T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GELİŞTİRİLEN YUVARLAK ÖRME SANDVİÇ KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA VE TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Sinem BİLGİN

Danışman
Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2011
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GELİŞTİRİLEN YUVARLAK ÖRME SANDVİÇ KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA VE TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Sinem BİLGİN

Danışman
Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBY-11-3736 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Temmuz 2012
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Sinem BİLGİN

İmza :

YÖNERGEYE UYGUNLUK

Geliştirilen Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Elektromanyetik Kalkanlama ve Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	Danışman
Sinem BİLGİN	Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK danışmanlığında **Sinem BİLGİN** tarafından hazırlanan "**Geliştirilen Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Elektromanyetik Kalkanlama ve Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

.

…….. /…… / ……..

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Üye :Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Üye :Yrd. Doç. Dr. Asım DAVULCU

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……...… tarih ve ……..…… sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../ ……

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini benden esirgemeyen ve yüksek lisans tezimin tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın deneysel aşamasında yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Yordan KYOSEV'e, laboratuar çalışmalarımda bana yardımcı olan hocalarım Sayın Michael DOERFEL ve Sayın Priscilla REINERS'a, elektromanyetik alanlarla ilgili konularda, tezime değerli bilgi ve tecrübeleri ile destek olan hocam Sayın Doç Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU'na, istatistiksel analiz aşamasında yardımını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim BAHTİYARİ'ye teşekkür ederim.

Kumaşlarımın üretiminde yardımcı olan Boyteks A.Ş. örme bölümü şefi Hakan İLBEYLİ'ye teşekkür ederim. Çalışmam boyunca kumaşlarımın üretilmesinde ve her konuda benden yardımlarını esirgemeyen Tekstil Yüksek Mühendisi Gamze KILIÇ'a, çalışmamın yazım aşamasında bana yardımcı olan öğrenci arkadaşlarım Sümeyye ÜSTÜNTAĞ, Tuğba YAŞAR, Fevziye ERDOĞAN, Gülşah Dilrüba GÜVEN'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamda gece gündüz demeden bana eşlik eden canım arkadaşım Gurbet ÇARKIT'a, manevi olarak her daim yanımda olan canım arkadaşlarım Özlem BİLGET, Semra ALAN, Gülcan ACAR, Nida YILDIRIM, Esra AKGÜL ve Songül BATMAZ'a candan teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tezim süresince de bana sabredip her konuda benden desteklerini esirgemeyen canım babam Burhan BİLGİN, canım annem Mukadder BİLGİN ve canım teyzem Emine ŞENİZ'e candan teşekkürlerimi sunarım.

Sinem BİLGİN

Kayseri, Temmuz 2012

GELİŞTİRİLEN YUVARLAK ÖRME SANDVİÇ KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA VE TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sinem BİLGİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2012

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

ÖZET

Günlük yaşantımızda kullandığımız elektronik cihazlar istemli ve istem dışı olarak elektromanyetik alanlar oluşturmaktadır. Elektronik cihazların sosyal yaşamdaki rolünün artması ve elektronik cihaz teknolojilerinin hızlı gelişimi elektromanyetik alanın olumsuz etkilerinin giderilmesinde kalkanlamayı stratejik açıdan önemli hale getirmiştir. Kalkanlamada kullanılan klasik malzemelerin dezavantajlarından dolayı daha hafif, esnek ve daha düşük maliyetli elektriksel olarak iletken tekstil ürünleri gün geçtikçe daha çok tercih edilir hale gelmiştir.

Sandviç tekstiller özel yapıları sayesinde konvansiyonel tekstil yapıları tarafından karşılanamayan spesifik özelliklere sahip tekstil yapılarıdır. İki ayrı tekstil yüzeyinin bir bağlantı ipliği veya tabakası ile bağlanması sonucu oluşan sandviç tekstillere olan talep son yıllarda artış göstermiştir. Bu kumaşların en belirgin özellikleri, diger tekstil yapılarında bulunmayan hava geçirgenligi, çok iyi basma dayanımı, iyi esneme özelliği, yüksek eğilme dayanımı, üstün termal yalıtım özelliği ve dökümlülük olarak sıralanabilir. Bu fonksiyonel kumaş, otomotiv tekstilleri, tıbbi tekstiller, jeotekstiller, spor tekstiller, koruyucu tekstiller, ev tekstili ve kompozit yapılara kadar çok geniş bir aralıkta kullanım alanı bulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, çeşitli tiplerde elektriksel olarak iletken özellikte iplikler kullanılarak, elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip sandviç yapıda örme kumaşlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Üretilen kumaşların elektromanyetik dalgaları kalkanlama etkinliği (SE), bazı fiziksel özellikleri (eğilme dayanımı ve patlama mukavemeti) ile termal konfor algısıyla ilgili özellikleri (hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve ısıl direnç) test edilerek belirlenmiştir.

Geliştirilen elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip fonksiyonel kumaşların, kullanım açısından belirli fiziksel ve termofizyolojik gereksinimleri karşılayacak yapıda olması hususu son derece önemli bir gerekliliktir.

Kalkanlama amacı ile fonksiyonel tekstil yapılarının kullanımı pratik, estetik ve düşük maliyetli çözümler sunmaktadır. Bu duruma bağlı olarak bu tür tekstil yüzeylerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu geliştirme çalışmalarındaki temel noktalardan birisi de geliştirilmeye çalışılan kumaşların SE ölçümünde kullanılan yöntemdir. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde çok farklı ölçüm teknikleri ile karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan kontrollü test alanlarında yapılan ölçüm metotlarından, koaksiyel tutucu metodu ve yeni geliştirilen spektran (ışıma yoğunluğu ölçer) metodu kullanılmıştır. Elde edilen SE test sonuçları değerlendirilmiş ve yeni bir yaklaşımla istatistiksel olarak da analiz edilmiştir.

Test sonuçlarına göre, üretimde kullanılan iletken iplik tipinin ve kullanım yerinin kumaşların elektromanyetik kalkanlama, fizyolojik ve termofizyolojik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kalkanlama Etkinliği (SE), metal tel, termofizyolojik konfor, özlü iplik, sandviç yapı.

INVESTIGATION OF ELECTROMAGNETIC SHIELDING AND THERMOPHYSIOLOGICAL COMFORT PROPERTIES OF CIRCULAR KNITTED SANDWICH FABRICS WHICH WERE DEVELOPED

Sinem BİLGİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, July 2012

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

ABSTRACT

Electronic devices which we use in our daily life generate intentionally and unintentionally electromagnetic fields. Since increasing role of electromagnetic devices in social life and rapid development of electronic device technologies, shielding has become strategically important to eliminate the negative effects of electromagnetic field. Because of the disadvantages of classical materials used in shielding lighter, more flexible and low cost electrically conductive textile products have become increasingly more preferable.

Thanks to their special constructions, spacer textiles have specific properties which cannot be provided by conventional textiles. Recently, demand to spacer fabrics produced by means of connecting two textile surfaces each other with a connection yarn or layer have increased. The most basic properties of these fabrics are air permeability, good compressive strength, high flexibility, perfect thermal isolation and good drape. These functional fabrics have wide using fields such as automotive textiles, medical textiles, geotextiles, sport textiles, protective textiles, home textiles and composite structures.

In this study, by using various types of electrically conductive yarns, sandwich knitted fabrics having electromagnetic shielding property have been tried to produce. Electromagnetic shielding effectiveness (SE) of produced fabrics, some physical properties (flexibility and bursting strength) and thermal comfort properties (air permeability, water vapor permeability and thermal resistance) were determined experimentally.

Fuctional fabrics developed for electromagnetic shielding property should have structures which can provide at least acceptable physical and thermophysiological necessities in terms of use.

Using of functional textile constructions with aim of shielding offers solutions with practical, esthetic and low cost. By depends to this case, studies related to the developments of these textile products have increased day by day. One of basic points in these studies is the method used for SE measurement of developed fabrics. When the literature is investigated, it is seen that there are many different measurement techniques. In this study, one of with control measurement methods used widely, coaxial holder method and new developed spektran (radiation density tester) method were used. Test results were also evaluated and by statistically analysis method.

According to the test results, it has been seen that the conductive yarn types and arrangement of these yarns in fabric structure have an important effect on electromagnetic shielding, physical and thermophysiological properties of fabrics.

Keywords: Shielding effectiveness (SE), metal wire, thermophysiological comfort, core yarn, spacer structure.

İÇİNDEKİLER

GELİŞTİRİLEN YUVARLAK ÖRME SANDVİÇ KUMAŞLARIN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA VE TERMOFİZYOLOJİK KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i

YÖNERGEYE UYGUNLUK ii

ONAY iii

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR iv

ÖZET v

ABSTRACT vii

KISALTMALAR VE SİMGELER xiii

TABLOLAR LİSTESİ xv

ŞEKİLLER LİSTESİ xvii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE KALKANLAMA 3

1.1.1. Elektromanyetik Alan ve Etkileri 4

1.1.1.1. Elektromanyetik Dalgalar 5

1.1.1.2. Elektromanyetik Spektrum 7

1.1.1.3. Elektromanyetik Işımanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri 9

1.1.1.4. Elektromanyetik Alanların Cihazlar Üzerindeki Etkileri 12

1.1.2. Elektromanyetik Kalkanlama 12

1.1.2.1. Kalkanlama Teorisi 12

1.1.3. Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Metotları 17

1.1.3.1. Kontrollü Test Alanlarında Kalkanlama Etkinliği Ölçümü 18
1.1.3.2. Serbest Uzayda Ölçüm Metotları 27
1.2. ÜÇ BOYUTLU SANDVİÇ KUMAŞLAR 32
1.2.1. Üç Boyutlu Sandviç Kumaş Yapısı 32
1.2.2. Dokuma Sandviç Yapılar 33
1.2.3. Dokusuz Sandviç Yapılar 35
1.2.4. Örme Sandviç Yapılar 35
1.2.4.1. Çözgülü Örme Sandviç Yapılar 35
1.2.4.2. Atkılı Örme Sandviç Yapılar 37
1.2.5. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Özellikleri 42
1.2.5.1. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Fiziksel Özellikleri 42
1.2.5.2. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Mekanik Özellikleri 43
1.2.6. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Kullanım Alanları 44
1.3. TEKSTİL ÜRÜNLERİNDE KONFOR 48
1.3.1. Konfor Hakkında Genel Bilgiler 48
1.3.1.1. Termofizyolojik Konfor Parametreleri 51
1.3.1.2. Termofizyolojik Konfor Test Cihazları 59
1.3.1.3. Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler 67

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç 75
2.2. Yöntem 76
2.2.1. Numune İplik ve Kumaşların Üretilmesi 77
2.2.1.1. Numune İpliklerin Üretilmesi 77
2.2.1.2. Sandviç Kumaşların Üretimi 82

2.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler 84

2.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler 84

2.2.2.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi için Uygulanan Testler……..... 87

2.2.2.3. Kumaşların Termofizyolojik Konfor özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler…… 91

2.2.2.4. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi…… 93

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Numune Kumaşlara ait Test Sonuçları 95

3.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçları..... 95

3.1.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçları..... 96

3.1.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları 96

3.1.2.2. Spektran Yöntemi ile Yapılan Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları 101

3.1.3. Kumaşların Termal Konfor Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçları..... 97

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Numune Kumaşlara Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 98

4.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 98

4.1.1.1. Kumaşların Eğilme Dayanımı Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi .. 98

4.1.1.2. Kumaşların Patlama Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 105

4.1.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 109

4.1.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 110

4.1.2.2. Spektran Yöntemi ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 117

4.1.3. Kumaşların Termal Konfor Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 120

4.1.3.1. Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 120

4.1.3.2. Kumaşların Bağıl Su buharı Geçirgenliği Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 124

4.1.3.3. Kumaşların Isıl Direnç Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 126

4.2. Sonuç 130

4.3. Öneriler 132

KAYNAKLAR 134

EKLER 139

ÖZGEÇMİŞ

KISALTMALAR VE SİMGELER

EM : Elektromanyetik

EMA : Elektromanyetik Alan

E : Elektrik Alan

H : Manyetik Alan

Λ : Dalga Boyu

F : Frekans

UV : Morötesi Radyasyon

IR : Kızılötesi Radyasyon

RF : Radio Frequency (Radyo Frekans)

EMD : Elektromanyetik Dalga

SAR : Specific Absorbtion Rate (Özgül Soğurma Oranı)

EMC : Electromagnetic Compatability (Elektromanyetik Uyumluluk)

Z : Empedans

SE : Shielding Effectiveness (Kalkanlama Etkinliği)

Δ : Deri Kalınlığı

ω : Dalga Frekansı

σ : Ortam İletkenliği

μ : Ortamın Manyetik Geçirgenliği

α : Zayıflama Katsayısı

S_A : Soğurma Katkısı

S_R : Yansıma Katsayısı

S_{MR} : Çoklu Yansıma Katkısı

ASTM : American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Derneği)

EMI : Electromagnetic Interference

P : Güç

Db : Desibel

RC : Reflection Coefficient (Yansıma Katsayısı)

FFT : Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)

EMSE : Electromagnetic Shielding Effectiveness

SS : Paslanmaz Çelik

ÖYD : Ön yüzlerinin dikey yöndeki

ÖYY : Ön Yüzlerinin Yatay Yöndeki

AYD : Arka Yüzlerinin Dikey Yöndeki

AYY : Arka Yüzlerinin Yatay Yöndeki

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. SE ve % azalma değerleri. 16

Tablo 1.2. Kuru liflerin özgül ısıları 52

Tablo 2.1. Pamuk harmanı fiziksel özellikleri. 75

Tablo 2.2. Numune kumaşların kodları ve içerikleri. 82

Tablo 3.1. Numune kumaşların patlama mukavemeti değerleri. 95

Tablo 3.2. Numune kumaşların eğilme dayanımı değerleri 96

Tablo 3.3. Isıl konfor testleri sonuçları. 97

Tablo 4.1. Numune kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları. 99

Tablo 4.2. Numune kumaşların ÖYY eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları. 101

Tablo 4.3. Numune kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları. 103

Tablo 4.4. Numune kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları. 104

Tablo 4.5. Numune kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları. 106

Tablo 4.6. Numune kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları. 108

Tablo 4.7. Kumaş tipinin 100 MHz-300 MHz frekans aralığındaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları. 114

Tablo 4.8. Kumaş tipinin 300 MHz-1000 MHz frekans aralığındaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları. 116

Tablo 4.9. Kumaş tipinin ve kumaş yerleşim yönünün 446 MHz frekanstaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları. . 118

Tablo 4.10. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları. 121

Tablo 4.11. Numune kumaşların arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları. 121

Tablo 4.12. Numune kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları. 124

Tablo 4.13. Numune kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları. 126

Tablo 4.14. Numune kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları. 129

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Elektromanyetik alanın şematik yapısı. 4

Şekil 1.2. Dalga boyu, frekans ve genlik. 6

Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum. 8

Şekil 1.4. Elektromanyetik kirlilik. 9

Şekil 1.5. EM alan kaynakları. 10

Şekil 1.6. Tipik bir ekranın temel görevleri 13

Şekil 1.7. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları 13

Şekil 1.8. Bir elektromanyetik etkileşim kaynağının etrafındaki tipik alanlar 14

Şekil 1.9. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği. 19

Şekil 1.10. (a) ASTM D 4935 ölçüm aparatı test adaptörü, (b) Koaksiyel iletim hattı kaynak ve yükü 19

Şekil 1.11. Koaksiyel tutucu metot 20

Şekil 1.12. Çift TEM hücre metodu 22

Şekil 1.13. Çift TEM hücre 23

Şekil 1.14. Yankısız oda metodu uygulaması. 24

Şekil 1.15. SE ölçümü için MIL-STD-285 metodunun adaptasyonu 24

Şekil 1.16. Elektromanyetik alan ölçümü için deney düzeneği (TS EN 50147 -1, 2005) 26

Şekil 1.17. Serbest-uzay iletim ölçüm metodu 28

Şekil 1.18. Serbest uzay iletim ölçüm metodu uygulaması 28

Şekil 1.19. Serbest-uzay yansıma ölçüm metodu 29

Şekil 1.20. Zaman bölgesi iletim ölçüm tekniği 31

Şekil 1.21. Zaman bölgesi yansıma ölçüm tekniği 32

Şekil 1.22. Üç boyutlu sandviç kumaş yapısı. 33

Şekil 1.23. Dokuma sandviç kumaş yapısı 33

Şekil 1.24. Sandviç kumaş için tasarlanmış özel dokuma makinesi 34
Şekil 1.25. Raschel makinesi 36
Şekil 1.26. İğne yatakları ve rehber raylar 36
Şekil 1.27. Farklı yüzey desenlerine sahip çözgülü örme sandviç örnekleri 37
Şekil 1.28. Düz örme makineleri 38
Şekil 1.29. Düz örme makinesinde örme bölgesi 38
Şekil 1.30. Jakar desenli sandviç kumaşın a) Üstten görünüşü b) Kesit görünüşü c) İğne diyagramı 39
Şekil 1.31. Atkılı örme sandviç tekstil yapıları ve farklı bağlama tabakaları tipleri 39
Şekil 1.32. Atkılı örme sandviç tekstil örneği 40
Şekil 1.33. Yuvarlak örme sandviç kumaş yapısı 40
Şekil 1.34. Kapak iğnelerinde vanize ile ilmek oluşturulurken silindir iğnelerinde askı ile sandviç tekstil üretimi 41
Şekil 1.35. Hava ve su yalıtımı 42
Şekil 1.36. Farklı özelliklere sahip sandviç kumaş 43
Şekil 1.37. Kuvvet uygulanması sonucu şekil değişimi 43
Şekil 1.38. Yaylanma özelliği gösteren kumaş örneği 44
Şekil 1.39. Alçı ve sargı uygulamaları 45
Şekil 1.40. Otomobil ve uçak koltuklarında kullanımı 45
Şekil 1.41. Koruyucu giysi ve koruyucu el bandajı 46
Şekil 1.42. Sandviç tekstillerin jeotekstillerde kullanımı 46
Şekil 1.43. Bayan spor gömleği 47
Şekil 1.44. Sandviç kumaşların iç giyimde kullanım alanları 47
Şekil 1.45. Sandviç kumaş (solda), tekstil takviyeli beton (sağda) 47
Şekil 1.46. Sandviç yapının yataktaki kullanımı 48
Şekil 1.47. Su buharının buhar geçirgen bir kumaştan difüzyonu 56

Şekil 1.48. Kılcallık modelleri; yatay kılcallık (A), dikey kılcallık (B) 59
Şekil 1.49. MTNW Hot Plate cihazı 60
Şekil 1.50. Kızgın plaka cihazının çalışma prensibi 60
Şekil 1.51. Alambeta cihazı 61
Şekil 1.52. Alambeta cihazının kısımlarını gösteren kesit şekli 61
Şekil 1.53. Termal manken sistemi 63
Şekil 1.54. MTNW Sweating Hot Plate su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı 63
Şekil 1.55. Permetest su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı 64
Şekil 1.56. Permetest cihazının ölçüm mekanizması 65
Şekil 1.57. Terleyen sıcak levha sistemi 66
Şekil 1.58. Hava geçirgenliği test cihazı FX 3300 66
Şekil 1.59. Fx-Textest 3300 hava geçirgenliği ölçüm cihazı 67
Şekil 1.60. Kılcallık ölçüm düzeneği – yatay yönde 68
Şekil 1.61. Kılcallık ölçüm düzeneği –dikey yönde 68
Şekil 1.62. Mikro klimayı etkileyen faktörler 69
Şekil 1.63. Toplam ısı ve su buharı direncine kumaş ve hava katmalarının etkisinin şematik gösterimi 71
Şekil 1.64. Kumaş kalınlığı 72
Şekil 1.65. Giysi kumaş kalınlığının su buharı direnci (a) ve ısı direnci (b) arasındaki ilişki 72
Şekil 2.1. 96 iğlik numune ring makinesi. 76
Şekil 2.2. Direct Twist – 2B makinesi. 76
Şekil 2.3. Özlü İplik eğirme metodunun şematik görünümü 77
Şekil 2.4. Özlü iplik eğirme metodu. 78
Şekil 2.5. 20 μ SS tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi. 79
Şekil 2.6. Çift iplikle klasik büküm yöntemi ile üretilen kompozit iplik modeli. . 80
Şekil 2.7. Tek iplikle klasik büküm yöntemi ile üretilen kompozit iplik modeli. . 80

Şekil 2.8. Numune kompozit ipliklerin mikroskop altındaki görüntüleri. 81

Şekil 2.9. Numune kumaşların örgü raporu ve ara yüz kesiti. 83

Şekil 2.10. Mayer & Cie, OVJA 1.6 E 3WT model çift plaka yuvarlak örme makinesi. 83

Şekil 2.11. Kalınlık ölçüm cihazı. 84

Şekil 2.12. Eğilme dayanımı ölçüm cihazı. 85

Şekil 2.13. Truburst patlama mukavemeti test cihazı..... 86

Şekil 2.14. Olympus SZ61 stereo mikroskop. 86

Şekil 2.15. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği. 87

Şekil 2.16. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği şematik görünümü. 88

Şekil 2.17. Ölçüm aparatının test adaptörü 88

Şekil 2.18. ASTM D4935-99 ile uyumlu bir metot için test adaptörü. 89

Şekil 2.19. Spektran metodu test düzeneği..... 90

Şekil 2.20. Hava geçirgenliği test cihazı FX 3300 91

Şekil 2.21. Permetest su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı 92

Şekil 2.22. Permetest cihazının ölçüm mekanizması 92

Şekil 4.1. Kumaş numunelerinin ÖYD ve ÖYY eğilme dayanımlarının karşılaştırılması. 102

Şekil 4.2. Kumaş numunelerinin AYD ve AYY eğilme dayanımlarının karşılaştırılması. 105

Şekil 4.3. Numune sandviç kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti test sonuçlarının karşılaştırılması..... 107

Şekil 4.4. Numune sandviç kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti test sonuçlarının karşılaştırılması..... 109

Şekil 4.5. 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları. 110

Şekil 4.6. 7 ve 8 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları. 111

Şekil 4.7. 2 ve 3 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları. 111

Şekil 4.8. 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları. 112

Şekil 4.9. 2 ve 11 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları. 113

Şekil 4.10. Kumaş numunelerinin 100-300 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçlarının ortalamalarının karşılaştırılması. 115

Şekil 4.11. Kumaş numunelerinin 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçlarının ortalamalarının karşılaştırılması. 117

Şekil 4.12. 446 MHz frekansta numune kumaşların dikey ve yatay yerleşimindeki SE sonuçları. 120

Şekil 4.13. Kumaş numunelerinin ön ve arka yüzleri için hava geçirgenliği sonuçlarının karşılaştırılması. 123

Şekil 4.14. Kumaş numunelerinin bağıl su buharı geçirgenliği sonuçlarının karşılaştırılması. 125

Şekil 4.15. Kumaş numunelerinin ısıl direnç sonuçlarının karşılaştırılması. 128

Şekil 4.16. Kumaş numunelerinin ısıl direnç-kalınlık ölçüm sonuçları. 129

GİRİŞ

Elektrik yüklerinin hareketinden doğan, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanına elektromanyetik alan denir. Duran elektrik yükleri etrafında durgun bir elektrik alan oluşurken, hareketli yükler etrafında hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Bu alanlar "elektromanyetik dalgalar" şeklinde ifade edilirler. 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. Işıma sözcüğü, madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmaktadır. Elektromanyetik ışıma için, noniyonize (iyonlaştırmayan) ışıma 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 ışıma, elektromanyetik ışıma grubunda yer almaktadır.

Günlük hayatımızda elektrikli ve elektronik aletlerin yeri ve önemi sürekli artmaktadır. Yaşamımızın her safhasına girmiş olan bu cihazların kullanımı hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmektedir. Elektromanyetik çevre kirliliğinden korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik ışıma kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir. Elektromanyetik ışımadan korunmada kullanılan başlıca yöntemlerden birisi kalkanlamadır. Günümüzde klasik kalkanlama malzemelerinin dezavantajlarından dolayı kalkanlamada daha hafif, esnek ve düşük maliyetli tekstiller tercih edilmektedir. Elektromanyetik kalkanlama amacı için geliştirilen koruyucu tekstil ürünleri bu konulara farklı bir bakış açısı getirmiştir.

Sandviç tekstiller özel yapıları sayesinde konvansiyonel tekstil yapıları tarafından karşılanamayacak spesifik özelliklere sahip tekstil yapılarıdır. İki ayrı tekstil yüzeyinin bir bağlantı ipliği veya tabakası ile bağlanması sonucu oluşan sandviç tekstillere olan talep son yıllarda artış göstermiştir. Bu kumaşların en belirgin özellikleri, diger tekstil yapılarında bulunmayan içsel hava geçirgenligi, çok iyi basma dayanımı, iyi esneme özelliği, kimyasallara karşı dayanıklılık, yüksek eğilme dayanımı, üstün termal konfor performansı, yalıtım özelligi ve dökümlülük olarak sıralanabilir. Bu fonksiyonel kumaş, otomotiv tekstilleri, tıbbi tekstiller, jeotekstiller, spor tekstiller, koruyucu tekstiller, ev tekstili ve kompozit yapılara kadar çok geniş bir aralıkta kullanım alanı bulmuştur.

Elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip kumaşların, kullanılabilir olmaları için, insan duyuları açısından gerekli asgari konfor ve estetik özelliklere sahip olmaları gerekir. Teknik tekstil ürünlerinde esas istenen teknik performansın sağlanması olsa da, yapının estetik ve konfor özellikleri hiçbir zaman göz ardı edilemez. Çoğu durumda kumaşın kullanım şartlarına uygunluk ve rahatsızlık vermemesi hususu tekstil ürününden beklenen teknik performans kadar önemlidir.

Bu çalışma kapsamında elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip sandviç yapılı kumaşlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada farklı yapılarda iletken iplikler kumaş yapısında farklı yerlerde kullanılarak farklı tiplerde sandviç kumaşlar üretilmiş ve üretilen kumaşların elektromanyetik ışımayı kalkanlama etkinlikleri, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, ısıl direnç, eğilme dayanımı ve patlama mukavemeti özellikleri tespit edilerek analiz edilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE KALKANLAMA

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak elektrikli ve elektronik aletlerin günlük hayatımızdaki yeri ve önemi sürekli artmaktadır. Elektronik haberleşme ağları, radyo ve televizyon vericileri, uydu iletişim sistemleri, askeri hava savunma sistemleri, radarlar, otomobil ateşleme sistemleri, iş makineleri, evlerde kullanılan elektrikli ve elektronik cihazlar, tıbbi cihazlar, cep telefonları, baz istasyonları, bilgisayarlar ve tüm elektrik-elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik (EM) ışıma yayarlar. Yaşamımızın her safhasına girmiş olan bu cihazların kullanımı hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Ayrıca bu cihazların oluşturduğu elektromanyetik alan (EMA), hassas elektronik cihazlar üzerinde etki yaparak bu cihazların doğru çalışmasını engellemekte, parazit oluşturup, göstergeleri bozarak hatalı değer okunmasına neden olmaktadır.

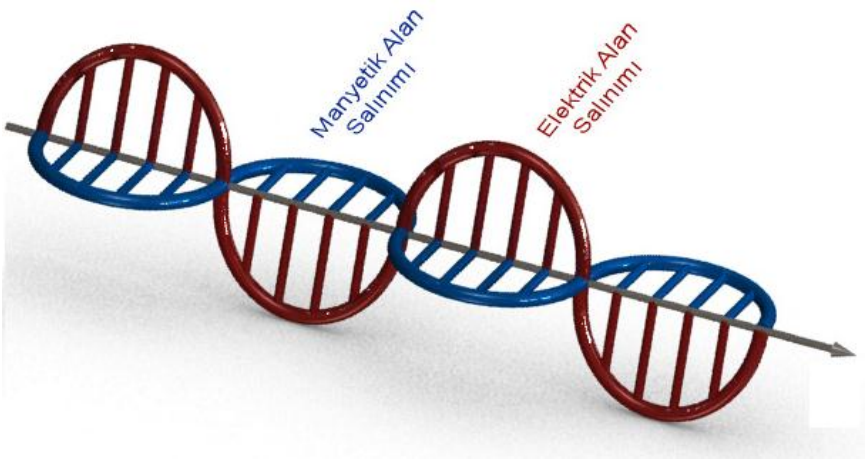
Günlük hayat içerisinde çevremizde mevcut olan elektromanyetik dalgaların yoğunluğu ile "elektrosmog" olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorunu ortaya çıkmıştır. Modern hayatın karşımıza çıkardığı elektromanyetik kirlilik probleminin olumsuz etkilerinin azaltılması veya kontrol altına alınması için farklı koruma yöntemleri geliştirilmiştir. Elektromanyetik ışımadan korunmada kullanılan başlıca yöntemlerden birisi kalkanlamadır. Kalkanlamada kullanılan klasik metal malzemelerinin sınırlı esneklik, ağırlık, korozyon ve kalkanlama verimliliğini ayarlama zorluğu gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Günümüzde klasik kalkanlama malzemelerinin dezavantajlarından dolayı kalkanlamada daha hafif, esnek ve daha düşük maliyetli elektriksel olarak iletken olan tekstil ürünleri tercih edilmektedir.

Günümüzde kalkanlama amacı ile fonksiyonel tekstil yapılarının kullanımı son derece pratik, basit ve düşük maliyetli çözümler sunmaktadır. Bu duruma bağlı olarak bu tür tekstil yüzeylerinin üretiminin ve kalkanlama etkinliği ölçüm tekniklerinin sayısı artmıştır. Bu çalışmanın literatür taraması kısmında öncelikle elektromanyetik alan ve etkileri, kalkanlama teorisi ve elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçüm yöntemleri incelenmiştir.

1.1.1. Elektromanyetik Alan ve Etkileri

Elektrik yüklerinin hareketinden doğan, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanına elektromanyetik alan denir. Elektromanyetik alan bir çubuk mıknatısın kuzey-güney kutbu gibi durağan (statik) olabileceği gibi, herhangi bir frekansla salınım da yapabilmektedir. 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 [1].

