	3.39	0.12	3.12	3.62	3.81	0.00	3.68	2.97	3.07
1.93	0.50	7.57	3.40	3.24	0.09	3.05	3.55	3.79	0.00	3.64	2.86	2.99
1.94	0.41	7.58	3.27	3.04	0.02	2.92	3.46	3.69	0.00	3.52	2.72	2.89
1.95	0.33	7.53	3.08	2.81	0.00	2.74	3.33	3.52	0.00	3.36	2.59	2.77
1.96	0.26	7.42	2.85	2.55	0.00	2.53	3.15	3.28	0.00	3.15	2.44	2.61
1.97	0.25	7.36	2.65	2.34	0.00	2.35	2.98	3.04	0.00	2.98	2.32	2.48
1.98	0.30	7.40	2.51	2.21	0.00	2.24	2.86	2.88	0.00	2.87	2.25	2.39
1.99	0.35	7.56	2.43	2.14	0.00	2.18	2.76	2.77	0.00	2.80	2.21	2.32
2.00	0.39	7.79	2.38	2.11	0.00	2.15	2.70	2.69	0.00	2.76	2.18	2.28

ÖZGEÇMİŞ

Yunus TÜRKOĞLU 1985 yılında Gaziantep' in Şehitkamil ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Yüzüncü Yıl İlköğretim Okulunda, Lise öğrenimini ise Hacı Sani KONUKOĞLU Endüstri Meslek Lisesinde tamamladı. 2003 yılında kazandığı Gazi Üniversitesi Mesleki Eğitim Fakültesi Tekstil Dokuma ve Örgü Öğretmenliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Halen Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde öğrenimine devam etmektedir.

Adres: Atatürk mah. Abdullah Göğüş Sok.

Bilge Apt. No: 3/13 Şehitkamil/GAZİANTEP

Ev Telefonu: (342) 322 71 97

Cep Telefonu : (541) 838 86 91 – (506) 710 70 84

E- posta: turkogluyunus@hotmail.com