Elektromanyetik alanların iki bağımsız bileşeni vardır. Bunlar elektrik alan (E) ve manyetik alan (H)'dır. E'nin birimi Volt/m ve H'nin birimi Amper/m'dir [1]. Elektrik alan ortamdaki voltaj farklılıklarının sonucunda ortaya çıkmakta ve voltaj yüksekliğine bağlı olarak artmaktadır. Manyetik alan ise ortamdaki elektrik akımının varlığına bağlı olarak ortaya çıkmakta ve akım değerine bağlı olarak artmaktadır [2]. Şekil 1.1'de manyetik alan ve elektrik alanının bileşimi ile oluşmuş olan EM alanın şematik yapısı görülmektedir.



Şekil 1.1. Elektromanyetik alanın şematik yapısı.

Elektrik alanlar, ortamda pozitif ya da negatif bir yük mevcut olduğu zaman oluşurlar. Alandaki diğer yüklere güç uygularlar. Elektrik alanların gücü metre başına volt ile ölçülür (V/m). Elektrik alan şiddeti voltaja bağlı olarak artar. Cihazlar kapalı konumdayken bile elektrik alan oluştururlar [1].

Elektrik alan bir yüke ya da yüklü bir iletkene yakınken en güçlü halini alır ve kaynaktan uzaklaştıkça şiddeti hızla azalır. Metal gibi iletkenler bu alanları çok etkili bir biçimde kalkanlamaktadır. Yapı malzemeleri ve ağaçlar gibi diğer materyaller ise daha az kalkanlama imkânı sağlarlar. Bu nedenle, çevremizdeki güç hatlarındaki elektrik alanlar şiddeti; duvarlar, binalar ve ağaçlar tarafından azaltılır. Güç hatları yerin altına gömüldüğünde, elektrik alanlarını yüzeyden tespit etmek oldukça zorlaşır.

Manyetik alanlar elektrik yüklerinin hareket etmesiyle açığa çıkarlar. Elektrik alanların tersine, manyetik alan oluşumu için ortamda elektrik akım oluşması gerekir. Yani manyetik alan yalnızca, akım varken ortaya çıkar. Akım attıkça, manyetik alanın şiddeti de artar. Manyetik alanların gücü metre başına amper ile ölçülür (A/m). Elektrik alanlar gibi, manyetik alanların da kaynağa yaklaştıkça şiddeti artarken, kaynaktan uzaklaştıkça şiddeti hızla azalır. Manyetik alanlar, bina duvarları gibi genel malzemeler tarafından bloke edilmezler, bu nedenle manyetik alan şiddetini azaltan malzeme sayısı son derece sınırlıdır [3].

1.1.1.1. Elektromanyetik Dalgalar

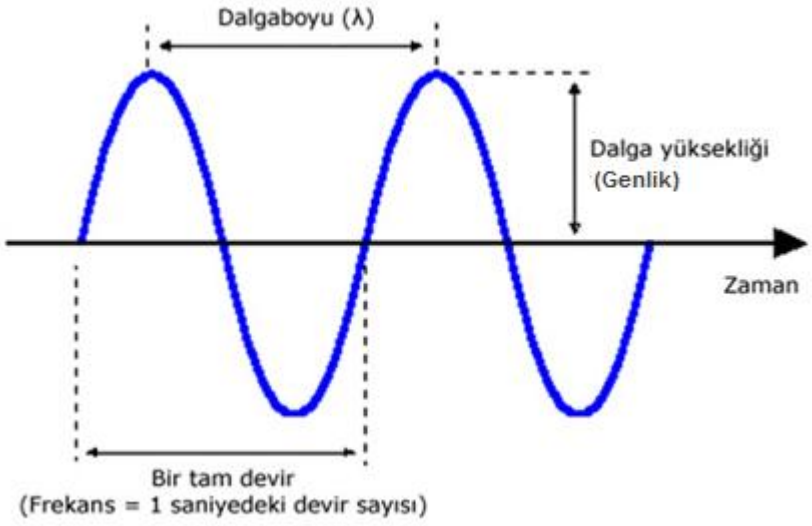
Elektromanyetik dalgalar boş uzayda ve madde içinde yayılabilen, elektrik alan (E) ve manyetik alan (B) bileşenlerine sahip, genlikleri kaynaktan uzaklaştıkça azalan enine dalgalardır. Uzayda bu dalgaların yayılması ışık hızıyla ($c = 3x10^8$ m/s) gerçekleşmektedir [4].

Her tür dalganın bir dalga boyu, frekansı ve genliği 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 [1]. Belli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısı o dalganın frekansıdır ve birimi Hertz (Hz)'dir [4]. Dalganın yayılma hızı ile frekans arasındaki ilişki (1.1) denkleminde verilmiştir.

Hız = Frekans x Dalga Boyu (1.1)

Genlik ise bir dalganın normal konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir. Uzanımın en büyük ve en küçük olduğu konumlar diye de tarif edilebilir. Genlik, dalgayı ortaya çıkaran enerjinin miktarına bağlıdır. Dalganın enerjisi arttığında genliği de artmaktadır [2].

Şekil 1.2'de bir dalganın dalga boyu, frekansı ve genliği şematize edilerek gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Dalga boyu, frekans ve genlik.

Işıma sözcüğü, madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmaktadır. Elektromanyetik ışıma dalga ve tanecik olmak üzere iki farklı görüş ile açıklanır. Dalga özelliği, frekansa göre değişen titreşim hareketidir. Yüksek frekanslarda dalgalar madde ile karşılaştırıldıklarında dalgadan daha çok tanecik özelliğine sahiptirler. Bu dalgalara foton adı verilir. Her bir foton tarafından taşınan enerji, frekansa bağlıdır. Bu enerji, ışıma etkilerinin sınıflandırılmasında önemli rol oynamaktadır. Düşük frekanslı elektromanyetik dalgalar "elektromanyetik alanlar" ve yüksek frekanslı dalgalar ise "elektromanyetik ışıma" olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca elektromanyetik dalgalar frekans ve enerjilerine göre iyonlaştıran ışıma (nükleer ışıma) veya iyonlaştırmayan ışıma (elektromanyetik ışıma) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır [5].

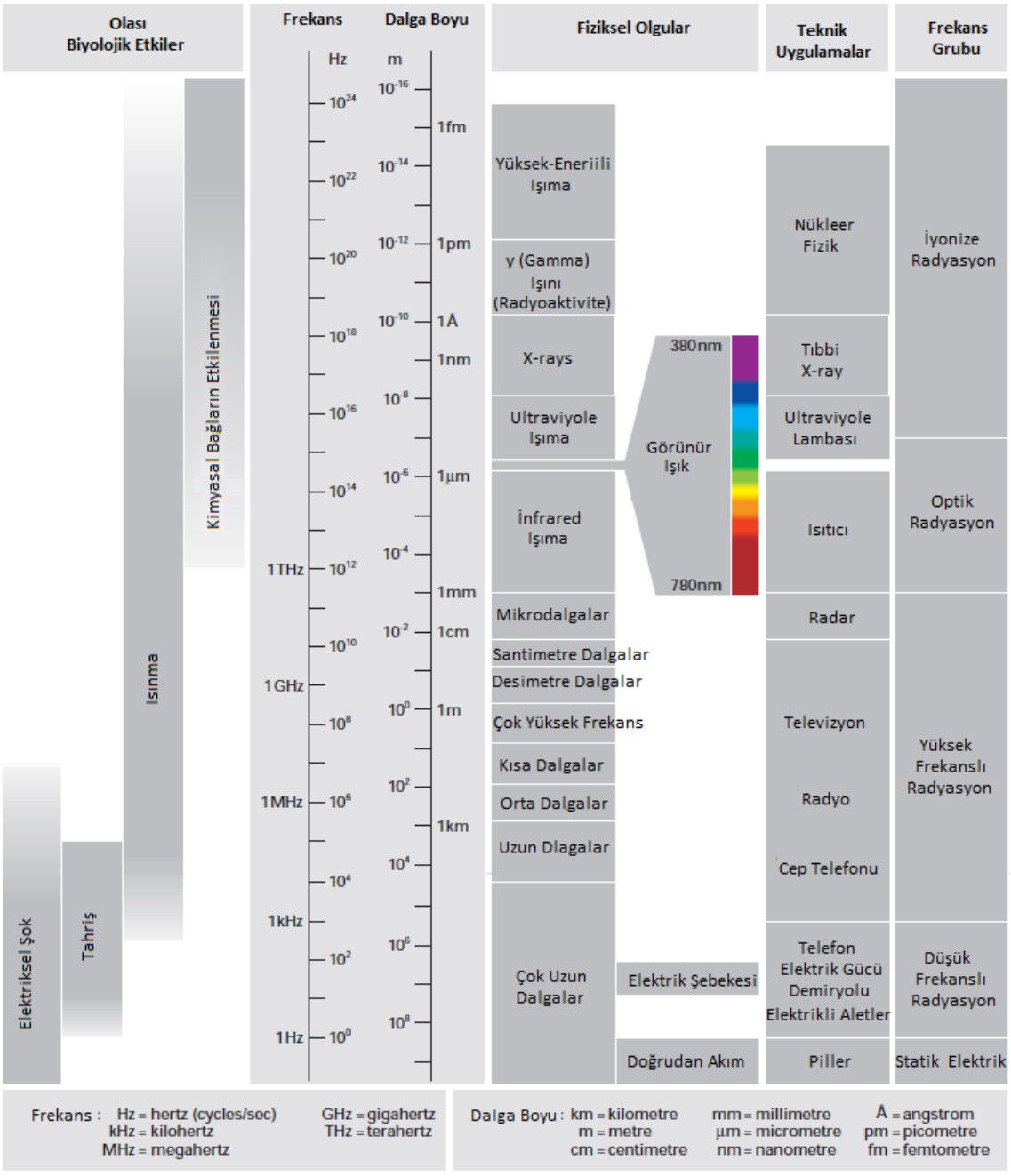
Nükleer (iyonlaştıran-iyonize) ışıma; madde içerisinden geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle, ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştıran ışıma türüdür. Bu tür ışımalar canlılar üzerinde birçok biyolojik ve kimyasal etkiye neden olabilmektedir. Bu etkiler alınan ışıma dozuna ve süresine bağlıdır. İyonize ışıma örnek olarak, x ve gama-ışınları ile α, β ve nötron parçacıklarının yayılması, gösterilebilir [1]. Işınım enerjisi W > 12 eV olduğu takdirde bu ışınım iyonlaştıran ışıma sınıfına girer. W >12 eV, λ<100 nm'ye karşılık düşer.

İyonlaştırmayan (naniyonize) ışıma; maddeleri iyonize edecek kadar enerjisi olmayan daha çok ısıl etkilere neden olan ışınımlardır. 12 eV'den düşük enerjili (λ>100 nm) elektromanyetik dalgalar bu sınıfa girer. Bu tür ışımalar, iyonlaştıran ışıma kadar yüksek ve kalıcı etkiye sahip değildir. Ancak etki süresi ve şiddetine göre vücutta istenmeyen etkilere neden olabilir. 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 ışıma, elektromanyetik ışıma grubunda yer almaktadır [6].

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

1.1.1.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum, gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar bilinen tüm elektromanyetik dalgaların frekansına ve dalga boyuna göre sınıflandırılmasıyla elde edilen bir dizilimdir. Elektromanyetik spektrum içinde dalga boyları 10^{10} ile 10^{-16} metre arasında değişmektedir. En yüksek frekanslı dalgalar, en büyük enerjiye sahiptir. Frekansı en küçük (dalga boyu en büyük) elektromanyetik dalgalar radyo dalgaları olarak adlandırılır. Frekansı en büyük (dalga boyu en küçük) elektromanyetik dalgalar gama ışınları olarak adlandırılır. Şekil 1.3'te elektromanyetik spektrum, dalga boyu ve frekans özellikleri, biyolojik etkileri ve teknik uygulamaları görülmektedir [2].



Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum [7].

Elektromanyetik spektrumda;

- 3Hz- 3kHz arası son derece düşük frekans bölgesi
- 3kHz - 30kHz 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 ışıma bölgesi olup Mor ötesi, X ve Gama ışınları bu bölgededir [4].

Evlerdeki elektriksel tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan elektromanyetik alanlar 50 Hz civarında frekansa sahip olup, bu frekanslardaki alanlara dalga boyu çok uzun (ELF, Extremely Low Frequency-Aşırı derecede düşük frekans) alanlar denir. Uydu haberleşmeleri, cep telefonları, mikrodalga fırınları gibi alanlarda kullanılan alanlara da radyo frekansı alanları (RF, Radio frequency) denir [1].

1.1.1.3. Elektromanyetik Işımanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Teknolojideki gelişmelerin bir sonucu olarak elektromanyetik ışıma yayan cihazların kullanımı her geçen gün artmakta ve bununla beraber günlük yaşantımızda maruz kaldığımız elektromanyetik alan miktarı da artmaktadır. Özellikle büyük kentlerde tam bir elektromanyetik kirlilik egemen durumdadır (Şekil 1.4). Bu gelişmelerin sonucunda elektromanyetik ışıma insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkileri konusunda insanların duyarlılığı artmıştır. Elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri ve bu olumsuz etkilerden korunma yöntemleri son yıllarda akademisyenler tarafından sıklıkla incelenen bir konudur.



Şekil 1.4. Elektromanyetik kirlilik.

Elektrikli ve elektronik teknolojinin 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 [2].

Elektromanyetik dalga, bir radyo frekans kaynağından üretilen ve boşlukta yayılan bir alandır. Günlük yaşantımızda ne kadar sık ve uzun süreli kullandığımızın farkına bile varmadığımız elektronik cihazlar elektromanyetik alan oluşturmaktadır (Şekil 1.5). Elektronik cihazlardan üretilen elektromanyetik dalgaların gücü ister yüksek, ister düşük olsun, bu dalgalar insan vücudunda etkili olmaktadır. Elektromanyetik dalgalar, (EMD) vücuttaki dokulara ısı enerjisi ile kimyasal değişimlere yol açarak zarar verirler. Yüksek güçlü elektromanyetik dalgalar ısıya bağlı zarar verirken, düşük güçlü elektromanyetik dalgaların uzun süre alınmasıyla dokularda kimyasal değişmeler nedeniyle zararlı etkiler ortaya çıkar [8].



Şekil 1.5. EM alan kaynakları.

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 [9]. Canlı bir organizma, radyo frekanslı (10 kHz - 300 GHz) 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 [10]. Bu zararlı etkileri azaltmak için elektromanyetik ışımanın belirli bir değerde olmasını öngören standartlar geliştirilmiştir [6]. Durgun veya düşük frekanslı elektromanyetik alanlar (0 Hz- 10 kHz) ise, radyo frekanslı alanlardan farklı olarak insan bedeni üzerinde saç telinin havalanması gibi yüzeysel etkilere neden olmaktadır.

Elektromanyetik dalgalara maruz kalan insanlarda baş ağrısı, halsizlik, kusma, konsantrasyon bozukluğu, hafıza kaybı, reflekslerde zayıflama, kas ve eklemlerde ağrı gibi nörolojik etkiler, göğüs ağrısı, düşük veya yüksek tansiyon, kalp atışında hızlanma veya yavaşlama, nefes alma sıklığında değişim gibi kardiyolojik etkiler, sinüzit, 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 gibi olumsuzlukların ortay çıktığı ifade edilmektedir. Ayrıca uzun dönemde kanser, normal hücre bölünmesi, sinirlerde hasar, beyin hasarları ve düşüklere neden olabilecek olumsuz etkiler görülmektedir [2].

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. SAR değeri dokudan dokuya değiştiği gibi, doku içerisinde de noktadan noktaya (farklı noktalara farklı elektromanyetik enerji nüfuz edebileceğinden) değişir. SAR, gelen dalganın frekansına, geliş açısına, canlı dokunun su muhtevasına ve biyolojik malzemenin elektriksel özelliklerine bağlıdır. 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. 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 [1].

1.1.1.4. 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 [9]. Elektrik/elektronik cihazlardan yayılacak olan elektromanyetik alanın şiddetinin değerleri belirlenirken, sadece 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 [1].

1.1.2. ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA

Elektromanyetik ışımadan korunmada başlıca yöntemlerden birisi kalkanlamadır. Elektromanyetik kalkanlama, elektromanyetik dalgalanın bir materyal tarafından soğrulması veya yansıtılması ile dalganın içeri girmesine engel olunmasına denir [11]. Günümüzde elektronik cihazların sosyal yaşamdaki rolünün artması ve yayınım kaynaklarındaki hızlı gelişimi elektromanyetik alanın insan ve cihazlar üzerindeki olumsuz etkilerinin giderilmesinde kalkanlamayı stratejik açıdan önemli hale getirmiştir.

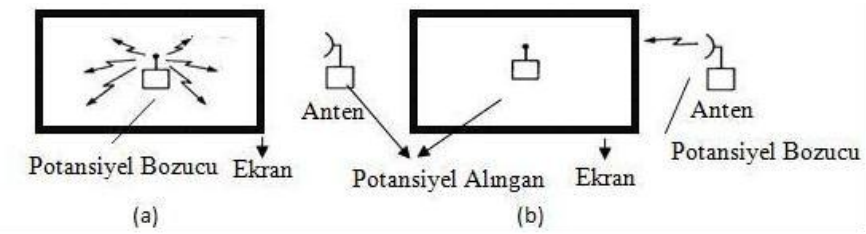
1.1.2.1. Kalkanlama Teorisi

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

Bir ekranın iki temel görevi vardır [12]:

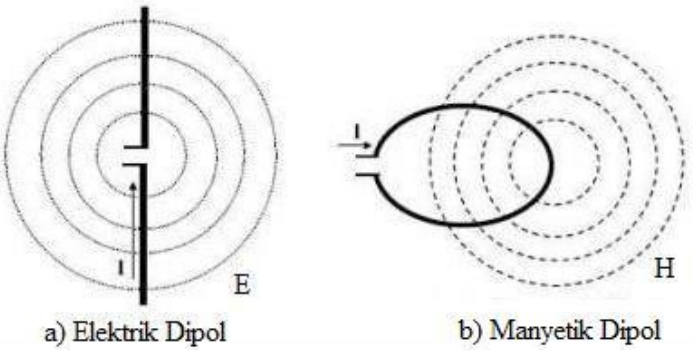
1. Bir üründen veya ürünün elektronik kısımlarından dışarı doğru yayılan emisyonları önlemek (Şekil 1.6/a),

2. Harici kaynaklardan gelen ışının emisyonlarının ürünün elektronik elemanlarına kuple olmasını önlemek (Şekil 1.6/b).



Şekil 1.6. Tipik bir ekranın temel görevleri [12].

Başka bir ifade ile bir ekranın görevi, dâhili bozucuları içeride, harici bozucuları dışarıda tutarak ışıma yollu girişimi önlemektir. Kalkanlamanın etkili olması kalkanlanacak kaynağın cinsine bağlıdır. EMC problemlerinde iki tip girişim kaynağı söz konusudur; elektrik dipol gibi davranan kaynaklar, manyetik dipol gibi davranan kaynaklar (Şekil 1.7). 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 kalkanlama, manyetik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik kalkanlama gereklidir [12].



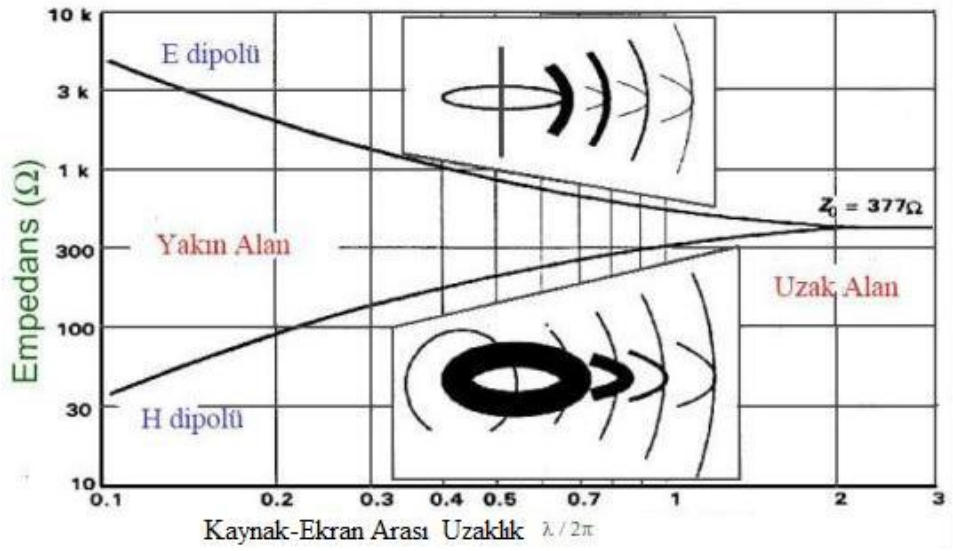
Şekil 1.7. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları [12].

Elektromanyetik alanı tanımlamada kullanılan belirleyici parametrelerden birisi de dalga empedansı Z= E/H olarak bilinen, elektrik alan bileşeni E'nin manyetik alan bileşeni H'a oranıdır.

Kaynak - ekran arasındaki uzaklık; dalga boyu (λ) = Işık hızı (c = $3x10^8$ m/s) / frekans (f) olmak üzere λ/2π'yi aştığında her iki dipol için de aynı dalga empedansına ulaşılmaktadır. Bu değer uzak alan için açık uzayda veya havada etkileşimli yayılma ile dalga empedansı $Z=Z_0=377\ \Omega$ olup, boşluk dalga empedansı adını alır. λ/2π değeri yakın alan / uzak alan sınırı olarak kabul edilmektedir. Bazen güvenlik payı olarak bu değerin iki katı alınmaktadır [12].

Elektromanyetik ışıma kaynağının etrafındaki alanı 3'e ayrılabiliriz (Şekil 1.8).

- **Yakın Alan (İndüksiyon) Bölgesi:** Kaynağın yüzeyinden λ/2π'ye kadar olan uzaklıktaki bölgeye yakın alan bölgesi denilir. Yakın alanda empedans, elektromanyetik alan kaynağının özelliklerine, kaynağın ölçüm noktasına uzaklığına ve yayılma ortamı parametrelerine bağlıdır [13].
- **Uzak Alan (Işıma) Bölgesi:** λ/2π uzaklıktan başlayıp sonsuza kadar uzanan bölgeye uzak alan bölgesi denilir. Bu bölgedeki elektromanyetik dalga düzlem dalga olarak adlandırılır. Çünkü yayılan dalganın cephesi düzlem olarak kabul edilir. Bu bölgede elektrik ve manyetik dipol kaynaklarının etkileri açısından bir fark yoktur.
- **Geçiş Alanı:** Yakın ve uzak alanın sınırındaki bölgeye geçiş alanı denilir [13].



Şekil 1.8. Bir elektromanyetik etkileşim kaynağının etrafındaki tipik alanlar [12].

Şekil 1.8'de yatay eksen dipolden itibaren uzaklığı, düşey eksen ise dalga empedansını göstermektedir. Şekil 1.8'de görüldüğü gibi elektrik dipolün yarattığı dalgaların dalga empedansı dipol yakınında çok yüksektir (5-10 kΩ kadar olabilmektedir). Oysa manyetik dipolün yarattığı dalgaların empedansı birkaç ohm'lar seviyesindedir.

Manyetik alanların elektrik alanlar ile ilişkisi ilk kez 19. yüzyılda fizikçi James Clerk Maxwell tarafından açıklanmıştır. Elektromanyetik teorinin temeli olan Maxwell denklemleri zamanla değişen bir manyetik alanın bir elektrik alan oluşturması gibi, zamanla değişen bir elektrik alanın da bir manyetik alan oluşturacağını belirtmektedir. Bir düzgün (üniform) düzlem dalga; E'nin (Aynı zamanda H'nin) yayınım yönüne dik sonsuz düzlemler içinde, aynı yöne, aynı büyüklüğe ve aynı faza sahip olduğunu kabul ederek elde edilen, Maxwell denklemlerinin özel bir çözümüdür. Düzgün düzlem dalga uygulamada mevcut değildir. Çünkü böyle bir dalga oluşturmak için sonsuz genişlikli bir kaynak gerekir, fakat pratik dalga kaynakları daima sonlu genişliktedirler. Ancak, bir kaynaktan yeterince uzaktaysak, dalga cephesi hemen hemen küresel hale gelir ve büyük bir kürenin çok küçük bir kısmı çok yaklaşık olarak düzlemdir [12].

Kalkanlama Etkinliği (SE, Shielding effectiveness) bir ekrana gelen elektrik (veya manyetik) alanın büyüklüğünün (E_0 veya H_0), ekrandan geçerek ekranın ardında tekrar ortaya çıkan elektrik (veya manyetik) alanın büyüklüğüne (E_1 veya H_1) oranı olarak tanımlanabilir. SE'nin formülü (1.2) denkleminde verilmiştir [12].

$$SE = 20 \log(E_0/E_1) = 20 \log(H_0/H_1) \quad (dB) \tag{1.2}$$

SE değeri kalkanlama etkinliğini gösteren logaritmik bir değerdir. Elektrik alanın yüzdesel olarak ne kadar zayıfladığını göstermek için ise % Azalma kullanılır. % Azalma (1.3) denklemine göre hesaplanabilir.

$$\%\, Azalma = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 \tag{1.3}$$

(1.3) denkleminde $\frac{E_2}{E_1}$ yerine (1.2) denkleminden elde edilecek değer yazılırsa % Azalmanın SE cinsinden değeri (1.4) denklemindeki gibi bulunur.

$$\%\, Azalma = (1 - 10^{-SE/20}) \times 100 \tag{1.4}$$

Pratikte verilen kalkanlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için Tablo 1.1'de SE ve % Azalma değerleri belirtilmiştir.

Tablo 1.1. SE ve % azalma değerleri.

SE (dB)	% Azalma	Açıklama
0-10	0-68,377	Kalkanlama beklenmez
10-30	68,377-99,838	Basit Kalkanlama
30-60	99,838-99,900	Normal Kalkanlama
60-90	99,900-99,997	Yeterli Kalkanlama
90-120	99,997-99,999	Mükemmele Yakın Kalkanlama
120-	99,999 ve yukarısı	Maksimum Kalkanlama

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi genel olarak 30 dB kalkanlama etkinliği ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Pratikte birçok sorunu 40 dB kalkanlama etkinliği çözebilir. Askeri sistemlerde 100-120 dB kalkanlama etkinliği istenebilmektedir. Telefon kabloları için şartnamelerde istenen değerler 80-90 dB civarındadır [1, 9].

İlerleyen bir dalganın genliğinin e^{-1} veya 0,368'lik bir çarpan kadar zayıfladığı δ mesafesi bir iletkenin deri kalınlığı (skin depth) veya sızma derinliği olarak tanımlanır. Pratikte mikrodalga frekanslarında iyi bir iletkenin deri kalınlığı öyle küçüktür ki, alanlar ve akımlar, pratik amaçlar için, iletken yüzeyinin çok ince bir tabakası içinde (yani deri içinde) sınırlanmış olarak kabul edilebilir [12]. Deri Kalınlığı (1.5) denklemi ile hesaplanabilir.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu}} \tag{1.5}$$

Burada; δ(m) deri kalınlığı, ω=2πf (f dalganın frekansı), σ (Siemens/m) ortam iletkenliği, μ (Henry/m) ortamın manyetik geçirgenliğidir.

Gelen elektrik alanın bir kısmı, ekranın ön yüzeyindeki yansıtma katsayısına bağlı olarak geri yansıtılır. Gelen dalganın empedansı ekranınkinden çok farklı ise, dalga

büyük oranda geri yansıtılacaktır. Eğer dalganın ve ekranın empedansları birbirlerine çok yakın ise enerji en az yansıma ile ekranın içine girebilecektir. Ön yüzeyden geçen dalganın genliği, ekranın arka yüzeyine ulaşana kadar $e^{-\alpha z}$ (α, ekran malzemesi için zayıflama katsayısı ve Z, dalga empedansı) çarpanı ile zayıflar ve bu soğurulma kaybına karşılık gelir. İyi iletken bir malzemede (α) zayıflama katsayısı ve (δ) deri kalınlığı arasındaki ilişki $\alpha = 1/\delta$ olduğundan zayıflama çarpanı $e^{-z/\delta}$ olacaktır [12].

Eğer ekran kalınlığı d, ekran malzemesinin gelen dalga frekansındaki deri kalınlığından çok büyük ($d >> \delta$) olursa, ekranın ön yüzünden giren dalga arka yüzüne ulaştığında önemli oranda zayıflamış olur. Arka yüzeye ulaşan dalganın bir kısmı tekrar geri yansıtılma ve soğurulma işlemine maruz kalırken, bir kısmı da kalkanlanan bölgeye geçer. Ekranın kalınlığı, malzemenin gelen alanın frekansındaki deri kalınlığından çok büyük olursa, ekran içinde çoklu yansımalar, soğurulmalar ve geçişler olacaktır [12].

İnce sonsuz levha yüzeyin mevcut kabul edilmiş kalkanlama teorisi, 1943'te Schelkunoff tarafından önceden türetilmiş ilişkileri temel almaktadır [13]. Pasif elektromanyetik kalkanlamada Schelkunoff'un teorisine göre bir metal tabaka tarafından gösterilen kalkanlama etkisi, absorbsiyon kaybı, yansıma kaybı ve çoklu yansıma kaybı olmak üzere üç tip kaybın sentezi olarak tanımlanır [12]. Genel olarak, elektromanyetik dalgalar metal tabakaya etki ettiğinde bireysel kalkanlama etkinliklerinin toplamları, (1.6) denkleminde verilmiştir [12].

$$SE = S_A \times S_R \times S_{MR} \quad \text{veya} \quad SE(dB) = S_A\,(dB) + S_R\,(dB) + S_{MR}\,(dB) \qquad (1.6)$$

Burada; S_A alanın düzlemden geçişinde meydana gelen soğurma (absorbsiyon) katkısı, S_R yansımadan gelen katkı, S_{MR} çoklu yansımalardan (veya saçılmalardan) gelen katkıdır.

1.1.3. Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Metotları

Tekstil yüzeylerinin elektromanyetik kalkanlama amacı ile kullanımı konusu uluslararası tekstil çevreleri ve Türk sektörü tarafından ilgi ile karşılanan bir alandır. Konu sadece tekstil çevrelerinde değil malzeme bilimi ve elektronik mühendisliği alanlarında da ilgi görmekte olan ve sürekli olarak üzerinde araştırmaların yapıldığı, ürün geliştirme çalışmalarının devam ettiği bir konudur. Elektromanyetik kalkanlama özelliği olan tekstil yüzeyleri, kalkanlama etkinliği ölçüm yöntemleri, iletken tekstil

yapıları, elektronik tekstillerin üretim olanakları ve kullanım alanlarının geliştirilmesi ile ilgili olarak çok sayıda uluslararası makale yayınlanmakta, ulusal ölçekte ise araştırma projeleri, yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları, sanayi destekli ürün geliştirme projeleri yapılmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak tekstil yüzeylerinin kalkanlama etkinliği ölçüm yöntemlerine sürekli yenileri eklenmektedir.

Malzemelerin kalkanlama etkinliği uygulama alanını belirleyen bir parametredir. Metal ekranlar için kalkanlama etkinliğini sadece materyalin elektrik ve manyetik parametreleri ile belirleyebilirken, bükülü metalik veya grafit teller içeren materyaller, metalize yüzeye sahip plastik materyaller, kompozit materyaller ve kalkanlama özelliğine sahip tekstil materyallerinde ise SE değerini sadece fiili olarak ölçerek belirleyebiliriz [9].

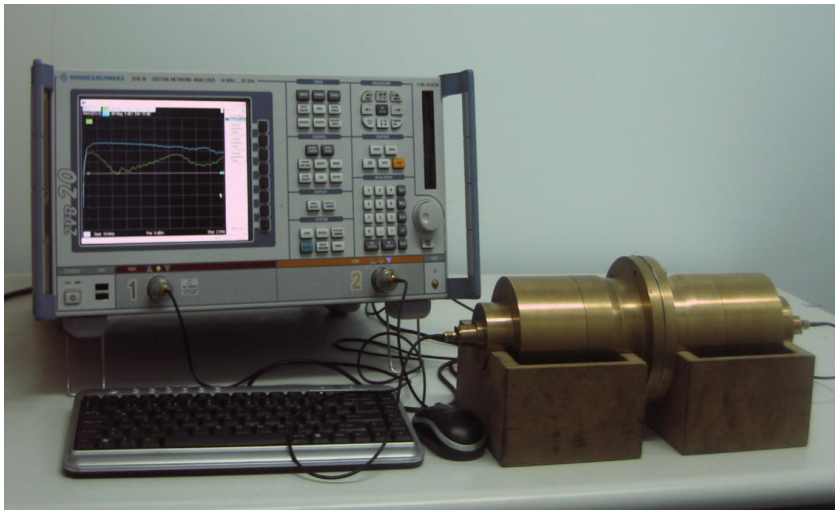
Tekstil ve çeşitli kompozit malzemelerin SE ölçümlerinin belirlenmesinde birçok ölçüm metodu kullanılmaktadır. Bu ölçüm metotlarını kontrollü test alanlarında ve serbest uzayda yapılan ölçümler şeklinde iki ana bölüme ayırmak mümkündür.

1.1.3.1. Kontrollü Test Alanlarında Kalkanlama Etkinliği Ölçümü

Ölçüm yerlerinde elektromanyetik çevrenin kontrol edilebildiği ve istenmeyen yansımaların istenen yansımalardan ayrılabildiği SE ölçümleri, kontrollü test alanlarında yapılan ölçümlerdir. Kompozit malzemeler ve elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünde, koaksiyel tutucu metodu, çift-TEM hücre metodu, yankısız oda metodu yaygın olarak kullanılan kontrollü test alanlarında yapılan ölçüm metotlarıdır [12].

1.1.3.1.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method)

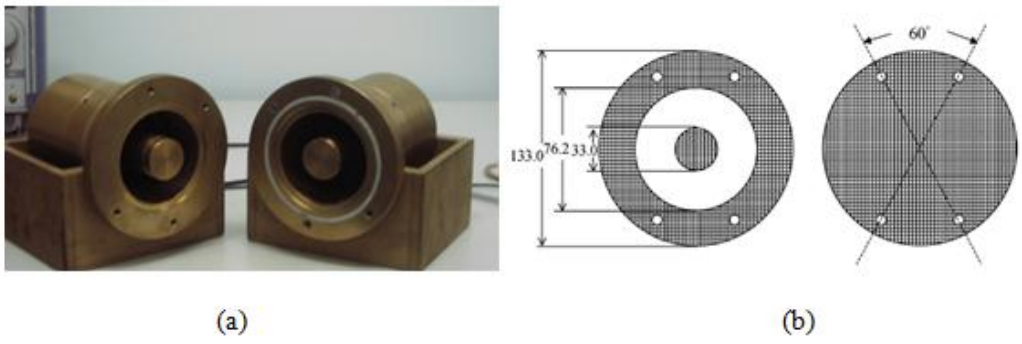
Kontrollü ortamdaki temel ölçüm metodu koaksiyel tutucu metodudur. Koaksiyel tutucu metodu, ASTM'nin 1989'da düzlemsel materyallerin SE'sini ölçmek için geliştirilip yayınladığı bir test metodu olan D 4935 standardına dayanır. Bu dokümanın en güncel revizyonu 1999 tarihlidir. İlk revizyondan farklı olarak bu doküman bu metot için uygulamanın kapsamını belirlemektedir. Bu doküman ASTM tarafından Eylül 2005'ten itibaren desteklenmemesine rağmen bilgi amaçlı tedarik edilmektedir [14]. Aynı zamanda artık resmi bir standart olmamasına rağmen bu dokümanda açıklanan metot düzlem dalga için kompozit malzemeler ve elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Şekil 1.9'da koaksiyel tutucu metodu esasına dayanan test düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.9. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği.

30 MHz-1,5 GHz frekans aralığında SE ölçümleri yapılabilen 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 kalkanlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkıları belirlenebilmektedir. Ölçülebilen maksimum çalışma frekansının artışı kenarlı koaksiyel kablo boyutlarının, test aparatı ve beraberinde numune boyutlarının azalışına neden olur [15].

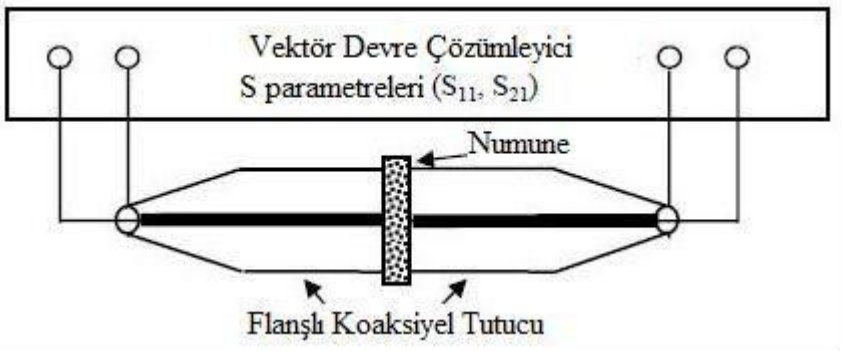
Bu metottaki test adaptörünün dış iletken iç çapı (D) 76.2 mm ve iç iletken dış çapı (d) 33 mm'dir. Test adaptörü, ölçüm adaptörünün iki yarısı arasındaki kapasitif bağlantıyı arttıran 133 mm'lik flanş ile hazırlanmıştır [9]. Şekil 1.10'de ASTM D 4935 test standardı için kullanılan test adaptörü, referans ve test numunesi görülmektedir.



Şekil 1.10. (a) ASTM D 4935 ölçüm aparatı test adaptörü, (b) Koaksiyel iletim hattı kaynak ve yükü.

Ölçüm prosedürü iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada referans numune kapasitif kuplajı dengelemek için test adaptörünün arasına yerleştirilir ve ölçüm gerçekleştirilir. Referans numunesi 133/76 mm çapındaki bir halka içinde 33 mm'lik bir daireden oluşmaktadır. İkinci aşamada ise gerçek ölçüm numunesi flanşlı koaksiyel tutucunun içine yerleştirilir ve sabitlenir (Şekil 1.11). İki ölçüm arasındaki fark SE olarak belirlenmektedir. Numunelerin kalkanlama etkinliği değerleri belirlenirken (1.7) denklemi kullanılır [13].

SE (dB) = Referans ölçüm sonucu (dB) - Zayıflatma ölçüm sonucu (dB) (1.7)



Şekil 1.11. Koaksiyel tutucu metot [15].

Koaksiyel tutucu ölçüm sistemi kompakttır, otomasyona ve bilgisayar kontrolü ile veri işlemeye imkân tanır. Bu ölçüm yönteminde nispeten küçük boyutlu numuneler kullanılmaktadır. Ayrıca bu ölçüm sistemi, ölçüm süresi kısalığı ve ölçümün ortamdan bağımsız olması gibi avantajlara sahiptir. Bu ölçüm metodunun zorluğu numune hazırlamadan kaynaklanır. Özellikle yüksek frekans ölçümlerinde numunenin boyutları küçük olmalıdır ve ayrıca koaksiyel tutucu ve numune arasındaki kontak direncinin etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Kontrollü test alanında ölçümlerin bir dezavantajı da açısal yansımanın tanımlanmasındaki zorluklardır [15].

Chen vd. yaptıkları bir çalışmada elektromanyetik kalkanlama etkinliği özelliklerine sahip iletken kompozitler geliştirmeyi amaçlamışlardır. Termoplastik kompozitler ile güçlendirilmiş iletken kumaşların kalkanlama etkinliğini incelemişlerdir. Dokuma ve örme işlemi boyunca sürtünme ve gerilmeyi azaltması için bakır ve paslanmaz çelik teli poliamid filamentler ile kaplamışlar ve RTCY (Rotor Twister Conductive Yarn) olarak adlandırılan kompozit iplikleri üretmişlerdir. İstenilen elektromanyetik kalkanlama

özelliğine ulaşmak için dokuma-örme ve dokuma kumaşları RTCY ile üretmişlerdir. Bu çalışmada farklı ölçüm teknikleri ve test standartları üzerinden kalkanlama etkinliğini değerlendirmişlerdir. Elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümleri için ASTM D 4935 standardında koaksiyel tutucu test metodunu, ASTM ES7 standardında çift TEM hücre test metodunu ve kendileri tarafından geliştirilen özel bir ölçüm düzeneğini kullanmışlardır. Ölçümleri üç farklı koaksiyel iletim hattı test odalarında gerçekleştirmişlerdir. Çeşitli ölçüm sistemleri arasındaki farklılıkları karılaştırmak ve test üzerindeki farklı dalga işlem modları arasındaki karşıtlığı açıklamak amacıyla kalkanlama etkinliğini farklı test yöntemlerinde ve farklı standartlarda ölçmüşlerdir [16].

Vasquez vd. tarafından yapılan bir çalışmada basit flanşlı koaksiyel elektromanyetik girişim (EMI) kalkanlama etkinliği (SE) test ölçüm cihazının tasarımı, yapımı ve test sonuçları sunulmuştur. Bu test cihazı, ASTM D 4935-99 standardında kalkanlama etkinliği test ölçüm cihazının nispeten büyük numune boyutları, test donanım karmaşıklığı ve kullanım zorluğu gibi çeşitli eksikliklerinin giderilmesi için geliştirmişlerdir. Teorik olarak, bu yeni test cihazının 18.2 GHz'e kadar ölçüm yapabildiği ifade edilmiş ancak 13.5 GHz'e kadar test etmişlerdir. Yeni geliştirilen EMI kalkanlama etkinliği test cihazı ile yapılan ölçümlerin elektromanyetik girişim ya da benzer uygulamalar için malzemelerin potansiyel kullanımının belirlenmesinde tatmin edici olduğunu ifade etmişlerdir. Bu EMI kalkanlama etkinliği test cihazının nispeten küçük boyutta numuneler gerektiğinden pahalı ya da elde edilmesi zor olan materyaller ile yapılan testler için uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan ölçümlerde SE test sonuçlarının beklenen teorik sonuçlar ile doğrulandığını belirtmişlerdir [17].

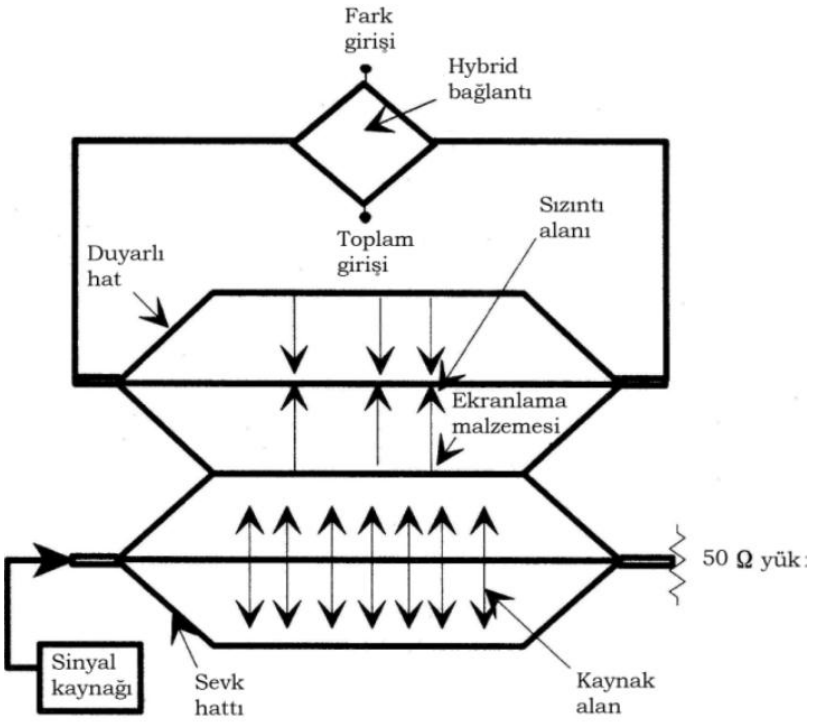
Soyaslan vd. yaptıkları bir çalışmada bazı atkı-örme yapılarının elektromanyetik kalkanlama etkinliğini incelemişlerdir. Atkı-örme yapılarını, bakır tel ve pamuk karışımlı iplikler kullanarak üretmişlerdir. Çalışmada kullanılan iletken iplikleri, iplik katlama makinesi ile elde etmişlerdir. 7G düz örme makinesinde iletken iplikler ile dört farklı örme yapısında (düz örme, atkı yatırılmış düz örme, 1x1 ribana ve atkı yatırılmış 1x1 ribana) numune kumaşlar üretmişlerdir Numune kumaşların elektromanyetik kalkanlama değerlerini ASTM D 4935 standardını esas alan bir koaksiyel test düzeneği tarafından belirlemişlerdir. Ölçümler 27 MHz - 3 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. İletken içeriği, ilmek yoğunluğu ve kumaş yapısı gibi

parametrelerin etkisini, atkı-örme yapıların elektromanyetik kalkanlama performanslarını göz önünde bulundurarak incelemişlerdir [18].

Su ve Chern, çalışmalarının birinde paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerden dokuma kumaş üretmişlerdir. İlk olarak paslanmaz çelikleri farklı numaralardaki polyester filamentler ile büküp, daha sonra bu kompozit ipliklerden çeşitli dokuma kumaşlar üretmişlerdir. ASTM D 4935 standardına göre kumaşların elektromanyetik kalkanlama etkinliğini ölçmek için koaksiyel iletim ekipmanı ile bir spektrum analizatör kullanmışlardır. Paslanmaz çelik kompozit ipliklerinin yoğunluğu, iplik geometrisi, paslanmaz çelik tipi ve dokuma tipi gibi parametrelerin elektromanyetik kalkanlama etkinliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir [10].

1.1.3.1.2. Çift-TEM Hücre Ölçüm Metodu (The Dual-TEM Cell Method)

Şekil 1.12'de şematik görüntüsü verilen Çift-TEM hücre ölçüm metodu kontrollü ortamda yapılan ölçüm metotlarındandır. Bu metot ile elektromanyetik, elektrik ve manyetik kalkanlama etkinliği ölçümü yapılır. Dinamik ölçüm aralığı 80 dB'e, frekans 1 GHz'e kadardır [12].



Şekil 1.12. Çift TEM hücre metodu [11].

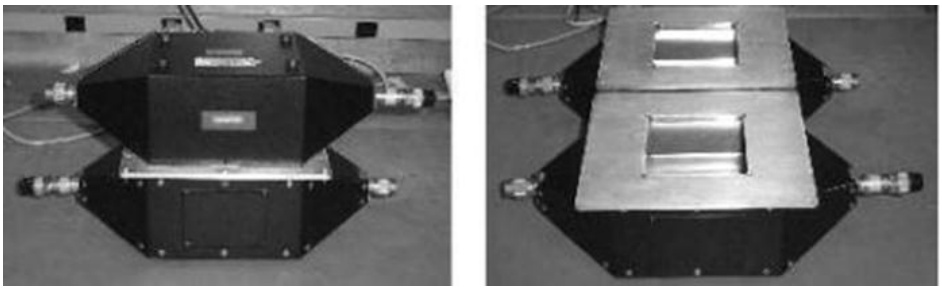
Çift-TEM hücre ölçüm sistemi; bir ikiz TEM hücresi, bir sinyal jeneratörü ve bir alıcı üniteden oluşur. Aletler ve veri toplama arasındaki iletişim otomatik bilgisayar

kontrollü kontrol sistemi tarafından sağlanmaktadır. Ölçüm, iki aşamada gerçekleştirilir. Kalibrasyon aşaması olarak adlandırılan ilk aşamada, dönüştürülmüş sinyal güç seviyesi açıklığın boş olduğu durumda ölçülür. İkinci aşamada aynı ölçüm, açıklığa numune yerleştirilerek yapılır. DTEM ölçüm sisteminde SE, (1.8) denklemi ile tanımlanabilir [12].

$$SE = 10 \log A/B \quad (1.8)$$

Burada; A test numunesi olmadan ölçülen sinyal güç seviyesi, B test numunesi varken ölçülen sinyal güç seviyesidir.

Şekil 1.13'te gösterilen Çift-TEM hücresi, ortak duvardaki kare şeklindeki delik (9.1 cm x 9.1 cm) ile birbirine bağlanmış, uca doğru sivriltilmiş dikdörtgen şekle sahip bir çift koaksiyel iletim hattıdır [12].



Şekil 1.13. Çift TEM hücre [12].

TEM hücresi; yayılan ışınlara karşı bağışıklıkta ve yayılım analizinde laboratuar ortamlarında kullanılan küçük muhafazalı odalardır. TEM hücresinin avantajı küçük boyutlarda, düşük maliyetli, amplifikatöre ihtiyacı olmaksızın, istenilen herhangi bir yere taşınabilir ve yerleştirilebilir olmalarıdır. Ayrıca dışarıdan yayılan ışınımlara karşı ek bir kalkanlama işlemine ihtiyaç olmamaktadır. Dezavantaj olarak ise test sırasında hücre içindeki durumun izlenmesi için bir pencereye ihtiyaç olmasıdır [19].

1.1.3.1.3. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method)

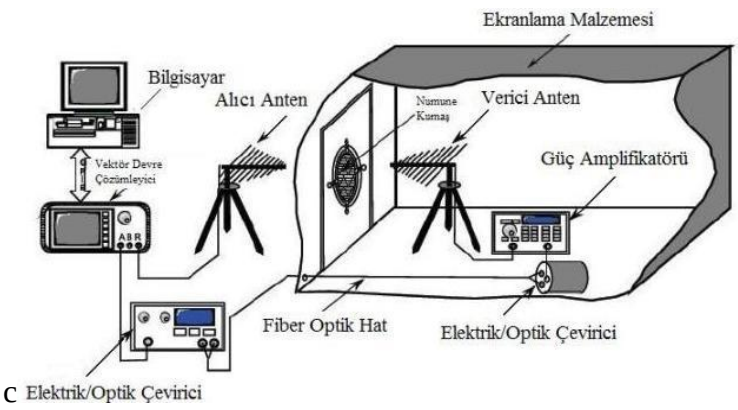
Tekstil malzemelerinin kontrollü test alanında elektromanyetik kalkanlama etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden biri de yankısız oda metodudur. Şekil 1.14'te tekstil malzemelerinin SE testinde kullanılan yankısız oda (ekranlı oda) ve test düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.14. Yankısız oda metodu uygulaması.

Bu ölçüm metodunda iç duvar yüzeyleri karbon kaplı absorbe edici konikler ve/veya ferrit duvar döşemelerle kaplanmış olan odanın içerisine verici anten yerleştirilmiştir. Ölçüm için gerekli olan test alanı, kalkanlanmış odanın kapısında bir açıklık yaratılarak oluşturulmuştur. Bu açıklıkta, test örnekleri ile mükemmel elektrik iletkenliği sağlayan paslanmaz çelik çift helezonlu yaylı contaya sahip dairesel bilezik bulunmaktadır [13]. Odanın dışına ise alıcı anten yerleştirilmiştir. Anten ile test numunesi arasındaki mesafenin 1 m'den daha fazla olması önerilmektedir [19].

Yankısız oda metodunda yansıma ve iletim kayıpları hesaba katılarak kalkanlama etkinliği belirlenmektedir. Bu ölçüm metodunun en önemli avantajları geniş frekans aralığında ölçüm yapılabilmesine olanak tanıması ve ölçümün numune kumaş kalınlığından bağımsız olmasıdır. Ayrıca verici antenin pozisyonu değiştirilerek, malzemelerin yatay ve dikey polarizasyondaki kalkanlama etkinliği ölçülebilmektedir.
Kompozit malzemeler ve elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünün yapılabileceği MIL-STD-285 standardını temel alarak yapılan bir ölçüm düzeneği Şekil 1.15'te gösterilmektedir.



Şekil 1.15. SE ölçümü için MIL-STD-285 metodunun adaptasyonu [13].

MIL-STD-285, SE değerlendirmede referans gösterilen standartlardan biridir. MIL-STD-285 ABD'de askeri amaçlar için geliştirilmiş ve 1956'da yayınlanmıştır. 100 kHz-10 GHz frekans aralığında kalkanlanmış kabinler için zayıflama ölçümlerini kapsayan ve en sık referans gösterilen standarttır. Bu standarda göre yapılan testlerde elektromanyetik bileşenler, frekanslar, gerekli ekipmanlar ve anten konfigürasyonları belirtilir. Ölçüm cihazı dışarıya yerleştirilirken, sinyal kaynağı test kabininin içine yerleştirilir [12].

Genellikle modifiye MIL-285 olarak referans gösterilen metotta değerlendirilen materyal doğru şekilde kalkanlamış kabindeki bir açıklığı ekranlar. Açıklığın açık ve kalkanlama materyali ile kapatıldığı durumdaki elektrik alan yoğunluğu E, manyetik alan yoğunluğu H veya güç P'nin karşılaştırmalı ölçümlerinin (1.9) denkleminde yerleştirilmesi kalkanlama etkinliğinin tespit edilmesine imkân verir [13].

$$SE = 10\log (P_1/ P_2) = 20 \log(E_1/E_2) = 20 \log(H_1/H_2) \quad (dB) \qquad (1.9)$$

MIL-285'teki SE ölçmek için tanımlanan metotlar daha sonra IEEE STD-299'dakilerle değiştirilmiştir. 1969'da yayınlanan IEEE-STD-299 standardının şu an 2006 yılında yayınlanmış son versiyonu yürürlüktedir.

1997 versiyonunda belirtilmiş olan; ölçüm yapılan koruyucu odaların en küçük lineer boyutlarının 2 m'den büyük veya eşit olma sınırı 2005 versiyonu için de geçerlidir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda 2 m'den daha küçük herhangi bir boyuttaki koruyucu odalara uygulanabilen test prosedürlerinin geliştirilmekte olduğu belirtilmiştir. [19].

IEEE STD-299'da ölçüm aralığı üç alt sınıfa ayrılmıştır [20]:

- Düşük Aralık - 9 kHz (50 Hz)' den 20 MHz'e kadar – manyetik bileşen H için
- Titreşim Aralığı - 20 MHz'den 300 MHz'e kadar – elektrik bileşen E için
- Yüksek Aralık – 300 MHz'den 18 GHz'e kadar – düz dalga güç P için

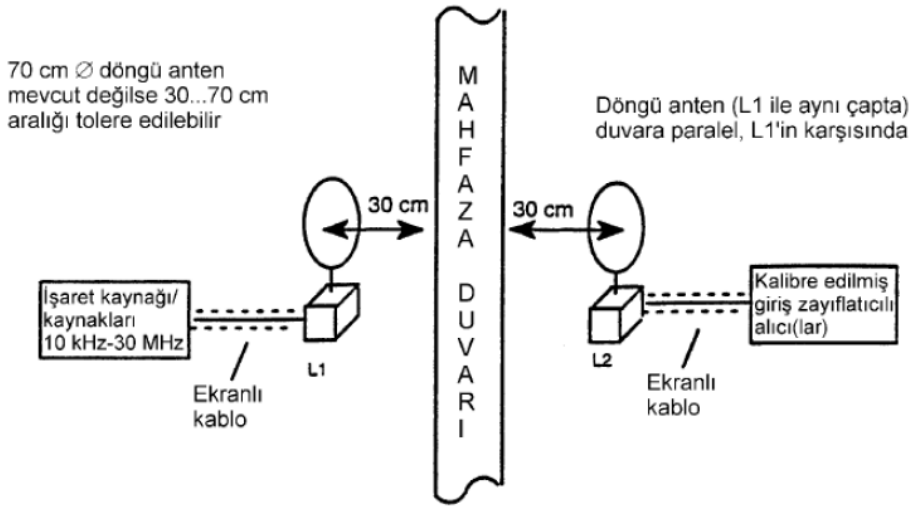
Yankısız oda metodunda kullanılan bir diğer standart ise TS EN 50147-1'dir. Bu standart 9 kHz-40 GHz frekans aralığında kalkanlanmış odaların kalkanlama etkisini ölçmekte kullanılmaktadır. Kalkanlama etkinliği hesabı için (1.10) ve (1.11)'deki denklemler kullanılmaktadır [19].

$$\alpha_s=20\log(E_0/E_1) \quad (1.10)$$

$$\alpha_s=20\log(H_0/H_1) \quad (1.11)$$

Denklemdeki α_s; dB cinsinden kalkanlama etkinliği, E_0 ve H_0 verici ve alıcı antenler arasında herhangi bir kalkanlamanın olmadığı durumdaki değerlerdir. E_1 ve H_1 ise verici ve alıcı antenler arasında kalkanlamanın olduğu durumdaki değerledir [19].

Şekil 1.16'da TS EN 50147-1 standardında manyetik alan ölçümü için kullanılan test düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.16. Elektromanyetik alan ölçümü için deney düzeneği (TS EN 50147-1, 2005) [19].

Erdödi ve Gregasz, çalışmalarının birinde elektromanyetik ışımanın zararlı etkilerini filtreleyerek azaltan koruyucu giysiler geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda çözgü ve atkı yönünde belirli aralıklarda metal iplikler içeren ve polyesterden üretilen çizgili (striped) dokuma kumaşların elektromanyetik ışımaya karşı kalkanlama etkinliğini incelemişlerdir. Üretilen kumaşların kalkanlama etkinliğini ölçmek amacı ile yankısız oda metodunu esas alan bir ölçüm yöntemini geliştirmişlerdir. Bu ölçüm yönteminde HF 58B tipi ışıma detektörünü kullanmışlardır. Bu cihaz ile logaritmik-peryodik anteninin pozisyonunu değiştirerek yatay ve dikey düzlemde yayılan dalgaların frekans değerlerini ölçmüşlerdir [21].

Duran ve Kadoğlu, iletken iplikler ile üretilen dokuma kumaşların elektromanyetik kalkanlama özelliklerini incelemişlerdir. İletken iplikleri üç farklı iplik yapısında ve üç farklı iplik numarasında bakır ve gümüş içeren iletken malzemeler kullanarak üretmişlerdir. Bu iplikleri üç faklı atkı yoğunluğu ile dokuma kumaş yapısına entegre

etmişlerdir. Çalışma sonunda üretilen kumaşların kalkanlama özelliklerini 200 MHz-6 GHz frekans aralığında EN 50147-1 standardına göre yankısız oda ölçüm metodu kullanarak test etmişlerdir [22].

Örtlek vd. tarafından yapılan bir çalışmada kompozit ipliklerden üretilen dokuma kumaşların elektromanyetik kalkanlama özellikleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında ilk olarak paslanmaz çelik tel içeren kompozit iplikler içi oyuk iğli kaplama tekniği ile üretilmiş ve ardından bu kompozit ipliklerden sekiz farklı numune kumaş dokunmuştur. Numune kumaşların elektromanyetik kalkanlama değerleri kontrollü alan ölçüm tekniğine dayanan yankısız oda metodu ile belirlenmiştir. Bu ölçüm yöntemi ile kumaşların elektromanyetik kalkanlama etkinliği farklı polarizasyondaki dalgalar için değerlendirilmiştir. Farklı frekans aralıkları için bikonik (30-300 MHz), log-peryodik (300 MHz-2.2 GHz) ve horn (2.2-18 GHz) gibi farklı antenler kullanmışlardır. Ölçümler antenlerin dikey ve yatay polarizasyonunda, 30 MHz-9.93 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir [23].

Więckowski ve Janukiewicz tarafından yapılan bir çalışmada ince malzemelerin kalkanlama etkinliği (SE) için standartlaştırma ve ölçüm yöntemleri üzerindeki çalışmaların mevcut durumu sunulmuştur. SE sonuçlarının karşılaştırılması için sunulan metotların sınırları ve olanaklarının uygulama kapsamı hakkında yapılan bir çalışma olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada MIL-STD-285 ve ASTM D 4935 standardında elektromanyetik kalkanlama yöntemleri ve bu yöntemleri uygulamak için gereken ön koşullar açıklanmıştır [13].

Duran vd. dokuma kumaşların yapısında metal iplik kullanımının elektromanyetik kalkanlama üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Manto ipliği pamuk, öz ipliği bakır olan kompozit iplikler ile dokuma kumaşlar üretmişler ve onların elektromanyetik kalkanlama etkinliğini (EMSE) değerlendirmişlerdir. EMSE ölçümleri için bir yankısız oda ve Rhode& Schwarz test ekipmanından oluşan bir ölçüm cihazı kullanmışlardır. EMSE ölçümlerini EN 50147-1 standardında ve 10 kHz-1 GHz frekans aralığında gerçekleştirmişlerdir [24].

1.1.3.2. Serbest Uzayda Ölçüm Metotları

Tekstil ve çeşitli kompozit malzemelerin SE ölçümlerinde kullanılan bir diğer temel metot serbest uzayda ölçüm metodudur. Serbest uzay ölçüm metotları ile kontrollü test alanlarında yapılan ölçümlere göre daha geniş frekans aralığında ölçüm yapılabilmektedir. Ayrıca bu teknikler ile geniş numune boyutları için SE ölçümleri

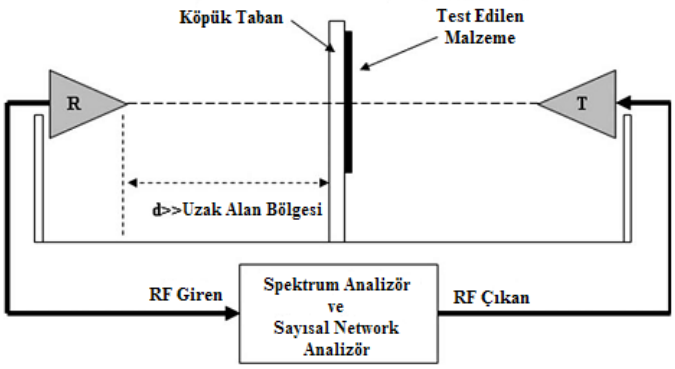
yapmak mümkündür. Serbest uzay ölçüm teknikleri ile çok farklı ekran tiplerinin SE ölçümü yapılabilmektedir.

Serbest uzay ölçüm tekniklerini, frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm teknikleri ve zaman bölgesinde serbest uzay ölçüm teknikleri şeklinde ikiye ayırmak mümkündür [12].

1.1.3.2.1. Frekans Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri

Frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm teknikleri geniş frekans aralığında ölçüm yapılmasına olanak sağlar. Ayrıca bu metot ile büyük boyutlardaki numunelerin elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçülebilmektedir. Frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm tekniklerini serbest - uzay iletim ölçüm metodu ve serbest uzay yansıma ölçüm metodu olarak iki grupta inceleyebiliriz [12].

Şekil 1.17 serbest - uzay iletim ölçüm metodunu göstermektedir. Sırasıyla numune/panel olmadan ve numune/panel ile olmak üzere iki durumda R anteni tarafından algılanan alan belirlenerek, kullanılan her frekans için SE (1.1) denklemi kullanılarak elde edilebilmektedir [12].



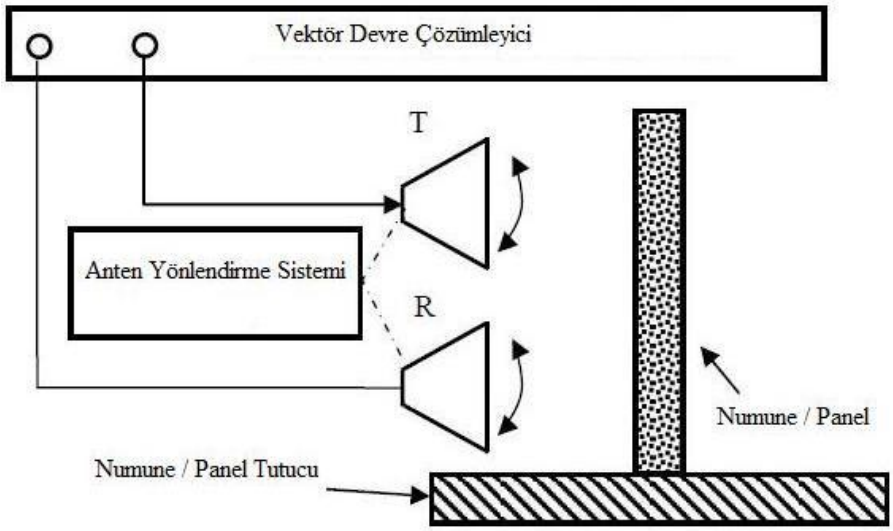
Şekil 1.17. Serbest-uzay iletim ölçüm metodu [25].

Şekil 1.18 serbest uzay iletim ölçüm metodunun uygulamasını göstermektedir.



Şekil 1.18. Serbest uzay iletim ölçüm metodu uygulaması [25].

Şekil 1.19'da serbest uzay yansıma ölçüm metodu gösterilmektedir. Şekil 1.19'da gösterilen sistemde antenlerin yönleri ayarlanabildiği için verici ve alıcı anten sisteminin uygun yerleşimi ile malzemenin belli bir açıdaki açısal yansıtıcılığını belirlemek mümkündür.



Şekil 1.19**.** Serbest-uzay yansıma ölçüm metodu [12].

Yansıma katsayısı (RC) (1.12) denklemi ile hesaplanabilir [12]:

$$RC = 20log\frac{E^r}{E^i} \tag{1.12}$$

" E^r "numune/panel tarafından yansıtılan elektrik alan ve " E^i "gelen elektrik alanı temsil etmektedir.

Serbest uzay ölçüm teknikleri ile ölçüm yaparken karşılaşılan en önemli sorun elektromanyetik çevrenin kontrolüdür [12].

Çeken vd., yaptıkları bir çalışmada tek ve çift iğne yataklı örme makinelerinde farklı örme yapıları ile üretilen iletken örme kumaşların elektromanyetik kalkanlama özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada örme kumaşların kalkanlama etkinliğini belirlemek için serbest uzay ölçüm metodunu kullanmışlardır. Ölçümleri 750-3000 MHz frekans aralığında gerçekleştirmişlerdir. Örme kumaşların bu frekans aralığındaki kalkanlama seviyelerini incelemişlerdir [25].

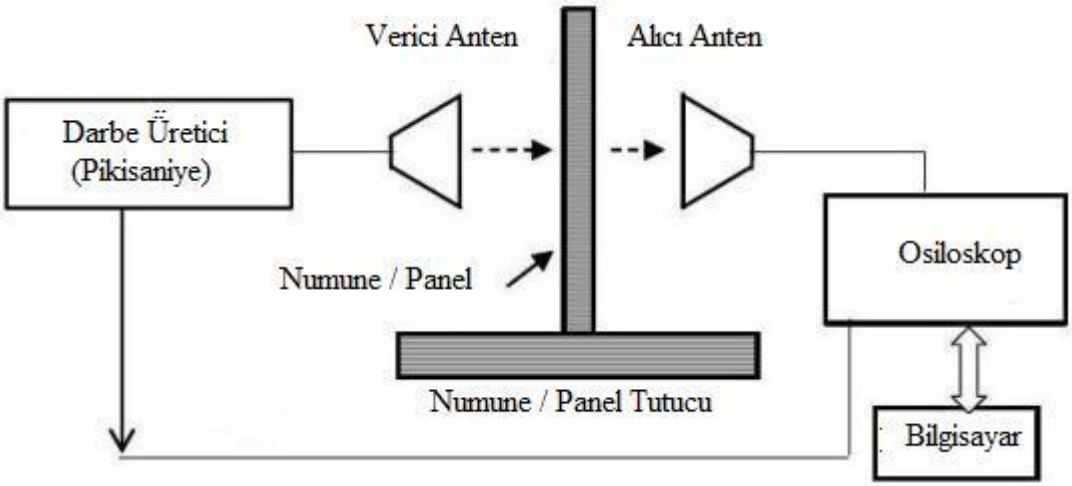
Çeken vd., diğer çalışmalarından birinde ise elektromanyetik kalkanlama etkisine sahip fonksiyonel bir dokusuz yüzeyden yalıtım malzemesi üretmeyi amaçlamışlardır. Dokusuz yüzeyleri geri dönüşümlü tekstiller kullanarak üretmişlerdir. Farklı yoğunluk ve uzunluktaki parçalara ayrılmış bakır tellerini rastgele dokusuz yüzeyin katmanları arasına yaymışlar ve özellikle inşaat uygulamaları için bir yalıtım paneli tasarlamışlardır. Geri dönüşümlü dokusuz kumaşlardan iki katman ve parçalara ayrılmış bakır tellerden ise bir katman kullanarak yalıtkan panel üretmişlerdir. Dokusuz yüzey panellerin elektromanyetik kalkanlama özelliklerinin belirlenmesi için frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntem ile numune içerisindeki çeşitli uzunlukta ve miktardaki tellerin EM kalkanlama özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu metot ile üretilen ürünlerin klasik ürünlere göre maliyetinin düşük ve üretiminin kolay olduğunu ifade etmişlerdir [26].

1.1.3.2.2. Zaman Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri

Koaksiyel metot ve çift TEM hücresi metotlarının kalkanlama ölçümleri için uzak alanda bazı kısıtlamalar vardır. Koaksiyel metot ve çift TEM hücreler genellikle frekans ile sınırlandırılırlar. Yüksek frekanslarda düzlem dalganın kalkanlama etkinliği değerini elde etmek için zaman bölgesi metodu kullanılabilir [11].

Zaman bölgesi metotları ile geniş frekans bandında SE'nin ölçümü mümkündür. Zaman bölgesi metodunda, istenen sinyal istenmeyen yansımalardan alıcı antendeki varış zamanındaki farklılıklar kullanılarak laboratuvarda ayrılabilir (zaman çevirme metodu) [12]. Zaman bölgesinde serbest uzay ölçüm tekniklerini iletim ölçüm metodu ve yansıma ölçüm metodu olarak iki grupta inceleyebiliriz.

Zaman bölgesi iletim metodu ile kalkanlama etkinliği ölçümü Şekil 1.20'de gösterilmiştir.



Şekil 1.20. Zaman bölgesi iletim ölçüm tekniği [12].

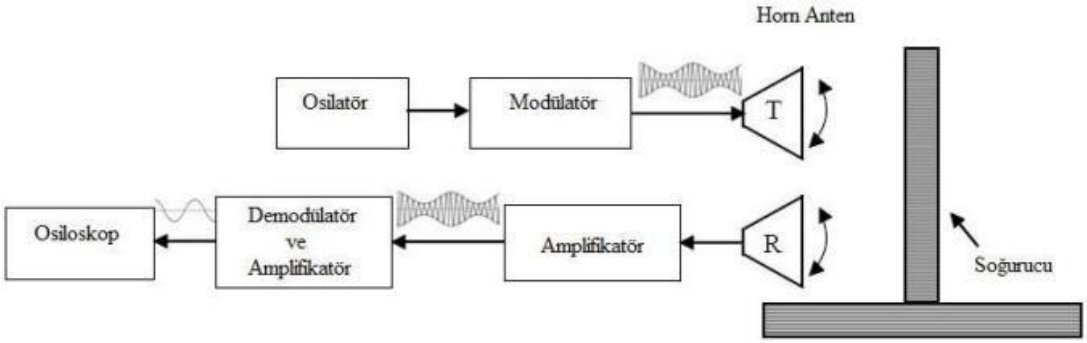
Materyallerin kalkanlama etkinliği elektromanyetik alan çarptığında (1.1) denklemindeki ifade ile aynı şekilde (1.13) denklemi ile hesaplanabilir [12]:

$$SE_E = 20log\frac{E_{R,0}^{peak}}{E_{R,S}^{peak}} \tag{1.13}$$

$E_{R,0}^{peak}$ ve $E_{R,S}^{peak}$ osiloskopta gösterilen darbeli elektrik alanın sırasıyla ekran numunesi verici ve alıcı anten arasına yerleştirilmeden önce ve yerleştirildikten sonraki tepe değerleridir. Materyallerin kalkanlama etkinliği bu iki çarpmanın frekans durumuna (SE alanın frekans bileşenlerine bağlı olarak farklıdır) bağlı olduğu için, ekran varken ve yokken farklı olabilir [12].

Kaydedilen veri, yani osiloskopla yakalanan darbeli elektrik alanlar, Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform-FFT) kullanılarak zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüştürülebilir; bundan sonra her frekans bileşeni için kalkanlama etkinliğini ve SE'nin frekans özellik grafiğini elde edebiliriz. Bu durumda, zaman bölgesi metodu ile frekans bölgesi metodunun sonuçlarını karşılaştırmak mümkündür [12].

Zaman bölgesi yansıma metodu ile kalkanlama etkinliği ölçüm yöntemi Şekil 1.21'de gösterilmiştir.



Şekil 1.21. Zaman bölgesi yansıma ölçüm tekniği [12].

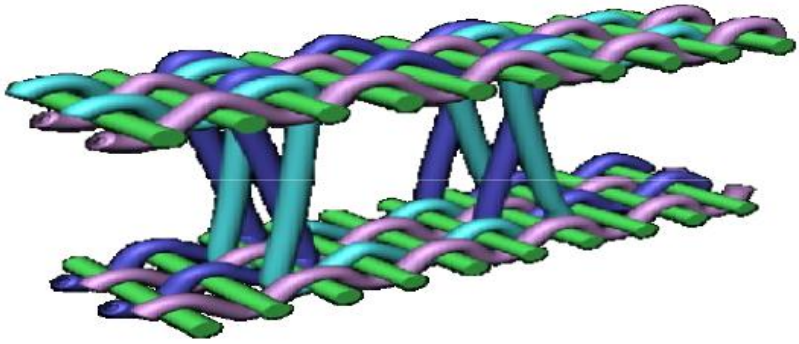
Kalkanlama etkinliği ölçümü için zaman bölgesi metodu kullanımında dinamik alan 50-60 dB civarında iken frekans bölgesi metodu kullanımında ise 100 dB civarındadır [12].

1.2. ÜÇ BOYUTLU SANDVİÇ KUMAŞLAR

Sandviç tekstiller üç boyutlu iplik ve üç boyutlu tekstil mimarisine sahip olan özel bir üç boyutlu tekstil tipidir. Üç veya daha fazla iplik sistemi veya temel iplik oryantasyonu, koordinat ekseninin her bir düzleminde ve birbirilerine göre dik olacak şekilde yer alıyorsa, bu durumda iplik mimarisi üç boyutlu olarak tanımlanmaktadır. Sandviç tekstiller kullanım yerlerine ve istenen özelliklere göre dokusuz yüzey, dokuma, atkı örmeciliği ve çözgü örmeciliği yöntemleri ile üretilebilmektedir. Çözgülü örme tekniği üç boyutlu sandviç tekstillerin üretimi için en yaygın kullanılan ve farklı olanaklar sunan teknolojidir. Ancak son dönemlerde yuvarlak örme makinesi yapan firmalar, üç boyutlu sandviç kumaşlar konusunda yoğun bir çalışma içerisine girmişlerdir [27].

1.2.1. Üç Boyutlu Sandviç Kumaş Yapısı

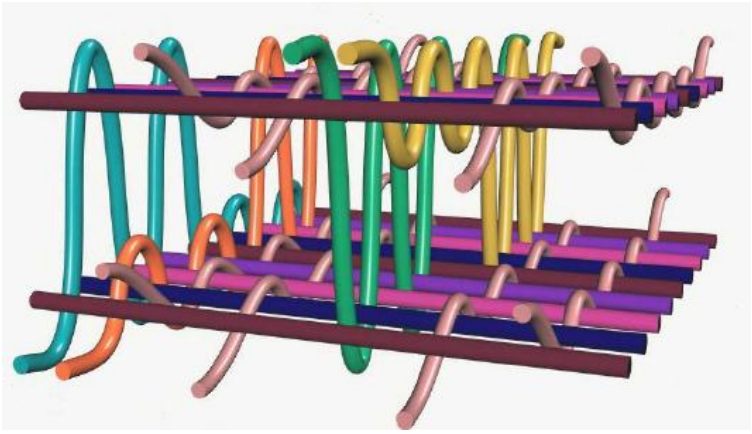
Sandviç kumaşlar iki katman arasında yer alan hav tabakası ile sandviç yapı özelliği gösterir. Hav iplikleri sırasıyla her iki zemin kumaşına örülmeleri esnasında dahil olarak havlı kumaş yapısını oluşturur. İki örme kumaş yüzeyi ile 90 derece açı yapan hav iplikleri bu yüzeyleri birbirine bağlayarak üç boyutlu bir yapı oluşturmaktadır (Şekil 1.22). Genelde hav ipliği olarak monofilament iplikler tercih edilmektedir. Bu sayede kumaş kalınlığı boyunca daha rijit ve stabil bir yapı oluşturur. Hav ipliği kullanım alanına bağlı olmak üzere polyester veya naylon monofilament, cam elyafı veya herhangi bir doğal elyaf olabilir.



Şekil 1.22. Üç boyutlu sandviç kumaş yapısı [28].

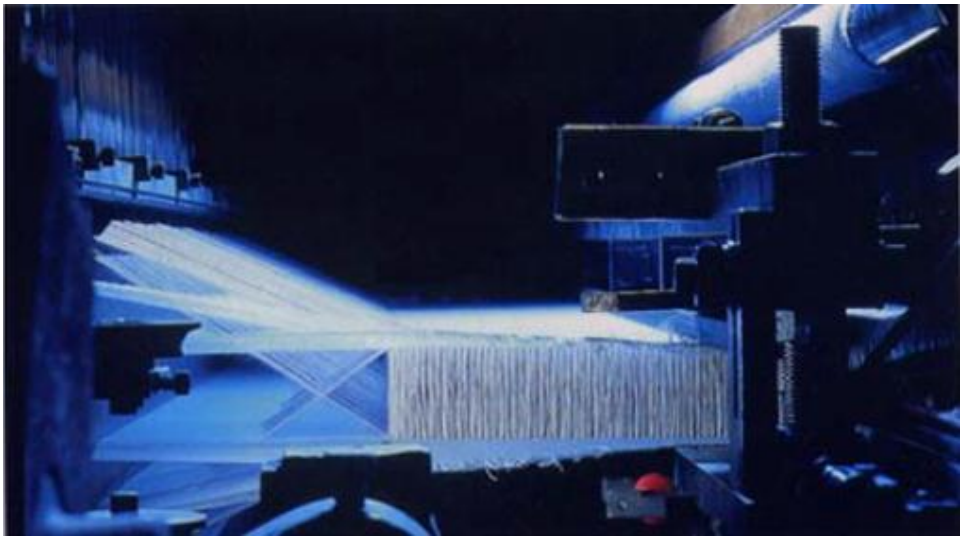
1.2.2. Dokuma Sandviç Yapılar

Dokuma sandviç tekstiller iki farklı dokuma kumaştan çift katlı kumaş olarak üretilen tekstil yüzeyleridir. Sandviç tekstillerin dokuma tekniği ile üretimi, havlı kumaş dokuma makinelerinde gerçekleştirilebilir. Bu makinelerde, sandviç formunda üretilen iki dış tekstil yüzeyi, hav çözgü iplikleri ile birleştirilir (Şekil 1.23). Yüzeylerin iplikleri, dokusu ve desenleri birbirinden farklı olabilir. Ayrıca iki yüzey arasındaki dikey ipliklerin uzunluğu, konstrüksiyonu ve yapısı, sandviç tekstilin mukavemetini ve sertliğini belirler [27].



Şekil 1.23. Dokuma sandviç kumaş yapısı [29].

Sandviç dokuma kumaşların üretildiği makineler halı ve kadife kumaş üretiminde kullanıldığı için iki yüzeyi birbirinden ayrılmaktadır. Bu yüzden bu makinelerde bıçak sistemi bulunmaktadır. Sandviç formunda kumaş eldesi için bu makinelerdeki bıçak hareketi iptal edilmektedir. Makinede iki dış tekstil yüzeyi tek adımda sandviç formunda üretilebilmektedir [29]. Ayrıca çok daha hacimli konstrüksiyonların üretimi için tasarlanmış özel makineler de bulunmaktadır (Şekil 1.24).



Şekil 1.24. Sandviç kumaş için tasarlanmış özel dokuma makinesi [30].

Sandviç tekstillerin üretiminde kullanılan makinelerde ağızlık açımı, armürlü veya jakarlı sistemler ile yapılmaktadır. Bu tip makinelerde, iplik kalınlığına ve hav yüksekliğine bağlı olmak üzere yaklaşık dakikada 300 m atkı atımı yapılabilmektedir. İplik olarak genellikle rahat ve hızlı çalıştığı için poliester seçilmektedir [29]. Dokuma yöntemi ile sandviç yüzey üretilirken alt ve üst doku olarak daha çok bezayağı veya 2/2 dimi kullanılmaktadır. Hav dokusunun alt ve üst doku ile bağlantısı W veya V bağlantı ile yapılmaktadır. Makinelerin çalışma eni ise en fazla 165 cm'dir [29].

Dokuma tekniği ile kalınlıkları 10 mm ile 100 mm arasında değişebilen sandviç tekstillerin üretimi sağlanabilmektedir. Ayrıca her iki dış yüzeyi düz bir yapıya sahip olan sandviç tekstiller de üretilebilmektedir. Dokuma teknolojisi, ara boşluk tabakası fonksiyonel komponentlerle (örn. köpük) doldurulmuş sandviç tekstil yapılarının üretimine izin verdiği gibi rijit sandviç tekstil yapıları ve şekillendirilmiş komponentler de bu teknoloji ile üretilebilmektedir. Dokuma tekniği, yüksek verimlilik ve farklı monofilament ipliklerin kullanımı avantajlarından dolayı sandviç kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Dokuma sandviç tekstiller diğer yöntemler ile üretilenlere göre daha stabil bir yapıya sahiptirler ve otomobil içi komponentlerinde, ses izolasyon malzemelerinde ve cerrahi implantlarda kullanılmaktadır [30].

1.2.3. Dokusuz Sandviç Yapılar

Üç boyutlu dokusuz yüzeyler veya Multiknit, Kunit gibi boyuna yönde yerleştirilmiş dokusuz sandviç kumaşlar, örme sandviç kumaşlara göre yeni gelişme gösteren kumaşlardır ve üretim proseslerinin daha kısa ve çok daha ekonomik olması ve teknik tekstillerin 2/3'ünden fazlasında dokusuz yüzeylerin kullanılması nedeniyle hızlı gelişim göstermektedir [31].

Karl Mayer, 10 mm (Kunit) veya 16 mm (Multikunit)'ye varan kalınlıklarda üç boyutlu dokusuz yüzeyler üretmek için temel Malimo teknolojisini modifiye etmiştir. Bu teknikler ile kumaşlar, daha hafif, daha iyi sıkıştırılabilme özelliğine sahip olarak ve şekillendirilerek üretilebilir [31].

İğneleme yöntemi ile % 100 karde elyaftan üretilen Multiknit dokusuz yüzeyler, dış kısmında iki tabaka ve aralarına yerleştirilen hav ipliğinden oluşmaktadır [32].

1.2.4. Örme Sandviç Yapılar

Örme tekniği, sandviç tekstillerin üretiminde kullanılan en yaygın yöntemdir. Atkılı ve çözgülü örme yöntemleri ile üretilen sandviç tekstiller kullanışlı ve hacimli karakteristikleri ile tanınmaktadır.

1.2.4.1. Çözgülü Örme Sandviç Yapılar

Çözgülü örme teknolojisi sandviç tekstillerin üretimi için kullanılan en yaygın yöntemdir. Çözgülü örme tekniğiyle üretilmiş olan sandviç tekstiller fiziksel ve fizyolojik özellikleri klasik dokuma ve örme kumaşlara göre oldukça geniş bir aralığa sahiptir [33].

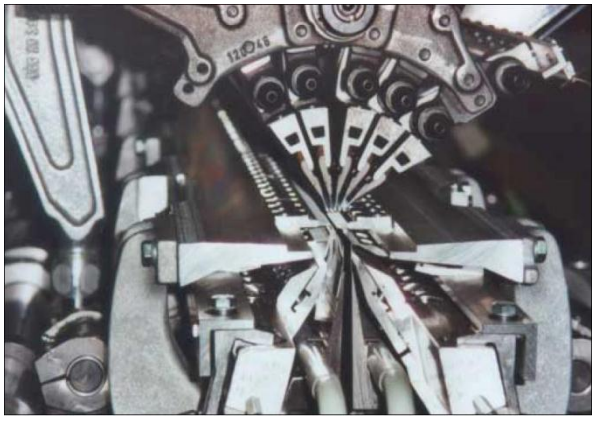
Çözgülü örme sandviç tekstillerin üretimi sadece çift iğne raylı Raschel makinelerinde gerçekleştirilir (Şekil 1.25). Bu yöntemde, makinenin her iki iğne rayında üretilen iki ayrı kumaş, bağlama iplikleri ile birbirine bağlanır. Kumaşın ön ve arka yüzeylerinin konstrüksiyonu, üründen beklenen özelliklere göre seçilmekte; yatırım ve tahar işleminin kombinasyonu ile sağlanmaktadır [27].

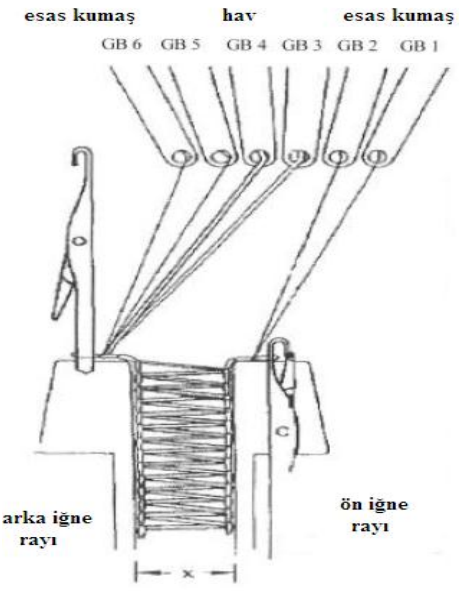
Çift iğne raylı Raschel makinelerinde çözgülü örme sandviç tekstil üretimi yapılırken üretilecek kumaşa ve kullanım yerine göre genellikle 2-6 rehber ray kullanılır (Şekil 1.26). Makine inceliği endüstriyel kumaşlar için E6-E14; konfeksiyon endüstrisi içinse E18-E32 aralığındadır. Çalışma eni 84″ (213 cm)-130″ (350 cm) aralığındadır. Kumaş kalınlığı 3 ile 65 mm arasında değişir. Endüstriyel kumaşlar için genellikle 15 mm,

konfeksiyon içinse 5-10 mm kalınlığında üretilirler. Üretim hızı dakikada ortalama 2900 ilmektir.



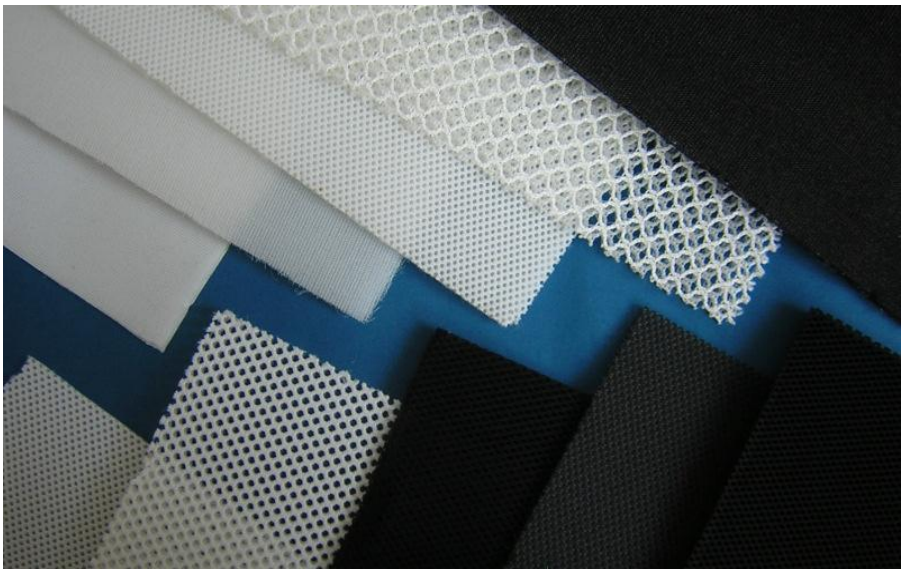
Şekil 1.25. Raschel makinesi.





Şekil 1.26. İğne yatakları ve rehber raylar [32].

Sandviç tekstilin dış yüzeyleri son ürünün kullanım alanına bağlı olarak farklı veya aynı, düz veya desenli, her iki yüzey veya sadece bir yüzey açık yapıda veya her iki yüzey farklı gözenek büyüklüklerine sahip olarak üretilebilir (Şekil 1.27).



Şekil 1.27. Farklı yüzey desenlerine sahip çözgülü örme sandviç örnekleri [34].

Bağlama iplikleri genelde monofilamentlerden seçilse de, eğrilmiş iplikler ve multifilament iplikler de kullanılabilir. Sandviç tekstil yapısından beklenen özelliklere göre genellikle stabil ve basıncı karşılayabilecek materyaller seçilmektedir [27].

Çözgülü örme ile desen konstrüksiyonu, materyal seçimi farklı kalınlık aralığı ve her iki kumaş yüzeyindeki desen olanaklarının değiştirilebilir olması, farklı kullanım alanları için talep edilen özelliklere sahip sandviç tekstillerin üretimine olanak sağlar. Çözgülü örme sandviç kumaşların karakteristik özellikleri, ilmek yoğunluğu, bağlantı ipliğinin numarası, iğne rayları arasındaki mesafe, yatırım hareketinin yönü ve miktarı, bağlantı ipliği hareket ve yoğunluğu ile yüzey yapısı tarafından belirlenir [27].

Çözgülü örme sandviç tekstiller, iç giysilikten, takviye malzemesine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Liba ve Karl Mayer firmaları çözgülü örme sandviç kumaş üretimindeki öncü firmalardır.

1.2.4.2. Atkılı Örme Sandviç Yapılar

Çözgülü örme makinelerinde sandviç tekstil üretiminin daha yaygın olmasına karşın, atkı örmeciliği ile elde edilen boşluklu yapılar da pek çok teknik tekstil ürününde başarıyla kullanılmaktadır.

Sandviç tekstiller, V yataklı düz örme ve çift yataklı yuvarlak örme makinelerinde üretilebilir [32]. Ancak konvansiyonel örme makineleri ilave donanımlar ve farklı makine ayarları ile modifiye edilmelidir.

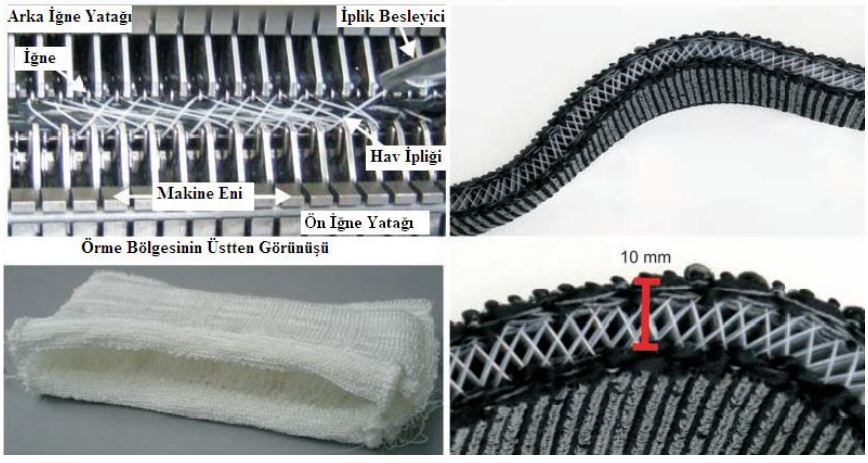
1.2.4.2.1. Düz Örme Sandviç Yapılar

Sandviç tekstiller çift yataklı düz örme makinelerinde farklı modifikasyonlar ve ayarlarla üretilebilmektedir (Şekil 1.28). Düz örme makinelerinde birbirine bir grup bağlama ipliğiyle bağlanan iki tekstil yüzeyinden oluşan sandviç tekstillerin üretimi sağlanabilmektedir. Bu yöntem ile sandviç kumaş üretimi teknik olarak zor bir işlemdir ve sınırlamalar söz konusudur. Çünkü iki kumaş tabakası arasındaki boşluk, iki iğne yatağı arasındaki mesafeye bağlıdır ve bu mesafe 2-10 mm arasında değişmektedir [32] (Şekil 1.29).

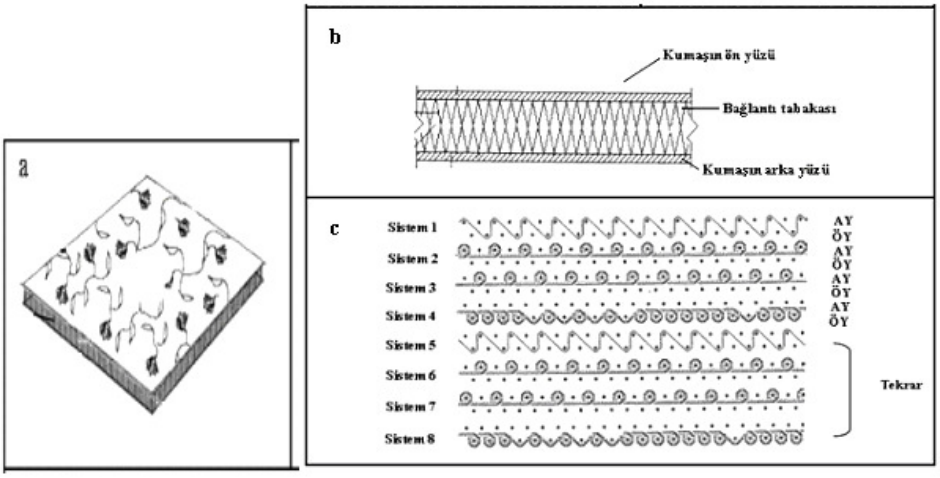
Ayrıca monofilament ipliklerin iğne kancalarından çıkmaması için üretim esnasında dikkatli olmak gerekir. Üretimleri düşük olmasına rağmen, düz örme tekniği özel uygulamalar için uygun bir alternatif sunmaktadır [27].



Şekil 1.28. Düz örme makineleri [35].



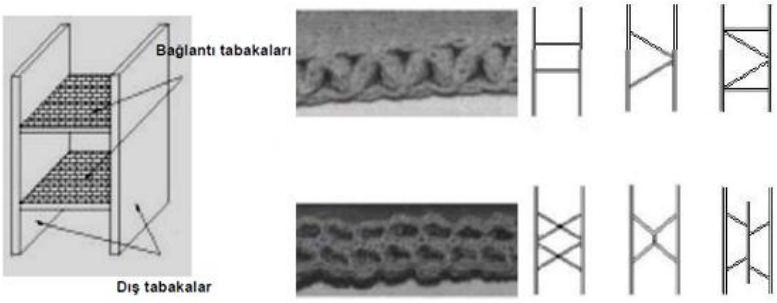
Şekil 1.29. Düz örme makinesinde örme bölgesi [35].



Şekil 1.30. Jakar desenli sandviç kumaşın a) Üstten görünüşü b) Kesit görünüşü c) İğne diyagramı [32].

Şekil 1.30 V yataklı düz örme makinesinde üretilen jakarlı sandviç kumaş üretimine örnektir. İğne diyagramından, iki kumaş tabakasının askılarla bağlandığı görülmektedir. 1.sistem bir ön bir arka yataktaki iğnelerde askı yaparken, 2. ve 3. sistemler arka iğne yatağında ardışık iğnelerde ilmek oluşturmaktadır. 4. sistem ise kumaşın ön yüzünde görünecek olan süs amaçlı jakar desenini oluşturmak için ilmek ve askı yapmaktadır [32].

Ayrıca düz örme makinelerinde birbirine örme yapılarıyla bağlanan iki tekstil yüzeyinden oluşan sandviç tekstiller de üretilebilir. Bu yöntemin esası; iki dış yüzeyin iki iğne yatağında örülmesi ve genellikle belirli bir noktada dış yüzeylerin üretiminin durdurulması ve seçilmiş iğnelerde 1x1 rib konstrüksiyonuna sahip olan bağlantı tabakalarının üretilmesinden oluşmaktadır (Şekil 1.31). Seçilmiş iğneler sadece bağlantı tabakasının üretimi için kullanılabildiği gibi dış yüzeylerin üretimi içinde kullanılabilmektedir.



Şekil 1.31. Atkılı örme sandviç tekstil yapıları ve farklı bağlama tabakaları tipleri [36].

Bu yapılarda kullanılan bağlantı tabakaları tek veya çift katlı olarak üretilebilir. Tek bağlantı tabakası sadece bir iğne yatağında (jersey) veya her iki iğne yatağında (rib, interlok) dış yüzeylere bağlı olarak üretilebilir ve pozisyonu dış yüzeylere dik veya eğimli olabilir. Çift bağlantı tabakasının üretimi için iki dış yüzey ayrı olarak örülmekte ve belirli bir noktada bir rib sırasıyla birbirine bağlanmaktadır. Bu aşamada dış yüzeylerde belirli miktarda sıra üretilmesi durumunda bağlantı tabakası 'X' şeklinde olmaktadır [36] (Şekil 1.32).

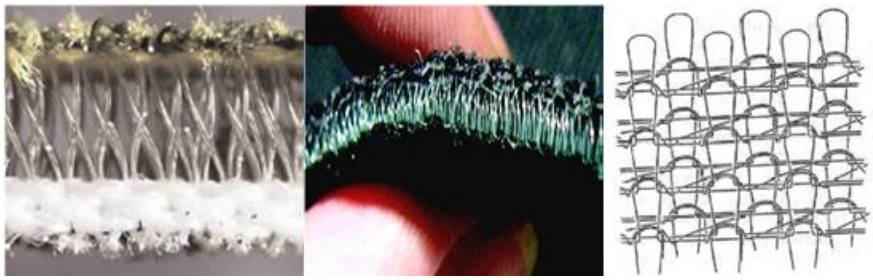


Şekil 1.32. Atkılı örme sandviç tekstil örneği [34].

Bu metodun kullanılmasıyla herhangi bir modifikasyona gerek kalmaksızın 20 mm' ye varan kalınlıklarda sandviç kumaş üretilmektedir. Ancak 20 mm'den kalın kumaşlar için bağlantı kumaşları özel çekim sistemi gerektirirler. Çünkü dış kumaşların örülme işlemi durduğundan ana çekim sistemi kullanılmamaktadır [36]. Ayrıca daha kompleks yapılar elde edebilmek için farklı tasarımlar geliştirilebilir.

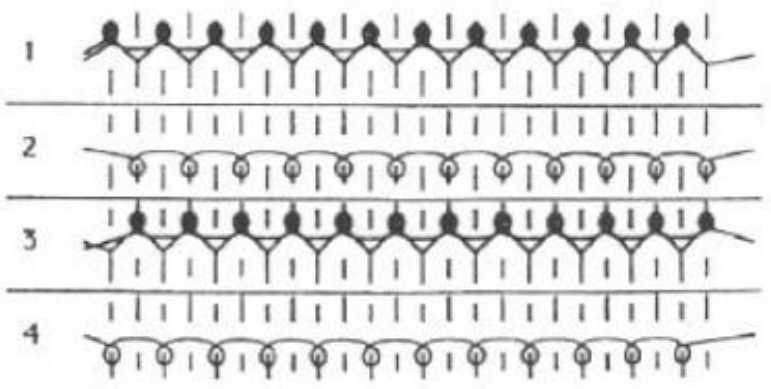
1.2.4.2.2. Yuvarlak Örme Sandviç Yapılar

Çift yataklı yuvarlak örme makinelerinde sandviç kumaş üretimi için ön yüz iplikleri, arka yüz iplikleri ve bağlantı ipliği olmak üzere en az 3 farklı sistemden iplik beslenmesi gerekir [32]. Silindir ve kapak iğneleri tarafından örülen iki kumaş katmanı, bağlantı ipliklerinin silindir ve kapakta yapacağı askı hareketleri ile birleştirilir ve bu sayede, bağlantı iplikleri çok dikkatli bakılmadığı sürece kumaşın her iki yüzeyinde de belirgin olarak görülmez (Şekil 1.33).



Şekil 1.33. Yuvarlak örme sandviç kumaş yapısı.

İki kumaş yüzeyi arasındaki mesafe, iki zemin kumaş arasına yerleştirilen bağlama ipliğinin miktarını belirleyen kapak yüksekliğinin ayarlanması ile değiştirilmektedir [28]. Sandviç tekstillerin silindir kapak makinelerinde üretimi iki yöntem ile gerçekleştirilebilmektedir. İlk yöntemde silindir ve kapaktaki kısa ve uzun iğnelerde sırasıyla ilmek oluşturularak sandviç tekstildeki iki dış yüzey üretilmekte, silindir ve kapaktaki kısa ve uzun iğnelerde sırasıyla askı yapılmasıyla iki yüzey birbirine bağlanmaktadır. İkinci yöntemde ise kısa ve uzun kapak iğnelerinde sırasıyla ilmek oluşumu vanize tekniği ile gerçekleştirilirken, kısa ve uzun silindir iğnelerinde sırasıyla ilmek oluşturulmaktadır. Bağlama ipliği kapak iğnelerinde ilmek oluşturmakta, silindir iğnelerinde askı yapmaktadır [28, 32] (Şekil 1.34).



Şekil 1.34. Kapak iğnelerinde vanize ile ilmek oluşturulurken silindir iğnelerinde askı ile sandviç tekstil üretimi [28, 32].

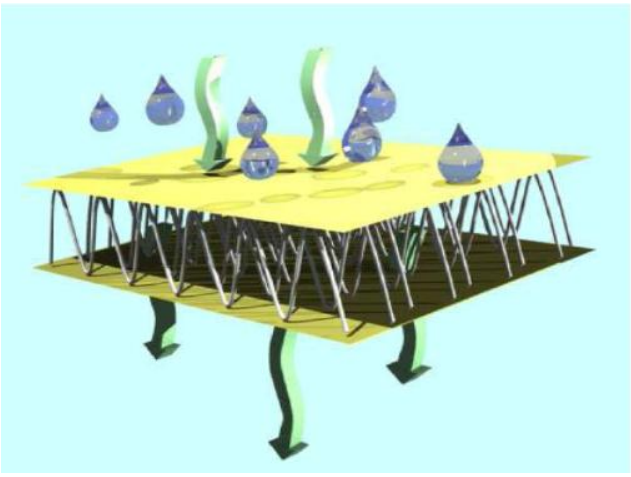
Genelde bağlantı iplikleri olarak, sert polyester veya poliamid monofilament iplikler kullanıldığı için, bu ipliklerin kumaşın her iki yüzeyinde de belirgin olmaması, tutum ve görünüm açısından bir avantajdır. Ayrıca monofilament ipliğin sert ve rijit olması, üç boyutlu kumaş kalınlığının her yerde aynı kalmasını sağlar. Bu da, kullanım esnasında yük altında kalan kumaşın deformasyonunu engeller. Monofilament olmayan iplikler gerekli rijitliği sağlayamadığı için pek fazla tercih edilmezler. Monofilament ipliklerin dezavantajı, ipliğin temas ettiği yüzeylerin çabuk aşınmasına ve makinelerdeki iğne ömürlerinin kısalmasına neden olmalarıdır. Ürünün kullanım yerine bağlı olarak ön ve arka yüzeyde kullanılacak iplikler de değiştirilebilir. Genelde kumaşların ön yüzeyinde gerekli fonksiyonelliği sağlayacak daha pahalı özel iplikler kullanılırken, arka yüzeyde ucuz iplikler tercih edilir [37].

1.2.5. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Özellikleri

Sandviç tekstiller, üç boyutlu yapıları nedeniyle klasik tekstiller tarafından karşılanamayan özellikler gösterirler. Üç boyutlu yapısının yanında üretim maliyetinin düşük olması da sandviç tekstillerin kullanım alanını artırmıştır. Bu tekstil yapılarının spesifik özellikleri fiziksel ve mekanik olmak üzere iki grupta incelenebilir [28].

1.2.5.1. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Fiziksel Özellikleri

Sandviç örme kumaşların termal düzenleyici fonksiyonları oldukça önemli bir özellik olup yeni uygulama alanları açmıştır. Bir tekstil yapısının termofizyolojik konforu kumaş tabakaları arasındaki ısı ve nem nakli ile ilişkilidir. Hava akımına imkân sağlaması da bir diğer noktadır. Isının muhafaza edilmesi ve nem absorpsiyon oranı da bu listeye dahil edilebilir. Havlı sandviç örme kumaşların yapısı köpüğe nazaran daha iyi ısı ve nem nakline imkân tanır. Yüzeye yapılan basıncı daha geniş alana yayarak noktasal etkileri en aza indirebilme özelliği ve üzerine gelen sıvıyı en kısa sürede zeminden orta kısma geçirmesi havlı sandviç örme kumaşların dikkat çekici bir diğer özelliğidir. Gıda maddelerinin naklinde gıdaların ısılarını muhafaza için yalıtım elemanı olarak kullanımı mümkündür (Şekil 1.35).



Şekil 1.35. Hava ve su yalıtımı.

Ameliyathanelerde örtü olarak kullanılan elektriksel iletkenlik apresi verilmiş havlı sandviç örme kumaşların, hastaların vücut sıcaklıklarındaki düşüşü yavaşlattığı tespit edilmiştir. Özellikle ter absorpsiyonu, hava ve ısı naklinin gerekli olduğu tıbbi alanlardaki uygulamalar için havlı sandviç örme kumaşlar süngere alternatif olarak

kullanılabilme potansiyeline sahiptir (Şekil 1.36). Havlı bölge vücut ile yüzey arasında bir çeşit mikroklima ortamı oluşturmaktadır. Kumaşı oluşturan her bir birimin farklı iplikler kullanılarak üretilebilmesi önemli bir avantajdır.



Şekil 1.36. Farklı özelliklere sahip sandviç kumaş [38].

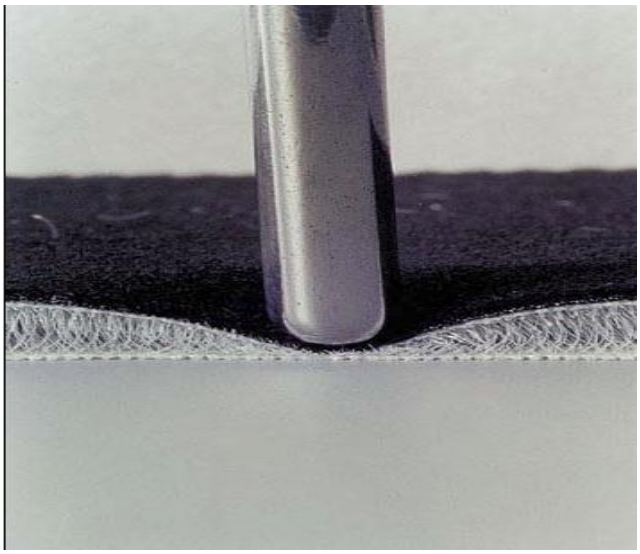
1.2.5.2. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Mekanik Özellikleri

Sıkıştırılabilme dayanımı sandviç tekstillerin temel özelliklerinden bir tanesidir. Sandviç tekstillerin sıkıştırılabilme dayanımı yapılarındaki bağlama ipliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu dayanımları sayesinde, baskıya karşı stabillerdir. Sürekli yük altında kalabilmekte ve kuvvet kaldırıldığında tekrar eski kalınlıklarına dönebilmektedirler (Şekil 1.37).



Şekil 1.37. Kuvvet uygulanması sonucu şekil değişimi [39].

Sandviç tekstiller, çözgülü örme yüzeyleri nedeniyle iyi bir yüzey dayanımına sahiptirler. Çözgülü örme yüzey yapısı, diğer materyallere göre daha iyi bir stabiliteye sahiptir. Bu özellik, özellikle döşemelik kumaşlar için gereklidir (Şekil 1.38).



Şekil 1.38. Yaylanma özelliği gösteren kumaş örneği.

Sandviç tekstiller hafif yapıları nedeniyle teknik uygulamalar için avantajlar sunmaktadır. Özellikle takviye malzemesi olarak klasik takviye malzemelerine göre birçok uygulamada oldukça düşük ağırlık sağlamaktadırlar.

Yukarıda bahsedilen özelliklerinin yanı sıra sandviç tekstiller, yapılarında elastan kullanılması durumunda iyi bir elastik davranış sergilemektedirler. Birçok durumda sentetik iplikler kullanıldığı için kolay bakım özelliğine sahiptirler ve geri dönüştürülebilirler.

1.2.6. Üç Boyutlu Sandviç Yapıların Kullanım Alanları

Sandviç tekstiller, farklı materyallerin kullanımına izin vermeleri, esnek bir ürün aralığına ve üç boyutlu bir yapıya sahip olmaları nedeniyle birçok kullanım alanına sahiptirler. Özellikle farklı tasarım olanakları ve geniş bir desen aralığına sahip olmaları bu tekstillerin yeni kullanım alanları bulmalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, reçine terbiyesi, kaplama ve laminasyon gibi farklı bitim işlemlerinin uygulanması ile bu tekstillerin yapıları özel teknik uygulama alanları için optimize edilebilmektedir [28]. Bu tekstil yapılarının tek adımda üretim prosesleri maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca birçok alanda daha şimdiden klasik tekstillerin yerine kullanılmaya başlanmışlardır.

Sandviç tekstiller, tıbbi uygulamalarda (bandaj ve tedavi edici malzemeler, kompresyon bandajları (Şekil 1.39), yatak yarasını önlemek için hasta yatakları ve tekerlekli sandalye kaplamaları) yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle hava geçirgenliği ile ısı ve nem aktarma özellikleri deri dostu, nefes alabilir bir yapı sağlamaktadır. Bu avantajları sayesinde sandviç tekstiller, tıbbi uygulamalar için gerekli olan fizyolojik konfor sağlamaktadırlar [27].



Şekil 1.39. Alçı ve sargı uygulamaları.

Sandviç tekstillerin önemli bir diğer uygulama alanı otomotiv tekstilleridir (Şekil 1.40). Bunlar, araba koltukları için döşemeliklerde, kaplama uygulamalarında, araba içi yer döşemelerinde kamyonların çamurluklarında kullanılabilmektedirler [28]. Özellikle araba koltuklarında kullanılan yapılarda sıkıştırılabilme dayanımı gerekmektedir. Diğer bir gerekli özellik ise kaplama materyali arasından iyi bir hava sirkülasyonunun sağlanmasıdır. Her iki özellik de sandviç tekstiller tarafından sağlanmaktadır.



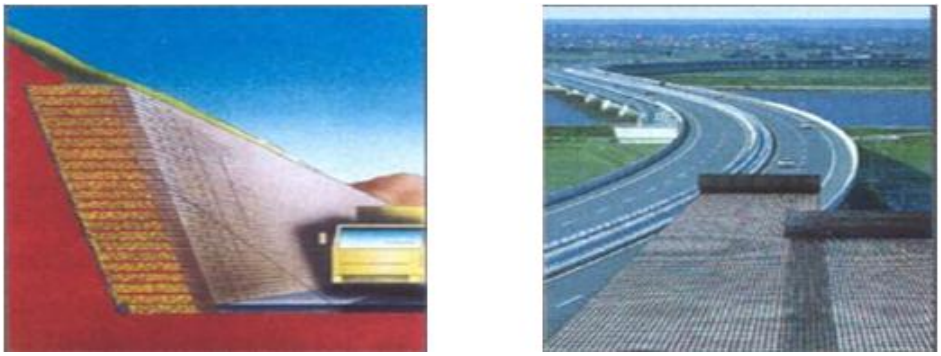
Şekil 1.40. Otomobil ve uçak koltuklarında kullanımı [38, 39].

Spor kıyafetlerine koruyucu özellik kazandırılmasında sandviç tekstillerin rolü büyüktür. Koruyucu giysiler, tişörtler ve iç çamaşırları bunun en iyi örnekleridir (Şekil 1.41).



Şekil 1.41. Koruyucu giysi ve koruyucu el bandajı [34].

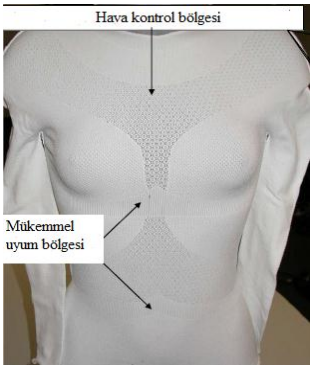
Sandviç tekstillerin; üç boyutlu yapıları, yapılarında teknik liflerin kullanılma olanakları, çok yönlü tekstil yapısının elde edilmesi için özel terbiye işlemlerinin aplikasyonu gibi spesifik özellikleri bu tekstil yapılarını teknik uygulamalar için oldukça ilgi çekici hale getirmektedir. Sandviç tekstiller, ulaşım ve jeotekstillerde kullanılmakta, filtre sistemlerinde ve hafif duvar yapılarında kullanıldıklarında var olan ürünlere göre farklı alternatifler sunmaktadırlar. Bunlar hali hazırda kompozit yapılarında (sandviç yapılarda), T kesitler için hammadde olarak ve ağlarda kullanılmaktadırlar. Ayrıca, asfalt ve beton takviyelendirilmesinde de kullanılmaktadırlar [28] (Şekil 1.42).



Şekil 1.42. Sandviç tekstillerin jeotekstillerde kullanımı [35].

Spor giysiler, korseler ve ayakkabılar sandviç tekstillerin diğer kullanım alanlarıdır Nefes alabilir yapıları, giyim konforu ve yıkama dayanımları nedeniyle köpük ve köpük kompozitlerin yerini almaya başlamışlardır.

Sandviç tekstiller giyim sektöründe iç giyim komponentleri olarak, örneğin sutyenler ve yüzme giysileri için vatka olarak veya dış giysiliklerde izolasyon materyali olarak kullanılabilmektedir [28] (Şekil 1.43 ve 1.44).



Şekil 1.43. Bayan spor gömleği [38].



Şekil 1.44. Sandviç kumaşların iç giyimde kullanım alanları.

Sandviç tekstiller beton takviyelendirilmesinde kullanılabilmektedirler (Şekil 1.45). Sandviç tekstiller, özellikle üçüncü bir boyutta takviye sağlamaları ve iki takviye yüzeyini birbirinden istenen mesafede tutmaları nedeniyle beton takviye malzemesi olarak farklı avantajlar sunmaktadır [28].



Şekil 1.45**.** Sandviç kumaş (solda), tekstil takviyeli beton (sağda) [34].

Sandviç tekstillerin yüksek hava ve nem geçirgenlik özelliği ev tekstili ürünlerinde, özellikle yataklarda kullanımını artırmıştır (Şekil 1.46).



Şekil 1.46. Sandviç yapının yataktaki kullanımı [38].

1.3. TEKSTİL ÜRÜNLERİNDE KONFOR

Konfor; insan vücudu ile çevresi arasındaki psikolojik, fiziksel, termofizyolojik uyumun memnuniyet verici olma durumu olarak tanımlanabilir. Slater ise konforu insan ve çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik ve fiziksel harmoninin tatminkâr hali olarak tanımlamaktadır [40].

Tekstil teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak insanların yaşam standartlarının yükselmesi sonucu, kumaş ve giysilerden beklentiler sadece sağlamlık, estetik, tasarım ve modaya uygunluk olmaktan çıkmıştır. Yoğun çalışma saatleri dışındaki serbest zamanlarda da kendisini rahat hissetmek isteyen günümüz insanı, tekstil ürünlerinden farklı beklentiler içerisindedir ve bu bağlamda tekstil ürününün konforu büyük önem taşımaktadır.

Termofizyolojik konfor tüketicilerin tekstil ürününden bekledikleri önemli özelliklerden birisidir. Termofizyolojik konfor cilt üzerindeki kumaş rahatlığının algılanması, sıcaklık, soğukluk, ıslaklık ve hissedilebilirlik duygularını içeren karmaşık bir olaydır. Tekstil malzemesinin konforunun belirlenmesinde çevre, hareket düzeyi, lif, kumaş ve tasarımının yanında kişinin fizyolojik ve psikolojik durumu da etkili olmaktadır. Bu nedenle termofizyolojik konfor; ürünlerin ısı ve nem iletim özelliklerine, ciltte yarattıkları hisse ve kumaş-cilt arasındaki mekanik etkileşime bağlıdır.

1.3.1. Konfor Hakkında Genel Bilgiler

Günümüzde tüketicilerin tekstil ürünlerinden beklentileri yalnızca örtünmek ve korunmak değil, aynı zamanda iyi hissetmek olmuştur. Tekstil ürünlerinin fiziksel, sosyal ve psikolojik beklentileri karşılaması istenmektedir. Tüketicilerin bu beklentileri konfor kavramını ortaya çıkarmış ve bunları karşılamaya yönelik çalışmalar konfor araştırmalarına yön vermiştir [41].

Birçok araştırmacı konforu nötr bir his olarak tanımlar. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgâr 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 [42].

Konforsuzluk rahatsız olma, soğuk, sıcak, acı, batma, kaşınma, soğukluk hissi, ıslaklık ve aşırı terleme gibi birkaç kelimeyle kolaylıkla ifade edilmektedir. Bu nedenle, konfor için çok kabul görmüş bir tanım konforsuzluktan (rahatsızlık) ve acıdan bağımsız, doğal bir durum şeklindedir [42].

Fourt ve Hollies'in incelemelerinde konfor, termal (ısıl) ve non-termal bileşenleri içeren, kullanıcının durumu (çalışma durumu, çeşitli kritik 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 [43].

Kaplan, konforu daha kısa ve genel bir şekilde ağrı ve acının bulunmadığı bir 'iyi' olma durumu olarak tanımlamıştır [42].

Konfor fiziksel, psikolojik ve fizyolojik birçok faktörün etkili olduğu, bu sebeple tanımı zor, karmaşıktır. Bu faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil 1.60'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 [41].

Tüm bu tanımlamalarda birkaç önemli kısım vardır. Bunlar;

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

Bu tanımlamalara göre konfor algısı, giysiden ve dış çevre şartlarından gelen, sinirsel yollarla beyne gidip orada çözümlenen ve çok sayıda uyarıcıyı kapsayan komplike bir prosestir [41]. Konfor, psikolojik konfor, fiziksel konfor ve termofizyolojik konfor olarak üçe ayırılmaktadır.

Psikolojik Konfor

Konforda psikoloji kavramı, duyu organları ile alınan çevresel uyarıların geçmiş tecrübe ve beklentilerle karşılaştırılarak algıya dönüştürülmesi ve bunların sosyal hayat içerisinde çeşitli şekillerinin de ifade edilmesini kapsar. 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 [41].

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 konforu negatif yönde etkileyen faktörleri içerir. Bu hisleri belirleyen kumaş özellikleri ise yüzey pürüzsüzlüğü, ağırlık, yumuşaklık, yoğunluk ve rijitlik olarak sıralanabilir [44].

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. Kumaş yapısı ve tekstil malzemesinin dizaynı, tekstil ürününün fiziksel konforu için çok önemlidir [40].

Termofizyolojik Konfor

Tekstil materyallerinin ve giysilerin giyim konforu, giysilerin termofizyolojik kullanım özelliklerine ve ciltte yarattıkları hisse dayanmaktadır. Termofizyolojik konfor; tekstil materyallerinin ısı ve nem iletim özelliklerine, ciltte yarattıkları hisse ve kumaş-cilt arasındaki mekanik etkileşime bağlıdır. Termofizyolojik konfor, cilt üzerindeki kumaş rahatlığının algılanması, sıcaklık, soğukluk, ıslaklık ve hissedilebilirlik duygularını içeren karmaşık bir olaydır. Konforun belirlenmesinde çevre, hareket düzeyi, lif, kumaş ve tasarımın yanında kişinin fizyolojik ve psikolojik durumu da etkili olmaktadır [45].

İnsan cildi ve kumaş arasında kalan bölgedeki klima koşulları olarak tanımlanan mikroklimanın, kumaş ile arasındaki ilişki termofizyolojik konforu açıklamaktadır. Bu klima koşulları ise ısı ve nem ile tarif edilmektedir [46].

Termofizyolojik konforun sağlanmasında temel prensip, vücut ve onu saran çevresi arasındaki ısı alışverişinin dengelenmesidir. Gerek vücudun ısı regülâsyon yöntemi olan faaliyet halinde terleme ya da hastalık sırasında titreme, gerekse diğer rutin fiziksel etkileşimler sonucunda tekstil materyali ile deri arasında sürekli bir dengelenim ve durulum sistemi yaratılmakta ve bu sayede hayati fonksiyonları ve konforu sağlanmaktadır [47].

1.3.1.1. Termofizyolojik Konfor Parametreleri

Kullanım yerine göre kumaşlardan farklı geçirgenlik özellikleri beklenir. Malzemenin geçirgenlik özelliği belirlenirken kullanım koşullarına göre değerlendirilir. Kullanım alanı göz önünde bulundurularak kumaşın geçirgenlik özellikleri genel olarak ısı, su buharı, hava ve kumaşlarda sıvı su iletimi (kılcallık) olmak üzere farklı gruplarda incelenebilir [48].

Birçok araştırmacı, konforu etkileyen ana etkinin kumaşın içinden geçen ısı ve nem olduğunu belirtmektedir. Kişinin aktivite derecesi, çevredeki nem, dış hava hareketi, kumaş kalınlığı ve içerdiği hava boşluğu, kumaş yapısı ve lif içeriği gibi faktörler terin buharlaşması ve ısı transferinin temelini oluşturmaktadırlar. En ideal olanı, kumaşın çevresel değişimlere karşı bir tampon oluşturması ve ıslaklık hissi vermeden nemin uzaklaştırılmasıdır.

Kumaşın su buharı direnci yüksek olduğunda, ter ve ısı yayılamayacak ve konforsuzluk hissi oluşacaktır. Su buharı geçirgenliği yüksek olan kumaşlar, terin buharlaşarak uzaklaşmasına izin vererek konforlu bir durum sağlamaktadırlar [49].

Termofizyolojik konfor içerisinde hava geçirgenliği önemli bir yere sahiptir. Hava geçirgenliği kumaşın hava geçişine izin verme özelliğini ifade etmektedir. Genellikle bir kumaşın hava geçirgenliği, konfor özelliklerini etkileyebilir. Hava geçirgenliği yüksek olan bir kumaş aynı zamanda su buharı ve suyun kendisini de geçirebilir. Böylece su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliği doğrudan hava geçirgenliği ile ilişkili hale gelmektedir. Ayrıca, kumaşın termal direnci büyük ölçüde içerisinde mevcut bulunan hava miktarına ve hava miktarı da kumaşın yapısına bağlıdır [49].

1.3.1.1.1. Isı Geçiş Özellikleri

Isı, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doğru geçme eğiliminde olan bir enerji çeşididir. Isı, kumaşın içinden taşınım (konveksiyon), ışınım, iletim (kondüksiyon) ve terleme yoluyla (buharlaşma) uzaklaşabilir. Düşük aktivite şartlarında deri yüzeyinden ısı kaybının % 75'i taşınım, ışınım ve iletimle gerçekleşir. Giyside oluşan ısı, terin uzaklaşmasına izin verecek seviyede olmalıdır [41].

1.3.1.1.1.1. Özgül Isı

Bir birim kütlesindeki maddenin sıcaklığını 1° C yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır (Jg -1 K -1). Cam lifleri dışında tüm liflerin özgül ısı değerleri 1.05–1.51 arasında değişmektedir. Suyun özgül ısısı 4.2 Jg -1 K -1 olup, suyun emilmesi liflerin özgül ısısını artırmaktadır. Tablo 1.2'de çeşitli liflerin özgül ısıları verilmiştir [50].

Tablo 1.2. Kuru liflerin özgül ısıları [50].

LİF	ÖZGÜL ISI ($Jg^{-1} K^{-1}$)
Pamuk	1.21
Rayon	1.26
Yün	1.36
İpek	1.38
Naylon-6	1.43
Polyester	1.34
Asbestos	1.05
Cam	0.80

1.3.1.1.1.2. Isıl İletkenlik (λ)

Bir materyalden, birim kalınlıkta 1 °K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Isıl iletkenlik; (1.17) eşitliğinden hesaplanır [50].

$$\lambda = q.h / \Delta T \ (W/m\ K) \qquad (1.17)$$

Eşitlikte;

q = ısı akış miktarı (W / m^2)

ΔT = sıcaklık farkı (K)

h = kalınlık (m)'tır.

Kumaşların ısı iletkenliğini etkileyen faktörler:

- Lifin ısı iletkenliği
- Kumaş yapısının hava akımını tutma yeteneği
- Kumaşın gramajı
- Lif, iplik ve kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri
- Kumaşlara uygulanan kaplamalar ya da reçine apresi
- Lifin veya ipliğin ısı etkisiyle eriyebilirliği
- Kumaş kalınlığı ya da katları
- Lif ve ipliklerin hava geçirgenliği
- Havanın nemidir [49].

1.3.1.1.1.3. Isıl Direnç (R)

Isıl direnç, materyalin ısı akışına dayanımıdır (m K/W). Bir malzemenin ne kadar iyi izolasyon sağladığının ölçüsü olan bu parametre, malzeme kalınlığı ile doğru, ısıl iletkenlik değeriyle ters orantılı olarak ifade edilmektedir [11]. Isıl Direnç; (1.18) eşitliğinden hesaplanır [50].

$$R = h / \lambda \ (m2\ K/W) \qquad (1.18)$$

Eşitlikte;

h = kalınlık (mm)

λ = ısıl iletkenlik (W/m K)'tir.

1.3.1.1.1.4. Isıl Soğurganlık (b)

Farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır. Kumaş ile deri arasındaki ani temas, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru ısı akışı meydana getireceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olmaktadır [50]. Isı akışı malzemenin ısıl iletkenliği ile artmaktadır. Bir malzeme daha fazla ısıl enerji soğurduğunda, bir ısıl iletken gibi hareket eder ve sıcak bir beden ile ilk temas anında daha soğuk bir his verir [47]. Bu his tüketiciye bağlı olarak iyi veya kötüdür; çünkü sıcak yaz günlerinde soğuk bir his tercih edilirken, soğuk ortamlarda daha sıcak giysiler aranmaktadır. Isıl Soğurganlık; (1.19) eşitliğinden hesaplanır [50].

$$b = (\boldsymbol{\lambda}\rho c)\ -1/2 \quad (W\ m\ -2\ K\ -1\ s\ -1/2) \qquad (1.19)$$

Eşitlikte;

$\boldsymbol{\lambda}$ = ısıl iletkenlik (W/m K)

ρ = yoğunluk (kg m -3)

c = özgül ısı (J/kg K)'dır.

Isıl soğurganlık derecesi, kumaş ve cilt sıcaklıkları arasındaki farka dayanmaktadır ve ölçüm süresine bağlıdır. Isıl soğurganlık değeri düşük ise kumaş sıcaklık hissi, yüksek ise soğukluk hissi vermektedir [50].

1.3.1.1.1.5. Isıl Yayılım (a)

Tekstil materyalinden geçen sıcaklığın yayılım hızının bir ölçüsüdür. Isıl Yayılım; (1.20) eşitliğinden hesaplanır.

$$a = \boldsymbol{\lambda} / \rho c\ (m2 / s) \qquad (1.20)$$

Eşitlikte;

$\boldsymbol{\lambda}$ = ısıl iletkenlik (W/m K)

ρ = yoğunluk (kg m -3)

c = özgül ısı (J/kg K)'dır [50].

1.3.1.1.2. Su Buharı Geçiş Özellikleri

Su buharı suyun ısı etkisiyle dönüştüğü renksiz ve kokusuz gaz halidir. Ocak havasına karışan çeşitli gazlar arasında özellikle yoğunluğu 0,598 kg/m3 olan su buharı önemli rol oynar. Ocak havasındaki su buharı miktarı havanın basıncına ve ısı derecesine bağlıdır. Doymuş halde su buharı içeren hava, ısısının azalmasıyla su buharı, sis veya soğuk yüzeylerde damlacıklar halinde çöker [51].

1.3.1.1.2.1. Su Buharı Geçirgenliği

Terin buharlaşarak deriden uzaklaşması ve böylece aktif 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. Yüksek su buharı geçirgenliğine sahip kumaşlar, kullanım esnasında terleme ve buharlaşmadan kaynaklanan soğuma efektine yardımcı olur [41].

Su buharı geçirgenliği, su buharının kumaş kalınlığı boyunca gerçekleşen difüzyon oranıdır. Su buharının kumaş kalınlığı boyunca olan difüzyonu I. Fick Kanunu'na göre

(1.21) numaralı eşitlik ile ifade edilebilir.

$$Qw = Da \ (\Delta C / L) \qquad (1.21)$$

Eşitlikte;

Qw = Buhar transfer oranı (kg / m^2s)

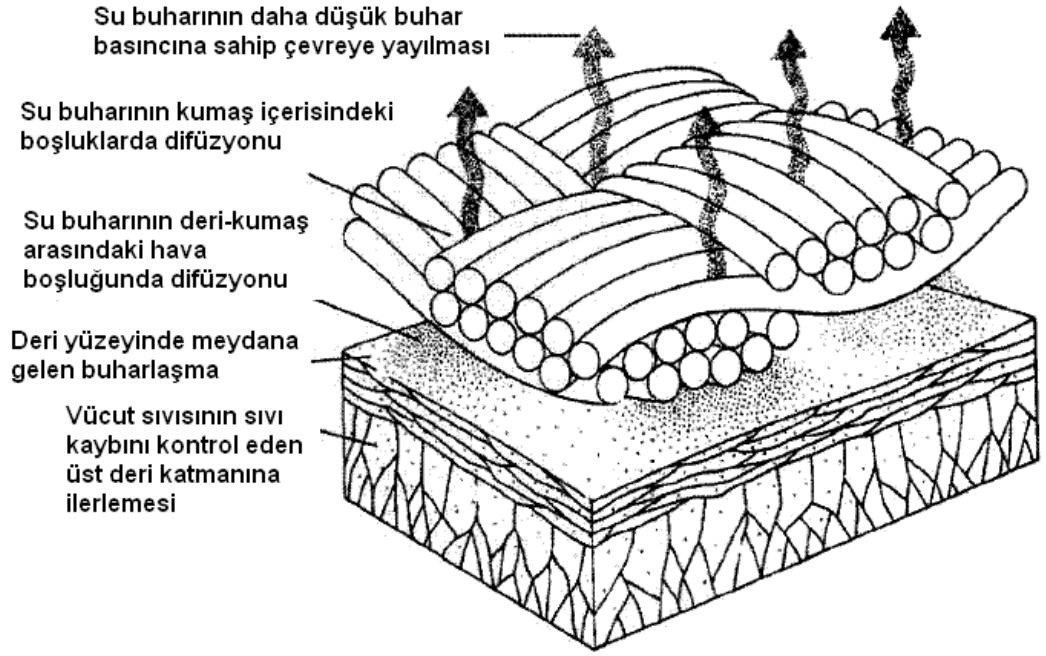
Da = Su buharı difüzyon katsayısı (m^2 / s)

L = Kumaş kalınlığı (m)

ΔC = Su buharı konsantrasyon farkı (kg / m^3)'dır [42].

(1.21) numaralı eşitlikte de görüldüğü gibi su buharının kumaş kalınlığı boyunca transferi, kumaşın iki yüzündeki su buharı basınç değerleri arasındaki farka (gradyan) bağlı olarak gerçekleşir. Formüldeki su buharı difüzyon katsayısı, kumaş yapısının su buharının ilerlemesine hangi oranda izin verdiğinin ölçüsü olan bir sabittir. Kumaşın gözenekliliği arttıkça su buharı geçirgenliği de artar. Kumaş kalınlığı boyunca olan sıcaklık dağılımına bağlı olarak materyale buhar olarak giren rutubet içeride yoğuşabilir

ve bu durumda bölgedeki su buharı basıncı doymuş su buharı basıncına eşittir ve buhar transferinin yerini sıvı transferi alır. Bu durumda su buharı transferinden farklı olarak materyalin higroskopikliği sıvıyla olan etkileşiminde önem kazanır. Su buharının kumaş içerisinden geçişi Şekil 1.47'de açıklanmıştır [42].



Şekil 1.47. Su buharının buhar geçirgen bir kumaştan difüzyonu [42].

1.3.1.1.2.2. Su Buharı Dayanımı (Ret)

Su buharı dayanımı (Ret), materyalin su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşma ısı akışına oranıdır [50].

Buharlaşma ısı akışı difüzyon ve taşınım bileşenlerinin her ikisinden meydana gelebilir. Su buharı dayanımı tekstil veya kompozit ürünlerde malzemeye özgü bir büyüklük olup, düzenli ve sürekli uygulanan su buharı basıncı değişiminden dolayı, verilen bir alandan geçen buharlaşma ısısının akışını belirler. Su buharı dayanımı; (1.22) eşitliğinden hesaplanır [52].

$$Ret = (Pm - Pa)\ (qv\ -1 - q0\ -1)\ (m^2\ Pa/W) \qquad (1.22)$$

Eşitlikte;

Pm = Ta çevre sıcaklığı için pascal cinsinden doygun kısmi su buharı basıncı

(Pm değeri termodinamik tablolarından ortamın sıcaklığı esas alınarak bulunmaktadır).

Pa = Ta çevre sıcaklığı için pascal cinsinden laboratuardaki gerçek kısmi su buharı basıncıdır. Pa değeri, Pm ile ortamın bağıl nemi çarpılarak elde edilir.

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

q0: Numunesiz ısı akış değeri (W/m^2)'dir [50].

1.3.1.1.2.3. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği

Bağıl su buharı geçirgenliği, kumaşın % olarak su buharını geçirebilme yeteneğidir. Bağıl Su Buharı Geçirgenliği; (1.23) eşitliğinden hesaplanır [48].

$$\% p = 100 \times qv / q0 \quad (1.23)$$

Eşitlikte;

p = Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%) [50].

1.3.1.1.2.4. Su Buharı İletkenlik İndeksi

Isıl direncin su buharı direncine oranıdır. Kumaşın termal yalıtımına bağlı olarak nefes alabilirliğinin bir ölçüsüdür. Termal ve su buharı dirençlerini aynı anda göz önünde bulundurup iki parametrenin kumaş kalınlığıyla olan ters ilişkilerini aynı anda yansıtmak amacıyla hesaplanan bir parametredir [42]. Su buharı iletkenlik indeksi; (1.24) eşitliğinden hesaplanır [50].

$$I = S \times Rct / Ret \quad (1.24)$$

Eşitlikte;

S = 60 Pa W -1

Rct = Isıl dayanım

Ret = Su buharı dayanımını ifade eder.

Su buharı iletkenlik indeksi 0 ile 1 arasında değişir [50].

1.3.1.1.3. Hava Geçiş Özellikleri

Hava geçirgenliği, havanın lif, iplik ve kumaş yapısı içerisinden geçebilme yeteneğidir. Birim basınçta, birim alandan, belirli zamanda geçen havanın miktarıdır. Aynı zamanda vücut ve giysi arasında kalan havanın dışarı iletilmesi ile de ilgili bir kavramdır [49].

Hava geçirgenliği kumaşın iki yüzeyi arasından dik geçen hava akış oranıdır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 1996 yılında hava geçirgenliğini; deney alanı, basınç düşmesi gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönde geçen havanın hızı olarak tanımlamıştır. Kumaşın verilen bir alandan dikey yönde geçen hava akışının hızı, verilen bir zaman aralığında, kumaşın deney alanı içindeki basınç farkıyla ölçülür [48].

Hava geçirgenliği paraşütlerin, yelkenlerin, hava yastığı kumaşlarının, spor giysilerin ve endüstriyel filtre kumaşlarının performansını değerlendirirken önemli bir parametredir. Kullanım yerine göre kumaşın su buharı geçirgenliği, rüzgâr direnci gibi özellikleriyle de yakından ilgilidir. Hava geçirgenliği terimi genellikle yağmurluk, çadır, üniforma gibi kullanım alanlarında nefes alabilirliği değerlendirmek için kullanılır. Nefes alabilirlik kumaşın havalandırılmasını ifade eder. Eğer kumaş hava geçirgenliğine sahipse bu su buharı ve sıvı nemin kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine geçebileceği ve çevreye buharlaşacağı anlamına gelir. Bu yüzden su buharı veya sıvı nem geçişi materyalin hava geçirgenliği ve giyim sırasındaki termal konfor algılarıyla yakından ilgilidir [48]. Hava geçirgenliği, 1 cm^2 lik kumaştan bir dakikada 1 cm su basıncı altında geçen hava hacminin cm^3 cinsinden değeridir [49]. Hava direnci ise, 1 $cm^{3'}$lük havanın 1 $cm^{2'}$lik kumaştan 1 cm'lik su basıncı altında geçiş süresinin dakika cinsinden değeridir [49].

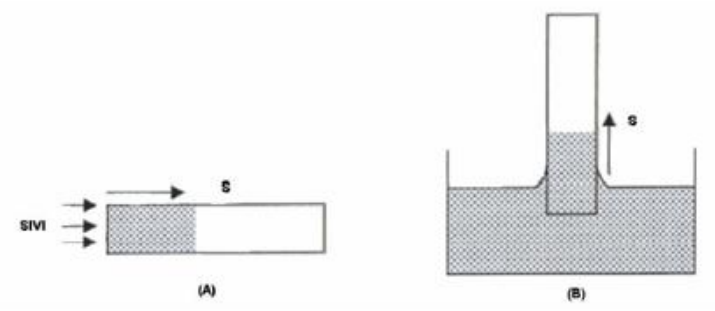
1.3.1.1.4. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)

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 [49].

Terden kaynaklanan ıslaklık hissinin ortadan kaldırılması için, giysiyi oluşturan kumasın 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 [49].

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 baslar. 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. Şekil 1.48'de, yatay ve dikey yönde düzlemsel kılcallık modeli görülmektedir [49].



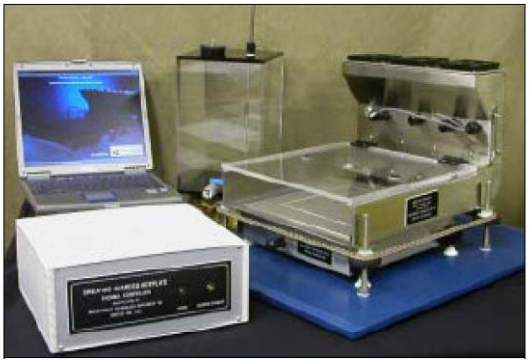
Şekil 1.48. Kılcallık modelleri; yatay kılcallık (A), dikey kılcallık (B) [49].

1.3.1.2. Termofizyolojik Konfor Test Cihazları

Giysilerin konfor özelliklerinin değerlendirilmesi son on yılda önem kazanmıştır. Teknik tekstillerin, endüstriyel ve savunma amaçlı kullanımının yanı sıra, boş zaman aktivitelerinde kullanımının ve bunlarla ilgili performans talebinin artması, bu tekstillerden üretilen giyim ürünlerinin değerlendirme yöntemlerini de gündeme getirmiştir. Bu değerlendirmeyi yapmak amacıyla bazı test metotları ve cihazları geliştirilmiştir [53].

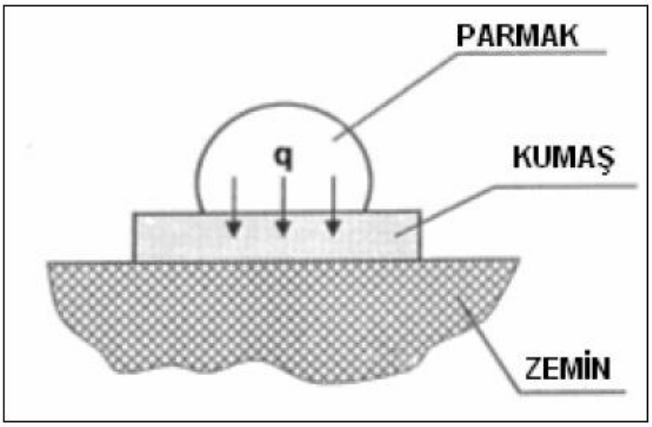
1.3.1.2.1. Isı Geçirgenlik Ölçüm Test Cihazları

Tekstil malzemelerinin ısı ve nem özelliklerini ölçmek için kullanılacak yöntemlerden birisi buğuya karşı korunmuş kızgın plaka (Hotplate) yöntemidir. Bu yöntem insan teninde oluşan ısı ve kütle aktarımı işlemini modellemek amacı ile termal direncin belirlenmesinde TS EN 31092/Kasım 2000 standardını kullanmaktadır. Termal direncin test edilmesi için MTNW Hot plate kullanılmıştır. Şekil 1.49'da MTNW Hot plate cihazı görülmektedir [47].



Şekil 1.49. MTNW Hot Plate cihazı [47].

Deneye tabi tutulan deney parçası, şartlandırılarak cihaza yerleştirilir, termal direncin tayini için deney parçasından geçen ısı akışının kararlı duruma ulaşması beklenir. Bu malzemenin termal direnci Rct'nin her ikisi de aynı şartlarda ölçülen bir deney parçasının her iki yüzeyindeki sınır hava tabakasının termal direncinden, deney cihazının yüzeyi üzerindeki sınır hava tabakasının termal direnci çıkartılarak tayin edilir. Bu cihazın çalışma prensibi Şekil 1.50'de gösterilmiş olup, alt plaka ısısının deri sıcaklığına üst plakanın da hava sıcaklığına eşitlenmesi ve aradaki ısı geçişinin bulunmasıdır [47].



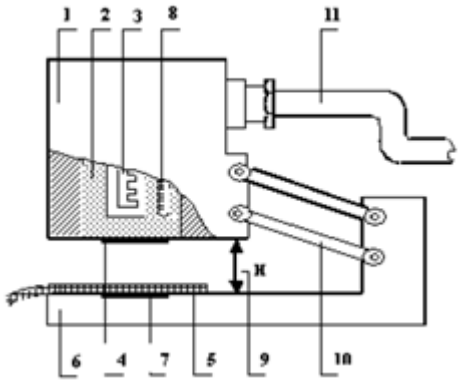
Şekil 1.50. Kızgın plaka cihazının çalışma prensibi [47].

Isı geçirgenliği ölçüm cihazlarından biri olan Alambeta cihazı Çek Cumhuriyetinde Hes isimli bir bilim adamı tarafından termal absorbsiyonun ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu cihazın fotoğrafı Şekil 1.51'de gösterilmiştir.



Şekil 1.51. Alambeta cihazı [41].

Alambeta cihazının basitçe çizilmiş kısımları Şekil 1.52'de gösterilmektedir. Cihaz genel olarak bir ölçüm kafası ile numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Ölçüm kafası (1), bir elektrikli ısıtıcı (3) vasıtasıyla insan deri sıcaklığını simüle etmek için 32 °C'ye ısıtılmış metal bir bloğu (2) içerir. Sıcaklık, regülâtöre bağlı termometre (8) ile kontrol edilir. Isıtılmış bloğun alt kısmı ise direkt ısı akış sensörüyle (4) donatılmıştır. Bu sensör 0,2 mm inceliğinde yapılmıştır ve farklı bir sıcaklıkla temas ettiği anda 0,2 saniye içinde maksimum ısı akısına ulaşır. Buda yaklaşık 0,5 mm kalınlığındaki insan derisini simüle etmektedir. Teste başlamadan önce kafa belirli bir H yüksekliğinde korunur ve tekstil materyali (5) cihazın tabanı (6) üzerindeki plakaya (7) yerleştirilir. Kol mekanizmaları (10) ölçüm kafasının doğru hareket etmesini temin eder. Ölçüm başladığı anda, ısı akış sensörünü ihtiva eden ölçüm kafası aşağıya düşer ve alt plakaya düzlemsel bir şekilde yerleştirilen numuneye dokunur. Bu sırada numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihazın bilgisayarı ısı akış kursunu kaydeder. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer. Bu prosedür, insan parmağının oda sıcaklığındaki bir kumaşa dokunması işlemine benzerdir [54].



Şekil 1.52. Alambeta cihazının kısımlarını gösteren kesit şekli (1: ölçüm kafası, 2: metal blok, 3: elektrikli ısıtıcı, 4: ısı akış sensörü, 5: tekstil materyali, 6: metal taban, 7: plaka, 8: termometre, 9: Ter akısını simüle eden ıslatılmış tekstil ara yüzeyi, 10: kafa kaldırma mekanizması, 11: bağlantı borusu) [54].

Isı geçirgenliği ölçümünde diğer yöntem olan; termal konforla ilgili parametrelerin (termal direnç ve su buharı direnci) ölçümünde kullanılan en gelişmiş sistem olarak kabul edilen termal manken sistemi belirli çalışma kapsamında tasarlanıp üretilmiştir. Soğutucu giysi tasarımıyla ilgili başka bir üniversite destekli proje kapsamında üretilen bir sistem üzerinde yapılan değişikliklerle bir terleyen manken sistemi elde edilmiştir. Sistem, normal bir erkek vücudu boyutlarında bakır döküm bir gövde (1.65 ± 0.02 m), istenilen ortam şartlarının (sıcaklık ve bağıl nem) sağlanabildiği bir hazne, yüzey ve ortam sıcaklık ve bağıl nem sensörlerinden oluşmaktadır. Gövdenin yüzey sıcaklığı 40 lt'lik ayrı bir su haznesinin sıcaklığının ayarlanması ve bu suyun gövde içerisinde pompalar yardımıyla devir daim ettirilmesiyle sağlanmakta ve 20 adet yüzey sıcaklık sensörü ile kontrol edilmektedir.

Sistemden alınan sıcaklık ve bağıl nem verileri kaydedilip bir yazılım ile bağlı bulunan bilgisayara aktarılmaktadır. Kuru halde termal direnç ölçümlerinin yapılabildiği termal manken sistemi, yüzeyinin deriyi simüle etmek üzere su geçirmez fakat su buharını belirli oranda geçiren bir nefes alabilir kumaşla kaplanması ve bakır gövde-kaplama kumaşı arasına belirli basınçta su buharı pompalanması ile terlemeyi de simüle edebilir hale getirilmiştir. Bunun için mankenin vücudu beş bölüme ayrılmış ve her bir bölüm için basınç sensörlerine bağlı pompa sistemleri ve sisteme verilen sıvının tüketim miktarının hassas bir şekilde ölçülebildiği bir su buharı pompalama ve ölçme ünitesi uygun yazılımı ile birlikte sisteme eklenmiştir.

Kaplanmış manken yüzeyinde pompalarla basılan su buharının yüzeyde oluşturduğu su buharı basıncı giyim denemelerinde de kullanılan portatif sıcaklık ve bağıl nem kayıt sistemleri ile iki noktadan ölçülüp kaydedilmiştir.

Direnç hesapları için gerekli bir parametre olan sistemin ayarlanan değerlerde kararlı halde tutulabilmesini sağlayan ısıl güç ise sistemin toplam ısıl kapasitesinin ölçüm sırasında sistem ısıtıcısının çalıştığı sürenin toplam ölçüm süresine oranlanmasıyla elde edilen katsayıyla çarpılmasıyla elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan termal manken sistemi Şekil 1.53'te görülmektedir [55].



Şekil 1.53. Termal manken sistemi [55].

1.3.1.2.2. Su Buharı Geçirgenlik Ölçüm Test Cihazları

Kumaşların su buharına karşı direnci ve su buharı geçirgenliğinin ölçümünü gerçekleştiren cihazlardan birisi olan MTNW Sweating Hot Plate cihazında insan teni simüle edilmekte, su buharı direnci ve geçirgenliği ölçülmektedir. Şekil 1.54'te MTNW Sweating Hot Plate su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı görülmektedir [49].



Şekil 1.54. MTNW Sweating Hot Plate su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı [56].

Su buharı geçirgenliği ölçüm cihazlarından biri olan Permetest, termal eylemsizliği insan derisine benzer olan özel bir ısı akış ölçüm sistemine sahiptir ve kuru haldeki ısı geçirgenliği (veya direnç) değerini ölçebilmektedir. Aynı sistem, cihaza yerleştirilen

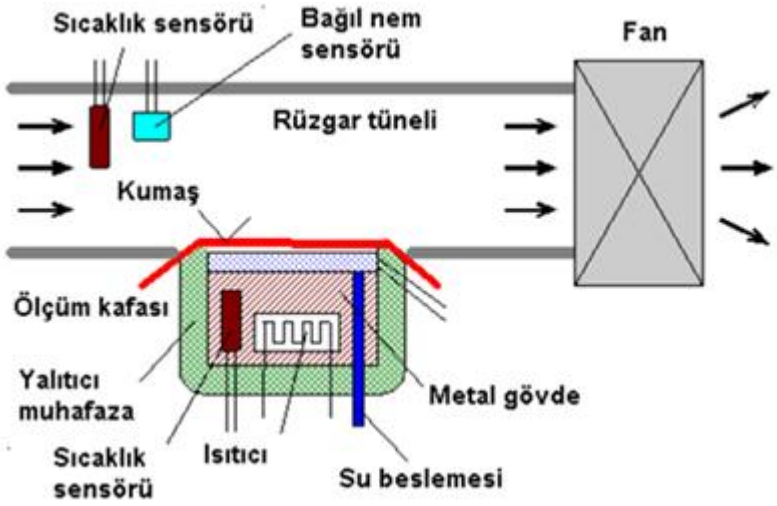
kumaşın ıslak ölçüm platformundan difüzyona açık konumda absorbe ettiği su (sıvı) miktarındaki en küçük değişimi de belirleyerek su buharı geçirgenliğini ölçmektedir. Permetest, ISO 11092 standardına göre yapılan su buharı geçirgenliği ölçümlerinde çalışılan ve insan derisini simüle eden 350°C sıcaklık ve % 40 bağıl nem değerlerinde kondüsyonlanma yerine, laboratuar ortamında kolaylıkla temin edilen 200°C sıcaklık ve % 60 bağıl neme sahip, kumaş yüzeyine paralel hava akısı altında ölçüm yapmaktadır. Ölçüm için gerekli numune boyutları 10 cm x 10 cm den daha küçüktür. Permetest ile daha küçük numune boyutlarında ve çok daha kısa sürede (2-3 dakika) tamamlanan su buharı ölçüm sonuçları ile ISO 11092'e göre yapılan ölçümler arasındaki korelasyon katsayısının 0,92 olduğu belirtilmektedir [41].

Permetest ölçüm cihazı Şekil 1.55'te, ölçüm mekanizması Şekil 1.56'da gösterilmiş olup, teknik parametreleri ve ölçüm aralığı şu şekilde sıralanabilir:

Su buharı direnci	1 - 100 m^2 Pa / W
Bağıl su buharı geçirgenliği	1 – 100 %
Termal geçirgenlik	1- 50 W / m^2 K
Termal direnç	0.02 -1 m^2 K / W
Kumaş kalınlığı	0,1 - 7 mm
Ayarlanabilir paralel hava akış hızı	3 ve 5 m/s
Hassasça birleştirilmiş çizgi kart kaydı	2 mV tüm en için
Voltaj	220 V (110 V gerekirse)
	50-60 Hz, 60 W giriş
Boyutlar	460 x 240 x 130 mm ağırlık 8 kg'dır [42].



Şekil 1.55. Permetest su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı [45].

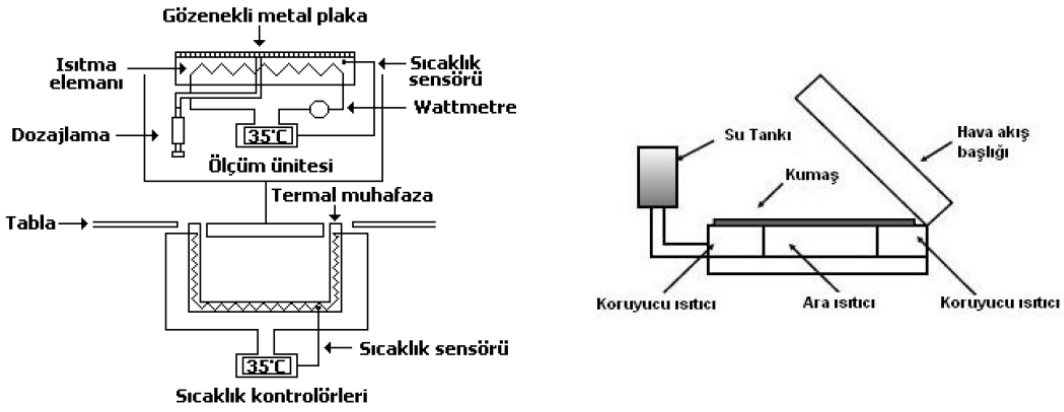


Şekil 1.56. Permetest cihazının ölçüm mekanizması [42].

Su buharı geçirgenlik ölçüm cihazlarından Terleyen sıcak levha sistemleri, ısı ve su buharı transfer mekanizmalarının birlikte düşünülmesinin termal konfor üzerinde etkili parametrelerin ölçülmesinde daha gerçekçi sonuçlar verdiği ortaya çıktıktan sonra bu mekanizmalarla ilgili yapılan ölçümlerin çoğunda, üzerinde giysi bulunan bir vücudu simüle etmek için kullanılmıştır [53].

Terleyen sıcak levha sisteminin basit şematik gösterimi Şekil 1.57'de görülmektedir. Prensipte, plaka vücut sıcaklığına ısıtılmakta ve daha sonra ısıtılmış plakanın yüzeyinden buharlaşıp dış ortama kumaş yoluyla difuze edilen su buharına karşı konulan direnç ölçülmektedir. Plakanın test alanı 25.4 × 25.4 cm^2'lik bir alanı kapsamakla birlikte koruma alanını da dâhil ettiğimizde bu alan 50.8 × 50.8 cm^2 ye ulaşmaktadır. Koruyucu ısıtıcının görevi, ana ısıtıcıdan gelen ya da ana ısıtıcıya doğru meydana gelen yanal ısı akışını önlemektir. İkinci bir ısıtıcı, ana ısıtıcının altında, koruyucu ısıtıcıların arasında yer alır ve test numunesinden uzaklaşan eksen boyunca meydana gelen ısı akışını önlemek için kullanılır. Aparat 35 °C'deki sıcaklığı koruyan iki tabakalı bir metal bloktan oluşmaktadır. Isıtılmış bloğun üst tabakası gözeneklidir ve alt tabakanın üst yüzeyi suyun gözenekli tabakaya beslenebileceği kanallar içermektedir. Gözenekli tabakanın üst yüzü sıvı suyu geçirmeyen fakat su buharını geçiren selofan bir membran ile örtülüdür. Su, gözenekli plakaya beslenir ve dozajlama ünitesi ile sabit bir seviyede tutularak sabit oranda buharlaşma sağlanır. Plakanın altı ve kenarları yalnızca plakanın üst seviyesinden ısı kaybına izin veren ısıtılmış bir muhafaza ile çevrelenmiştir. Test sırasında plaka sıcaklığı 35 ± 0.5 °C'de sabit tutulurken, aparat 20 °C ve % 40 bağıl nemdeki atmosfer şartları içerisinde kullanılır.

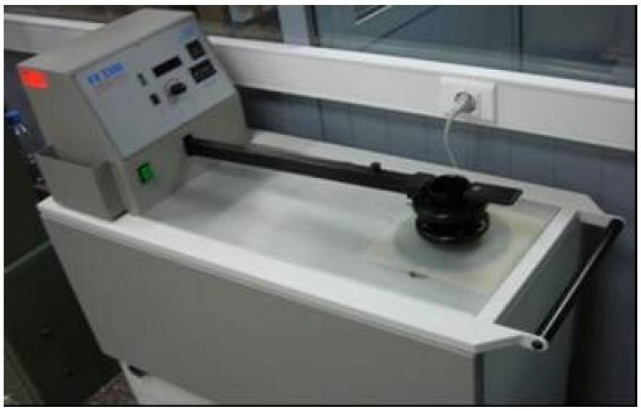
Bu yüzden kuru ısı kaybı için bir sıcaklık değişkeni söz konusu değildir. Plaka üzerine yerleştirilen test numunesinin ıslanmaması için bir politetrafluor etilen (PTFE) sıvı bariyer tabakası kullanılarak, sadece su buharının test numunesiyle temas halinde bulunması sağlanır. Sistem belirtilen toleranslar dâhilinde ideal sıcaklık dengesinde 1 saat bekletilir ve 5 dakika boyunca ölçüm verileri bilgisayar yoluyla ölçülür ve 3 farklı numune ile bu işlemler tekrarlanır [53].



Şekil 1.57. Terleyen sıcak levha sistemi [53].

1.3.1.2.3. Hava Geçirgenlik Ölçüm Test Cihazları

Kumaşların hava geçirgenlik testini FX 3300 Air Permeability Tester III'te gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.58'de gösterilen bu cihazda kumaş 20 cm^2'lik test kafasının altına yerleştirilmekte ve test kafası kumaşın üzerine bastırılarak kompresörden gelen havanın kumaşın içinden geçmesi sağlanmaktadır. Kumaşa uygun hava basıncı cihaz üzerindeki skaladan ayarlanmakta, test sonuçları $l/m^2/sn$ cinsinden alınmaktadır [57].



Şekil 1.58. Hava geçirgenliği test cihazı FX 3300 [57].

Şekil 1.59'da gösterilen dijital FX 3300 cihazında, test edilecek herhangi bir numunenin kesilmeden dairesel algılayıcı tutucular (diskler) arasına yerleştirilebileceğini göstermektedir. Kumaş sıkıca (hava kaçmasını engellemek için) onun çevresine tutturulunca kumaş ebatlarının herhangi bir rolü olmamaktadır. Ölçümlerin büyük parçalar üzerinde yapılmasını sağlamak için tutucu ve cihaz gövdesi arasında yeterince yer de vardır [67].

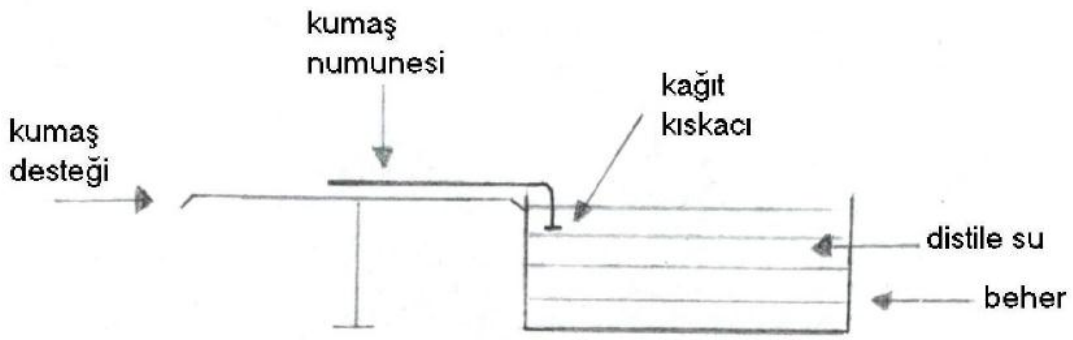


Şekil 1.59. Fx-Textest 3300 hava geçirgenliği ölçüm cihazı [58].

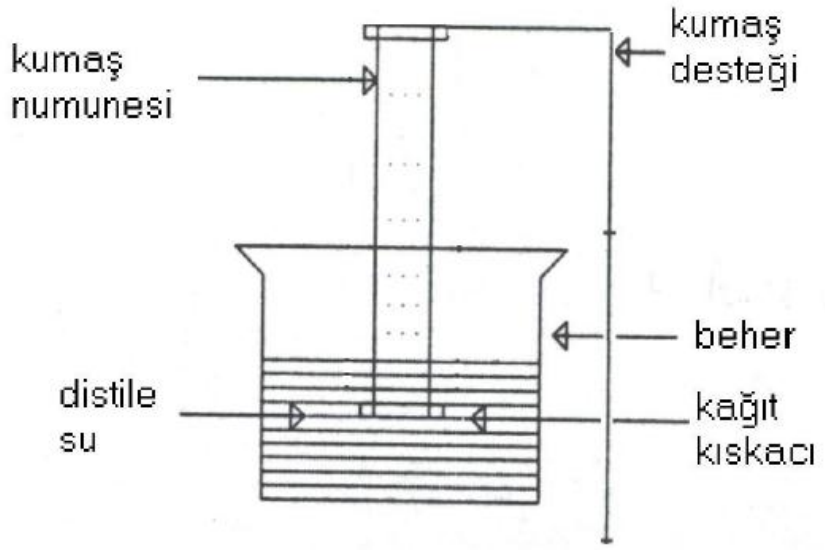
Hava geçirgenliği ASTM D 737 standardına göre SDL FX3300 hava geçirgenliği cihazında 20 cm^2'lik test kafalarına 249 Pa basınçta yerleştirilen numunelere hava akımı uygulanır. Kumaşın iki yüzeyi arasındaki basınç farkından numunelerin hava geçirgenliği cihaz göstergesinden ft^3/ft^2 dk olarak okunan veriler 0.305 katsayısıyla çarpılarak metrik siteme çevrilir ve m^3/m^2 dk olarak kaydedilir [68].

1.3.1.2.4. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık) Ölçüm Cihazları

Kumaşların kılcallık özellikleri, DIN 53924 standardı esas alınarak numunenin su haznesine daldırıldığı durumda suyun kumaş içinde katettiği mesafenin belirli süreler sonunda ölçülmesi ile belirlenmiştir. Bunun için Mogahzy (2002) ve Wong (2001)'un çalışmalarında kullanılan düzenek hazırlanmıştır. Kılcallık düzeneği, distile su haznesi (beher) ve kumaş numunesinin distile su içine daldırılmasının temin eden destekten oluşmaktadır. Kâğıt kıskacı (»0.679gr), kumaş numunesinin düz durmasını temin edecek ağırlık vazifesi görür. Kumaş numunesinin su haznesine dikey olarak daldırıldığı durumda alınan ölçümler dikey kılcallık, yatay durumda iken alınan ölçümler yatay kılcallık değerleri olarak tanımlanmıştır. Kılcallık ölçüm düzenekleri Şekil 1.60 ve 1.61'de verilmiştir [41].



Şekil 1.60. Kılcallık ölçüm düzeneği –yatay yönde [41].



Şekil 1.61. Kılcallık ölçüm düzeneği –dikey yönde [41].

1.3.1.3. Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler

Giysi, insan vücudu ve çevre konfor kavramını oluşturan üç unsurdur [41]. Kişinin konfor hissini belirleyen ise, insan teni ile giysi arasında kalan ve mikroklima olarak da adlandırılan hava tabakasıdır. Mikroklima, Şekil 1.61'de görüldüğü gibi çevresel faktörler ile insan ve giysi faktörlerinden etkilenmektedir [59].



Şekil 1.62. Mikro klimayı etkileyen faktörler [50].

1.3.1.3.1. Çevre Faktörleri

Isıl konforu sağlamak için gerçekleştirilen ısı transferi etkileyen çevre faktörleri;

Sıcaklık, daha yüksek hava sıcaklıklarında, ısı kaybı daha azdır. Eğer çevre sıcaklığı deri sıcaklığının üzerine çıkarsa, vücut ısı kaybetmek yerine, çevreden ısı alır [50].

Rutubet, havadaki rutubet miktarı (nem yoğunluğu) deriden çevreye buhar formunda nem akışını (terleme) belirler. Genellikle, derideki nem yoğunluğu çevreden fazla olduğu için, deriden buharlaşma ile ısı kaybı gerçekleşir. Tersi durumlarda (çevre nem yoğunluğunun deriden fazla olması durumunda) insan aşırı rahatsızlık hisseder [50].

Rüzgar hızı, konveksiyon ve ışıma ile ısı iletiminde, artan rüzgar hızı ile ısı iletimi de artar. Bu yüzden eğer hava rüzgârlı ise, vücut soğuk havada daha çabuk soğur, sıcak havada daha çabuk ısınır [50].

Çevre havadaki hareket, giysinin dışındaki durgun hava tabakası, dıştaki kumaş katmanının hava geçirgenliğine bağlı olarak, gözenek ve açıklıklarından girerek aradaki hava tabakasını olumsuz yönde etkiler. Çünkü kumaş katmanları arasındaki hava ne kadar hareketsiz olursa giysinin ısı yalıtımı o kadar yüksek olur [50].

Giysi, rüzgâr veya giyenin hareketleri sonucu hareket edebilir. Rüzgârın giysiye uyguladığı basınç ile giysinin kalınlığı azalır. Bu durum, kumaş katmanları arasındaki havayı sıkıştırarak, çevredeki hava ile yer değiştirmeye zorlar [54].

1.3.1.3.2. İnsan Faktörleri

Konforu belirleyen bir diğer faktör vücut aktiviteleri, özellikle de ağır aktiviteler sonucu veya psikolojik duruma bağlı olarak vücut sıcaklığının artması ile birlikte ısıl dengenin kontrolü için terlemenin meydana gelmesidir. İki çeşit ter mevcuttur;

1. Vücuttan buharlaşarak hissedilmeyen ter.
2. Sıcak ortamlarda sıvı formunda oluşan ve hissedilen ter.

Ter-giysi-konfor ilişkisini açıkladığımızda; ter hissedilmeyen şekilde kaldığı sürece, vücut nispeten konforludur. Ancak bu buharın hemen uzaklaştırılmaması, vücut çevresindeki bağıl nemi arttırır, dolayısıyla vücut nemli ve yapışkan hissedilir. Yani konfor kaybolur [50].

İlk olarak, deri ıslandığında giysi de ıslanmaya başlar, sonra yapışkan bir hal alır, giysi ve deri arasındaki sürtünmenin artması, dokunma hislerince beyine iletilerek bulunulan durum konforsuz olarak değerlendirilir [50].

İkinci olarak, yaş giysi çok hızlı bir şekilde soğur. Bu olay hareket sırasında gerçekleşirse; giysi deriden uzaklaştığında içerdiği rutubet buharlaşırken soğur ve giysi tekrar vücuda temas ettiğinde güçlü bir soğukluk hissine neden olur [50].

1.3.1.3.3. Giysi Faktörleri

Giysiler vücut üzerinde ısı geçişine karşı direnç oluşturduğundan, vücut sıcaklığını ve ısı kayıplarını, dolayısıyla kişinin termal konfor algısını önemli ölçüde etkilemektedir [48].

Bir giysi, vücut ile çevre arasındaki ısı transferini doğrudan etkilediği için, giysilerden vücut ve çevre arasındaki ısı akışını desteklemesi, diğer bir deyişle vücudun ısı dengesini korumaya yardımcı olması istenir. Giysiler, farklı atmosferik koşullarda kalan kişinin vücut sıcaklığını sürdürmesi için tampon olarak çalışırlar. Yani giysinin görevi, dış çevre şartları ve fiziksel aktiviteler büyük değişim gösterse bile, vücut sıcaklığını ortalama değerde tutacak bir ısı düzenleme sistemi oluştururlar [50].

Vücut çok ağır aktiviteler sırasında sıcaklığını artıracak şekilde ısı enerjisi üretir. Bu sıcaklığı düşürebilmek amacıyla, vücutta sıvı veya buhar şeklinde terleme meydana gelir. Terleme atmosfere transfer edildiğinde, vücuttan ısı taşır ve serinlik hissi oluşur. Bu nedenle, giysiler terin vücuttan geçişine izin vermelidir. Aksi takdirde konforsuzluk meydana gelecektir.

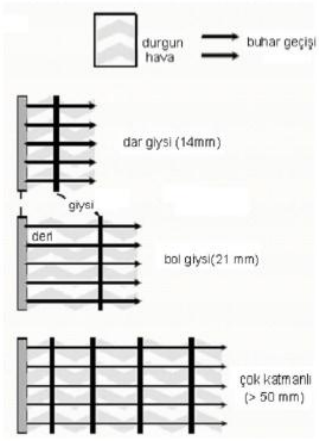
Isıl konfor açısından ideal kumaşta olması gereken özellikler;

- Soğuktan koruma için yüksek ısıl direnç
- Ilımlı ısıl ortam şartlarında etkin ısı transferi için yeterli su buharı geçirgenliği
- Yüksek ısıl ortam şartlarında terlemeden dolayı oluşan rahatsız edici temas hissini elimine etmek ve etkin bir ısı transferi sağlamak için hızlı sıvı akışıdır [50].

1.3.1.3.3.1. Kumaş Bileşenleri

Giysi birkaç tabakadan oluşuyorsa, tabakalar arasında bulunan ve malzemenin en dışında yer alan havanın özellikleri önemli hale gelir [50].

Şekil 1.63'te toplam ısı ve su buharı direncine kumaş ve hava katmalarının etkisi gösterilmiştir. Giysi vücudu sıkıca sarıyorsa, serbestçe duran giysiden daha az hava içerir. Birkaç tabakadan oluşuyorsa, toplam izolasyon, her bir tabakanın tek başına sahip olduğu izolasyon değerinden büyük olacaktır [50].



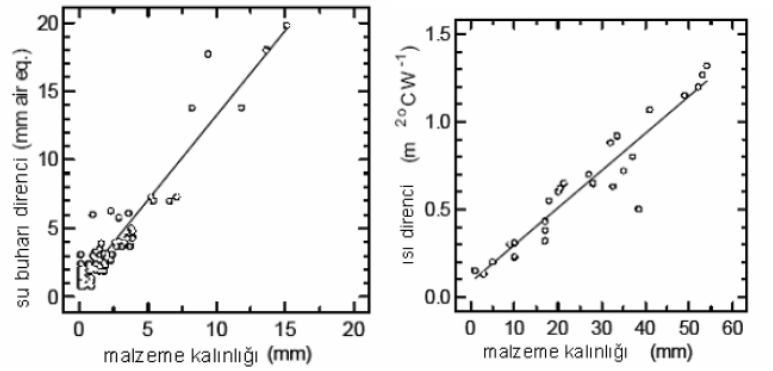
Şekil 1.63. Toplam ısı ve su buharı direncine kumaş ve hava katmalarının etkisinin şematik gösterimi [50].

1.3.1.3.3.1.1. Kumaş Kalınlığı

Giysi malzemesinin kalınlığı, giysinin ısıl ve buhar iletkenliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir (Şekil 1.64). Şekil 1.65'te malzemenin kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça, malzemenin ısıl ve buhar direnci artıp, geçirgenliğinin azaldığı gösterilmiştir [50].



Şekil 1.64. Kumaş kalınlığı.



Şekil 1.65. Giysi kumaş kalınlığının su buharı direnci (a) ve ısı direnci (b) arasındaki ilişki [50].

1.3.1.3.3.3. Örgü Tipi

Giysinin ısıl geçirgenliği, kumaş içerisindeki hava boşluklarının sayısına bağlıdır. Tekstil liflerinin ısıl iletkenlikleri durgun havadan yüksektir. Bu yüzden, ideal yalıtkan malzeme durgun havadır. Hacimli malzemeler yapıları nedeniyle, içlerinde fazla hava tutma kapasitesine sahiptirler [49].

Örneğin;

- Dış giysilik bir kumaş (%25 lif + % 75 hava)
- Battaniye (% 10 lif + % 90 hava)
- Kürk ceket (%5 lif + %95 hava) dan oluşmaktadır [49].

Diğer bir deyişle, ısı yalıtımı yüksek bir tekstil malzemesinin içyapısında yüksek miktarda hava bulunmalıdır. Isı yalıtımında lif dağılımının önemi ikinci sıradadır. Tekstil yüzeyinin özel bir malzeme ile kaplanması bu özellikleri elbette etkileyecektir. Son yıllarda konforu yüksek giysilerin üretiminde, iç ve dış katmanlarında birbirinden bağımsız iplikler kullanılan, çift katlı (çift taraflı, çift yüzlü) kumaşlar tercih edilmektedir. Örneğin çift katlı kumaşlar için;

- İç katmanda nem transfer özelliğine sahip naylon (PA), poliester (PES), polipropilen (PP) ve poliakrilonitril (PAC) gibi sentetik materyal,
- Dış katmanda nem absorbe yeteneği yüksek olan pamuk, yün, rayon gibi doğal liflerin ve karışımlarının kullanılması oldukça yaygındır.

Bu kumaşlarda; Sentetik materyal, teri kapiler (kılcal) etki ile emme yeteneği yüksek olan dış yüzeye hızla iletir. Emici olan dış tabaka, sentetik iç tabakanın depolama özelliği olmadığı için, aşırı tere tampon görevi yapar. Bu aşırı ter, eğer bir ara katman yoksa daha sonra dış tabakadan çevreye iletir [50].

Sonuç olarak giyside kuruluk hissi ve konfor sağlanmaktadır. Aksi durumda yani, pamuk gibi doğal liflerin iç katmanda kullanıldığı sistemlerde, ter dış katmana iletilemediği için kumaşın iç yüzeyi ıslak kalmaktadır. Sentetik liflerin, kumaşın iç katmanında kullanıldığı sistemlerde nem transferinin başarısı deneysel olarak da kanıtlanmıştır [50].

1.3.1.3.3.4. İplik Tipi

Deri ile temas eden giysilerde giysi konforu, nem iletimi ve nem depolama kapasitesiyle bir derece sınırlandırılmıştır. Bu tür giysilerin kullanımında deri hassasiyeti önemlidir. Düzgünsüzlük, lif sertliği, iplik bükümü, geliştirilmiş efektler, tekstüre derecesi ve ilmek yapısı gibi faktörler, giyside yırtılma, sıkma, darlık hissi, ısı hassasiyeti gibi olumsuz etkilere neden olabilir. Bundan dolayı kumaşın iç ve dış yüzeylerinin yapısı ve özellikleri dikkate alınmalıdır [49].

1.3.1.3.3.5. Lif Tipi

Kumaşlarda konforu sağlamak için kullanılan liflerin sahip olması gereken özellikler şunlardır:

- Isı ve nem transferinin zayıflamaması için nem aldığında şişmelidir.
- Teri kolayca emmeli ve kuruluk hissi vermelidir.
- Ter kumaş katmanından hızlıca geçmeli, dışarı kolayca atılmalıdır.

Lif seçimi sırasında ilk akla gelen nokta, doğal liflerin genellikle sentetik liflerden daha iyi konfor sağladığıdır. Ancak, doğal lifler yukarıda sayılan konfor özelliklerinin tümünü aynı anda sağlayamamaktadır. Bazı modifiye tipleri dışında, sentetik lifler de bu özelliklerin tümüne sahip değildir. İşte bu nedenle, daha iyi bir konfor için giysi sistemlerinde birkaç lif beraber kullanılmaktadır. Bu liflerin beraber kullanılması ile

liflerin avantajları birleştirilirken, olumsuzlukların ortadan kaldırılması hedeflenmektedir [50].

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, 96 iğlik numune ring makinesinde ring eğirme tekniği ile Ne 24/1 ve Ne 20/1 numara % 100 pamuk iplikleri, Ne 24/1 ve Ne 18/1 metal içerikli özlü iplikler üretilmiştir. Ayrıca büküm metodu kullanılarak Ne 18 (özlü)/2 numara iplik ve Ne 20/1 numara pamuk ipliklerinin bükülüp ardından metal tellerle tekrar bükülmesi sonucu kompozit iplikler üretilmiştir. Buna ilave olarak numune kumaşların üretiminde piyasadan temin edilen 300 denye PES, Ne 30/1 Silcot (gümüş kaplı poliamid/pamuk), Ne 30/1 Polikarbon/pamuk kullanılmıştır. Bu iplik tipleri kullanılarak yuvarlak örme makinesinde elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu özellikte üç boyutlu sandviç örme kumaşlar üretilmiştir.

2.1. GEREÇ

Çalışma kapsamında iplik numunelerinin üretiminde hammadde olarak Urfa ST1 tipi pamuk kullanılmıştır. Kullanılan pamuk harmanına ait fiziksel özelliklerin tespitinde Premier Art cihazı kullanılmıştır. Toplam 988 balyadan oluşan harmandan tesadüfî olarak 234 balya seçilmiş ve her balyadan 4'er adet yapılan testlerin ortalama sonuçları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Pamuk harmanı fiziksel özellikleri.

UHML (Elyaf Uzunluğu)	UI (Uniformity index)	Mukavemet (gr/tex)	Uzama (%)	Mikroner
28,93	84,50	30,61	7,32	4,59

Pamuk hammaddesinin, balyadan numune ring makinesine gelinceye kadar işlendiği makine dizisi sırası ile Trützschler BO-A2300 Blendomat (balya açıcı), Trützschler SP-MF kaba temizleme, Trützschler CL-P ön temizleyici, Trützschler MX-I10 karıştırıcı, Trützschler CL-C3 Cleanomat (ince açıcı), Trützschler TC-03 tarak, Trützschler TD-03 1. Pasaj cer, Rieter E32 Unilap, Rieter E65 penyöz, Trützschler TD-03 2. Pasaj cer, Zinser 670 Rowemat fitil makinelerinden oluşmaktadır.

2.2. YÖNTEM

Çalışma kapsamında üretilen iplik numuneleri, Şekil 2.1'de gösterilen 96 iğlik numune ring makinesi ile Şekil 2.2'de gösterilen Ağteks "Directwist- 2B'' numune büküm makinesinde üretilmiştir. Numune ring makinesinin bilezik çapı 42 mm ve iğ aralığı da 70 mm'dir.



Şekil 2.1. 96 iğlik numune ring makinesi.



Şekil 2.2. Direct Twist – 2B makinesi.

2.2.1. Numune İplik ve Kumaşların Üretilmesi

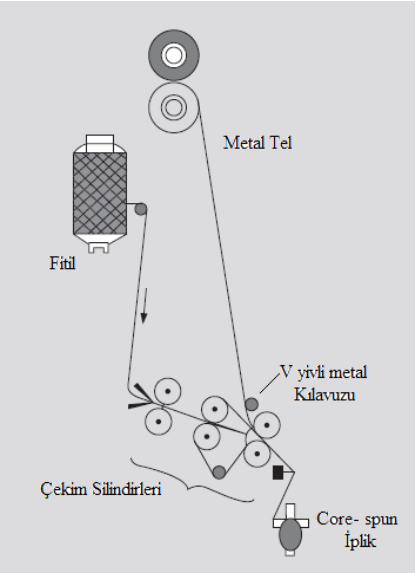
Numune ring makinesinde klasik ring eğirme sistemi ile Ne 24/1 ve Ne 20/1 numara % 100 pamuk iplikleri, Ne 24/1 ve Ne 18/1 paslanmaz çelik tel (Stainless Steel-SS) içerikli kompozit iplikler üretilmiştir. Ne 18/1 numara özlü iplikler numune büküm makinesinde Ne 18/2 numara iplik haline getirilmiştir. Ring makinesinde üretilen Ne 20 numara pamuk iplikleri numune büküm makinesinde bükülüp yine aynı makinede kompozit iplik haline getirilmiştir. Buna ilave olarak numune kumaşların üretiminde piyasadan temin edilen 300 denye PES, Ne 30/1 Silcot (10/90), Ne 30/1 Polikarbon pamuk (10/90) kullanılmıştır. İplik üretimi tamamlandıktan sonra numune örme kumaşların üretimine geçilmiştir.

2.2.1.1. Numune İpliklerin Üretilmesi

Numune ipliklerin bir kısmı ring core (özlü) eğirme metoduyla eğrilmiş bir kısmı da numune büküm makinesinde bükülerek üretilmiştir.

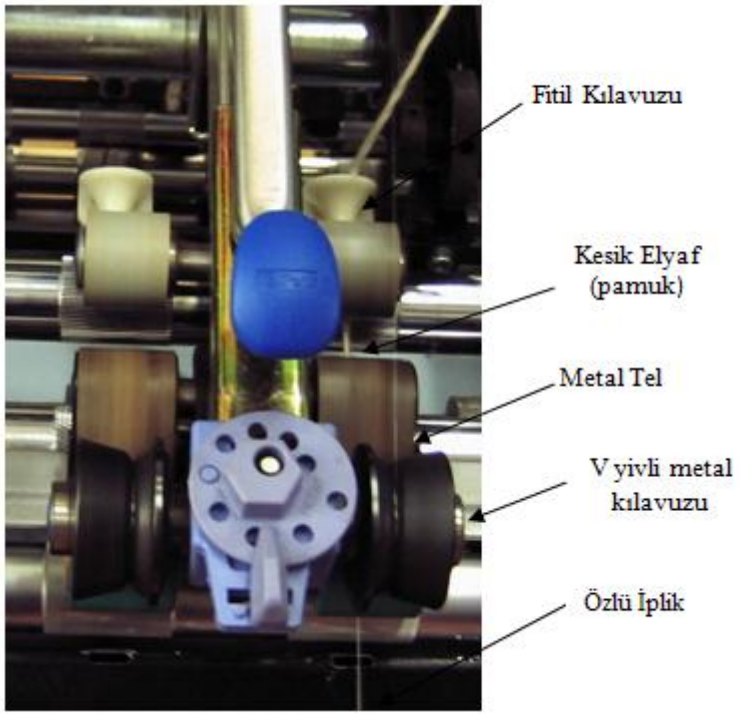
2.2.1.1.1. Ring Özlü İplik Eğirme Metodu

Özlü iplik eğirme metodu, esas olarak, modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde, öz iplik üzerine doğal veya kimyasal elyaf sarılması temeline dayanmaktadır. Çalışmada, öz iplik olarak metal tel üzerine penye pamuk elyaf sarılmıştır. Kısa stapel lifler ile metal, çekim sisteminin ön silindir çiftinin kıstırma noktasında birbirleri ile birleşir. Metalin çekim sistemine beslenebilmesi için ring iplik eğirme makinesine ilave bir besleme tertibatı (v yivli metal kılavuzu) gerekmektedir. Şekil 2.3'te özlü iplik eğirme metodunun şematik görünümü görülmektedir.



Şekil 2.3. Özlü İplik eğirme metodunun şematik görünümü [51].

Çalışmadaki özlü iplik üretimi, numune ring makinesinde Pinter firmasının özlü iplik aparatı ilavesi ile yapılmıştır. Şekil 2.4 (a) ve (b)'de çalışmadaki özlü iplik üretimine uygun şekilde modifiye edilmiş ring makinesinde çekim bölgesinin resimleri görülmektedir.



(a)

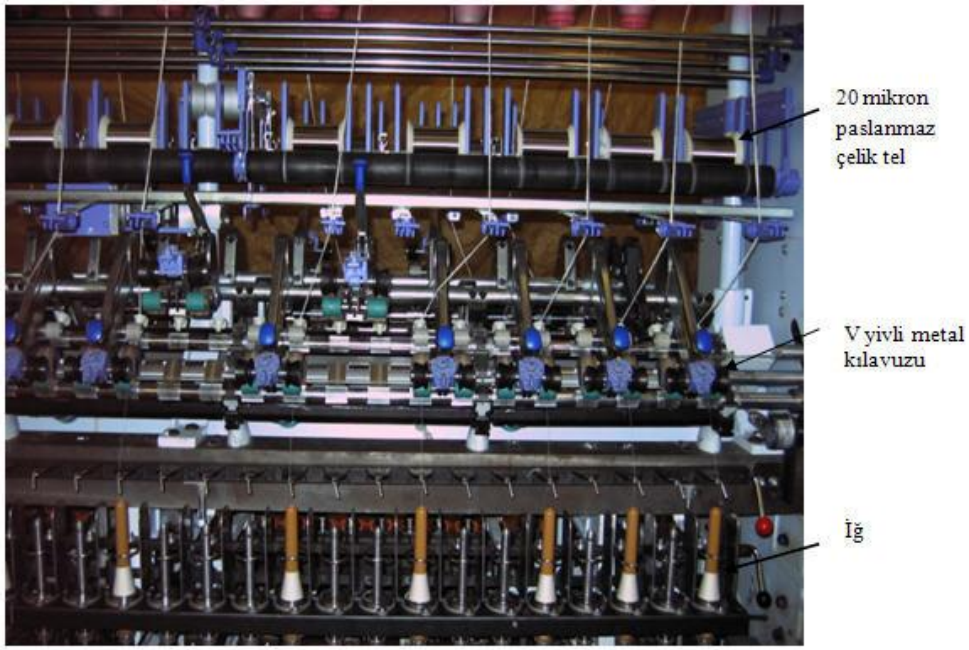


(b)

Şekil 2.4. Özlü iplik eğirme metodu.

Özlü ipliklerin üretiminde, penye hattından gelen Ne 0.85 inceliğindeki, bükümü 44 T/m olan fitiller kullanılmıştır. Ne 24 numara % 100 penye triko iplikler ve metal içerikli özlü iplikler üretilmiştir. İplik büküm değerleri α_e 3.7'ye göre ayarlanmıştır. Tüm metal içerikli ring özlü iplikler için metal çekimi "1" alınmıştır.

Çalışma kapsamında, ring makinesinde üretilen özlü ipliklerin üretiminde kullanılan 20 mikron SS telin numune ring makinesi üzerindeki yerleşimi görülmektedir (Şekil 2.5).

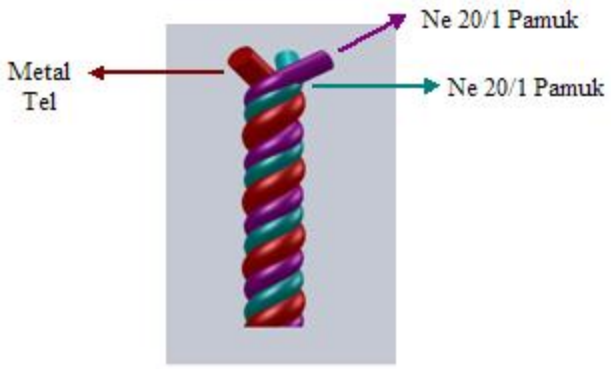


Şekil 2.5. 20 µ SS tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi.

2.2.1.1.2. Büküm Metodu

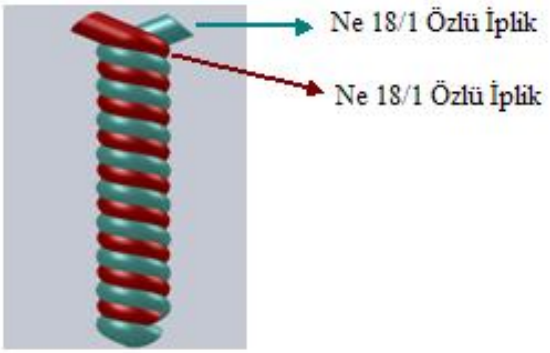
Ağteks Direct Twist - 2B numune büküm makinesinde çift iplikle klasik büküm yöntemi kullanılarak 250 Tur/m tur sayısında 20 µ ve 35 µ SS tel içerikli kompozit iplikler üretilmiştir.

Çift iplikle klasik büküm yönteminde; bobin tutuculara yerleştirilen iplik bobini (Ne 20) ve SS tel, iplik kılavuzu, iplik koptu sensörleri ve tansiyon cihazından geçirilmektedir. Hava yardımı ile döner diskten alınan iplik ve SS tel seramik iplik kılavuzuna ardından domuz kuyruğuna beslenmekte ve S yönünde büküme tabi tutulmaktadır. Bu yöntem ile 250 Tur/m tur sayısında SS tel içerikli kompozit iplikler üretilmiştir. İplik modeli Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Bu yöntemle üretilen metal içerikli iplikler, B7 ve B8 kodlu kumaşların dolgu ipliğinin üretiminde kullanılmıştır (Tablo 2.2).



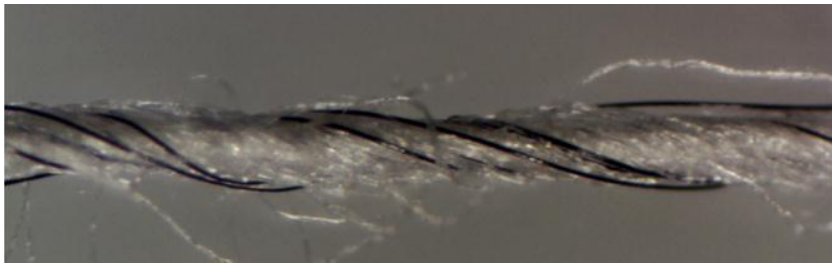
Şekil 2.6. Çift iplikle klasik büküm yöntemi ile üretilen kompozit iplik modeli.

Direct Twist – 2B numune büküm makinesinde tek iplikle klasik büküm yöntemi kullanılarak 250 Tur/m tur sayısında iki adet Ne 18/1 pamuk metal karışımı özlü iplik bükülerek Ne 18 (özlü)/2 numara iplik haline gerilmiştir. İplik modeli Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Bu yöntemle üretilen metal içerikli iplikler, B6 kodlu kumaşın dolgu ipliğinin üretiminde kullanılmıştır (Tablo 2.2).

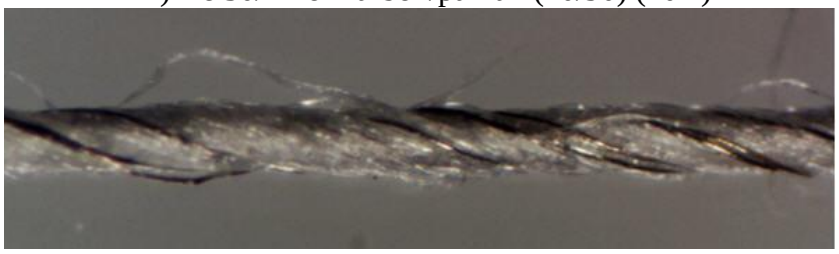


Şekil 2.7. Tek iplikle klasik büküm yöntemi ile üretilen kompozit iplik modeli.

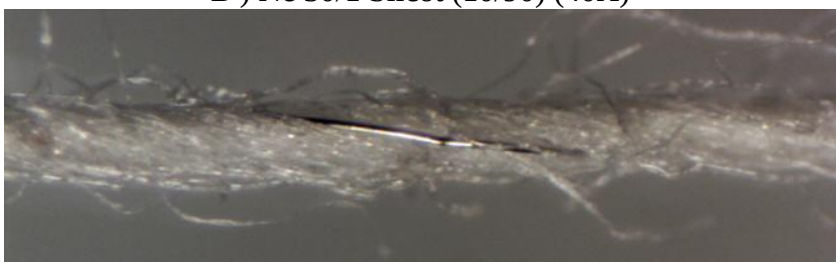
Çalışma kapsamında numune sandviç örme kumaşların üretiminde kullanılan 10/90 oranında polikarbon pamuk tek kat iplik (Şekil 2.8 - A), 10/90 oranında gümüş kaplı polyamid pamuk tek kat iplik (Şekil 2.8 - B), Ne 24/1 numara 20 µ SS tel içerikli özlü iplik (Şekil 2.8 - C), bükümlü (Ne 20/2 pamuk - 20 µ SS) kompozit iplik (Şekil 2.8 - D), bükümlü (Ne 20/2 pamuk - 35 µ SS) kompozit iplik (Şekil 2.8 – E), Ne 18/1 özlü iplik ve Ne 18/1 özlü ipliklerin bükülmesiyle elde edilen 18 (özlü)/2 iplik (Şekil 2.8 - F) görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.8'de tek katlı ipliklerin mikroskop altında 40X büyütmedeki görüntüleri, çift katlı ipliklerin 30X büyütmedeki görüntüleri görülmektedir.



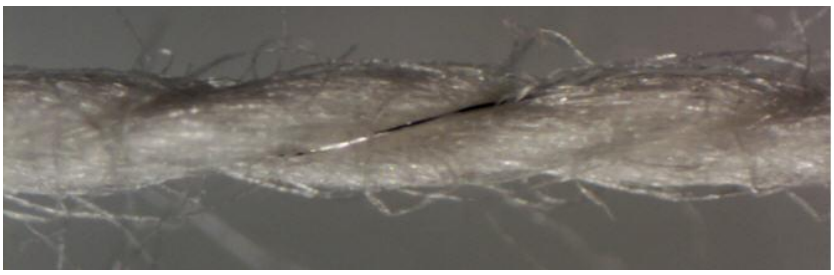
A) Ne 30/1 Polikarbon/pamuk (10/90) (40X)



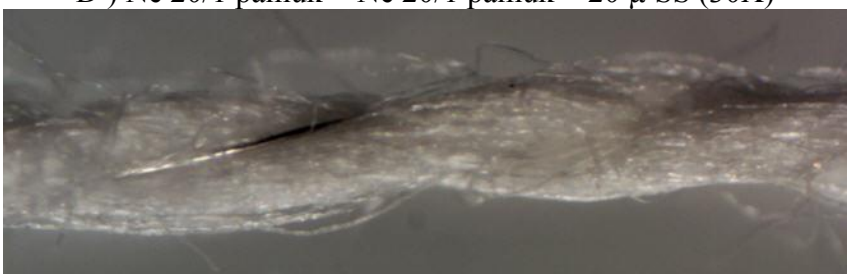
B) Ne 30/1 Silcot (10/90) (40X)



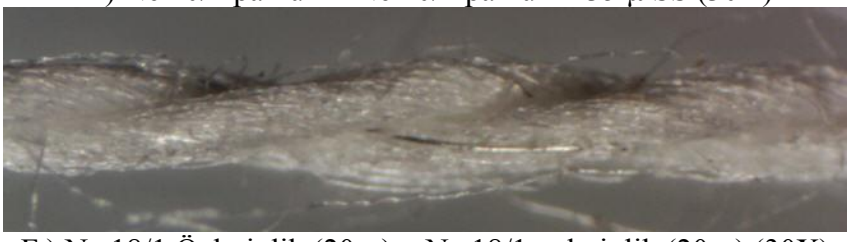
C) Ne 24/1 Özlü iplik (40X)



D) Ne 20/1 pamuk + Ne 20/1 pamuk + 20 µ SS (30X)



E) Ne 20/1 pamuk + Ne 20/1 pamuk + 35 µ SS (30X)



F) Ne 18/1 Özlü iplik (20 µ) + Ne 18/1 özlü iplik (20 µ) (30X)

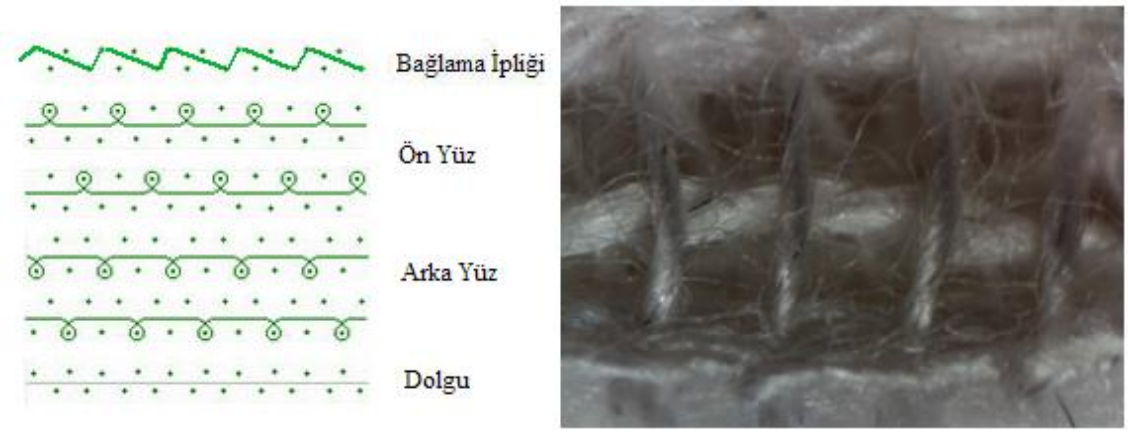
Şekil 2.8. Numune kompozit ipliklerin mikroskop altındaki görüntüleri.

2.2.1.2. Sandviç Kumaşların Üretimi

Çalışma kapsamında, numune sandviç kumaşların üretimi Mayer & Cie, OVJA 1.6 E model çift plaka yuvarlak örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kumaş numunelerinin kodları ve içerikleri Tablo 2.2'de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Numune kumaşların kodları ve içerikleri.

Kumaş Kodu	Ön Yüz	Bağlantı	Arka Yüz	Dolgu
1	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	300 denye PES
2	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 özlü iplik	300 denye PES
3	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 özlü iplik	300 denye PES
4	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 pamuk	300 denye PES
5	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 özlü iplik
6	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 18 (özlü)/2
7	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 20/2 pamuk+20 µ SS (Büküm)
8	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 20/2 pamuk+35 µ SS (Büküm)
9	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 30/1 polikarbon/ pamuk
10	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 24/1 özlü iplik	Ne 30/1 silcot
11	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	Ne 30/1 silcot	300 denye PES
12	Ne 30/1 silcot	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	300 denye PES
13	Ne 30/1 polikarbon/ pamuk	Ne 24/1 pamuk	Ne 24/1 pamuk	300 denye PES



Şekil 2.9. Numune kumaşların örgü raporu ve ara yüz kesiti.

Üretilen numune kumaşlar ön ve arka yüz, bağlantı, dolgu ipliklerinden oluşmaktadır. Kumaşların her birinde örgü yapısı aynı olup hammaddeleri farklılık göstermektedir. Şekil 2.9'da numune kumaşların ön, arka, bağlantı ve dolgu ipliklerinin oluşturdukları örgünün iğne diyagramı verilmiştir.

Tez çalışması kapsamında temin edilen iplikler Boyteks A.Ş. Örme İşletmesi'nde bulunan Mayer & Cie markalı yuvarlak örme makinesinde örülerek sandviç yapıda numune kumaşlar elde edilmiştir. Makine, çift plakalı olup, silindir iğneleri elektronik kontrollü, kapak iğneleri mekanik kontrollü, silindir iğneleri 3 yol tekniği ile, kapak iğneleri ise 2 yol tekniği ile çalışmaktadır. Üretim 12 tur/dakika hızda gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.10'da makinenin fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 2.10. Mayer & Cie, OVJA 1.6 E 3WT model çift plaka yuvarlak örme makinesi.

Mayer & Cie firması üç boyutlu kumaş üretimini kolaylaştırmak için makineler üzerine özel bir aparat geliştirmiştir. Firma çift yataklı makinelerine 'spacer aparatı' denilen bir aparatı opsiyonel olarak sunmaktadır. Söz konusu aparat dokuma makinelerinde kullanılan taraklarda olduğu gibi ön yüzey ve arka yüzey kumaşların tefelenmesini sağlayarak kumaşların örgü oluşum bölgesine kaymasını önlemekte ve ara açıklığın sabit kalmasını sağlamaktadır [37].

2.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler

Kumaş numunelerine uygulanan testler üç grupta incelenmiştir. İlk grup kumaş numunelerinin fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi için uygulanan testlerdir. İkinci grup ise çalışmanın temel konusu olan numune kumaşların kalkanlama etkinliğinin (SE-Shielding Effectiveness) tespit edilebilmesi için uygulanan testlerdir. Üçüncü grup ise kumaş numunelerinin konfor özelliklerinin belirlenebilmesi için uygulanan testlerdir.

2.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler

Numune kumaşların fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla kumaş kalınlık ölçümü, eğilme dayanımı, patlama mukavemeti testleri ve fotoğraf çekimi yapılmıştır.

2.2.2.1.1. Kumaş Kalınlık Ölçümü

Üretilen numune sandviç kumaşların kalınlık testleri R&B Cloth Thickness Test cihazında (Şekil 2.11) ASTM 1777 D standardına göre yapılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyeti 0,01 mm'dir. Test alanı olarak 1 cm^2'lik kumaş yüzeyi alınmıştır. Her bir kumaş tipi için 10 ölçüm yapılarak ortalaması tespit edilmiştir. Cihazda ölçümler en düşük değer olan 5 kgf/cm^2 basınç ayarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.11. Kalınlık ölçüm cihazı.

2.2.2.1.2. Kumaşlarda Gramaj Tayini

Kumaşta gramaj tayinleri belli bir alanın veya belli bir uzunluğun ağırlığı yani birim alanın ağırlığıdır. Kumaşta en çok kullanılan kumaşın l metrekaresinin g cinsinden ağırlığıdır. Bu çalışmada, kumaşlardan 10 x 10 cm^2'lik parçalar alınıp hassas terazide tartılmış ve elde edilen değer 100 ile çarpılmak suretiyle kumaşın gramajı g/m^2 cinsinden belirlenmiştir. Her bir kumaş numunesinden beş adet ölçüm yapılıp ölçümlerin ortalama değerleri alınmıştır. Yapılan kumaş gramaj testleri için TS 251 standardı esas alınmıştır.

2.2.2.1.3. Eğilme Dayanımı Testi

Numune kumaşların eğilme dayanımı testleri Hochschule Niederrhein Üniversitesi laboratuvarında bulunan Cantilever Bending Tester cihazında DIN 53362 standardı esas alınarak yapılmıştır. Sandviç yapıdaki örme kumaşların her iki yüzeyinin eğilme dayanımı özellikleri incelenmiştir. Ayrıca eğilme dayanımı testi kumaşların dikey ve yatay yönleri için de yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler (2.1) ve (2.2) denklemlerinde kullanılarak kumaşların eğilme dayanımları hesaplanmıştır.

$$F_1 = g \times m/l \qquad (2.1)$$

F_1 : Lineer ağırlık kuvveti (mN/cm)

m : Kütle (g)

g : Yer çekimi ivmesi (9.80665 m/s^2)

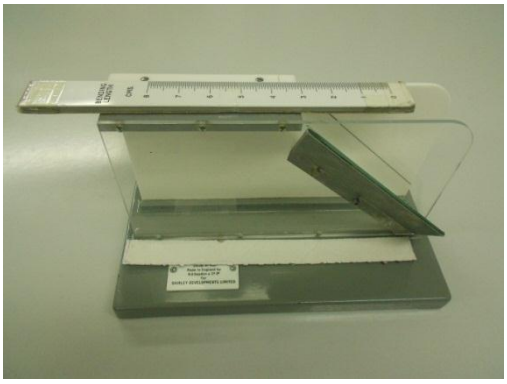
l : Uzunluk (cm)

$$B = F_1 \times (l_ü/2)^3 \qquad (2.2)$$

B : Eğilme dayanımı ($mN.cm^2$)

$l_ü$: Eğilme sonrası uzunluk

Şekil 2.12'de eğilme dayanımı ölçüm cihazının fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 2.12. Eğilme dayanımı ölçüm cihazı.

2.2.2.1.4. Patlama Mukavemeti Ölçümü

Kumaşlar kullanım esnasında çok yönlü kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Özellikle de örme kumaşlarda patlama mukavemeti son derece önemlidir. Patlama mukavemeti; bir kumaşın ani bir kuvvetle yırtılması için gerekli olan dikey basıncın miktarı olarak tanımlanabilir. Üretilen numune kumaşlara, patlama mukavemeti testi TS EN ISO 13938-2 standardına göre Truburst James H.Heal marka test cihazında (Şekil 2.13) uygulanmıştır. Her kumaş numunesinden 70 mm aralıklarla her iki yüzeyinin 5 değişik yerinden ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmıştır. Ölçümler, patlama süresi 20±2 sn'ye ayarlanarak yapılmıştır.



Şekil 2.13**.** Truburst patlama mukavemeti test cihazı.

2.2.2.1.5. Fotoğraf Çekimi

Numune kumaşların fotoğraf çekimi Olympus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.14).



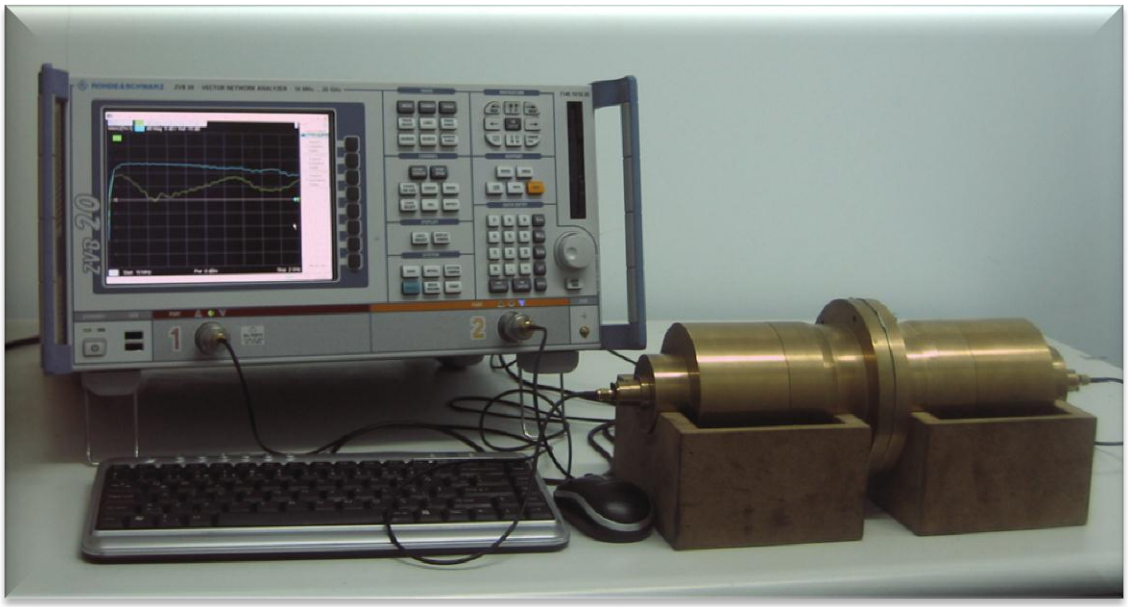
Şekil 2.14. Olympus SZ61 stereo mikroskop.

2.2.2.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Kumaş numunelerinin kalkanlama etkinliklerinin (SE) ölçümü koaksiyel tutucu metodu (Coaxial Holder Method) ve spektran metodu olmak üzere iki ayrı ölçüm metodu ile yapılmıştır.

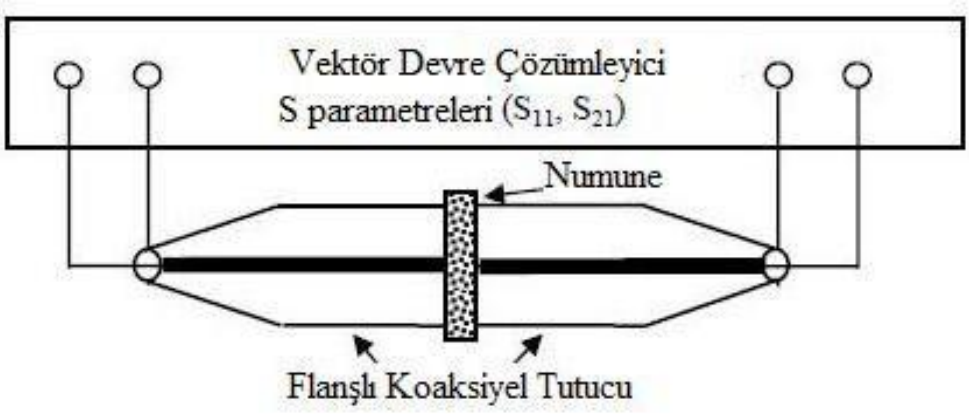
2.2.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçümleri

Kumaş numunelerinin SE ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde, Erciyes Üniversitesi laboratuvarında bulunan, ASTM D-4935 standardına uyarlanarak yapılan ölçüm aparatı kullanılmıştır. Şekil 2.15'te ölçümlerin yapıldığı test düzeneği görülmektedir.



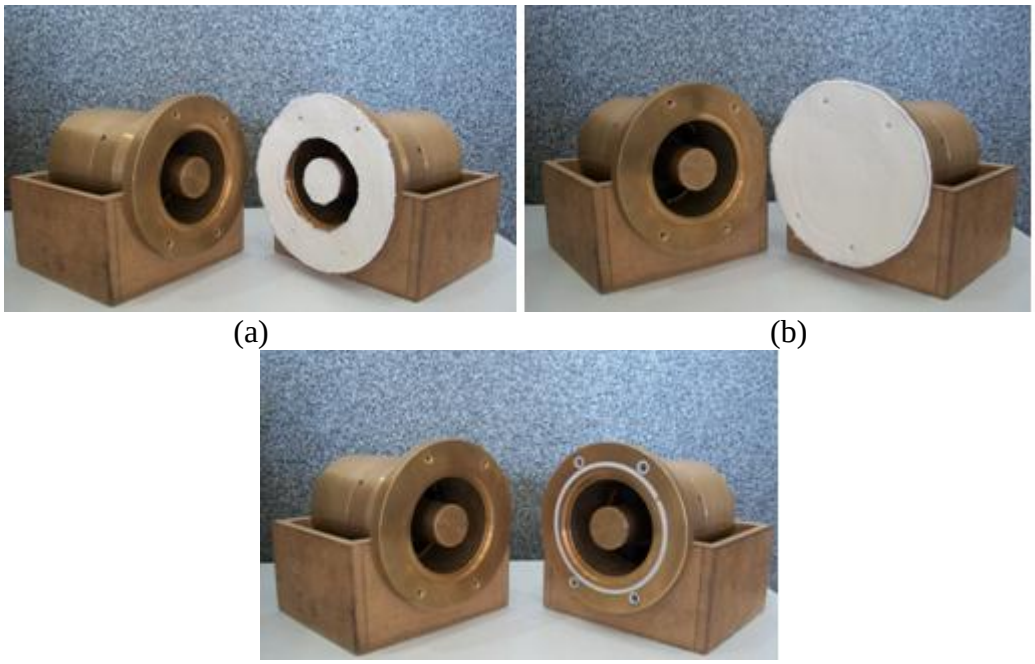
Şekil 2.15. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği.

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 kalkanlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkıları belirlenebilmektedir. Koaksiyel Tutucu metodu ile SE ölçümlerinin yapıldığı ölçüm test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 2.16'da görülmektedir.



Şekil 2.16. Koaksiyel tutucu metodu test düzeneği şematik görünümü.

Kumaş numunelerinin SE değerlerini belirleyebilmek için ölçüm aparatında (Şekil 2.17-c) ölçümler iki basamakta gerçekleştirilmiştir. Birinci basamakta, referans değerler için referans ölçüm yapılmıştır (Şekil 2.17-a) İkinci basamakta ise ölçüm alanına uygun olarak 133 mm dairesel formda hazırlanan test numunelerinin ölçümleri yapılmıştır (Şekil 2.17-b). Her bir kumaş tipi için üçer tekrarlı ölçümler yapılmış ve ortalama değerleri bulunmuştur.

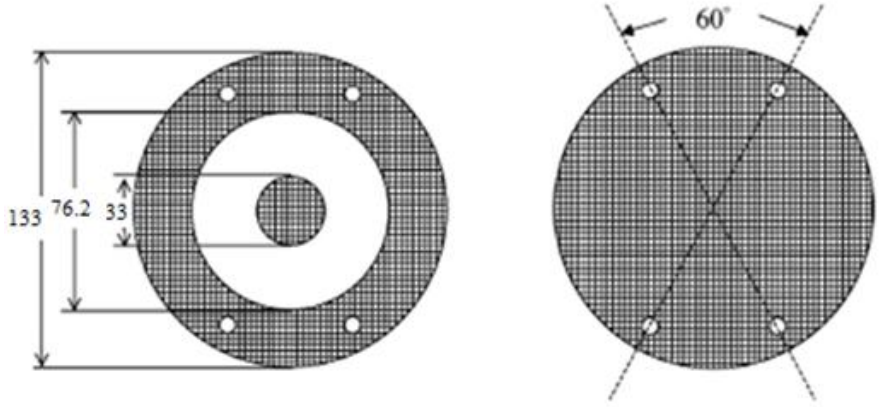


(a) (b)

(c)

Şekil 2.17. Ölçüm aparatının test adaptörü.

Bu metottaki test adaptörünün dış iletken iç çapı (D) 76.2 mm ve iç iletken dış çapı (d) 33 mm'dir. Şekil 2.18'de test adaptörünün şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.18. ASTM D4935-99 ile uyumlu bir metot için test adaptörü.

Ölçümler sonunda, kumaş numunelerinin herbiri için network analizörden S_{21} değerleri alınmıştır. Kumaşların kalkanlama etkinliği değerleri belirlenirken (2.3) denklemi kullanılmıştır.

SE (dB) = Referans ölçüm sonucu (dB) - Zayıflatma ölçüm sonucu (dB) (2.3)

(2.3) denklemi kullanılarak elde edilen sonuçlar negatif çıktığında o frekans için SE değeri sıfır kabul edilmiştir.

Ölçüm aparatının üst frekansının maksimum değerini hesaplamak için (2.4) denklemi kullanılmıştır [13].

$$f\text{max} < \frac{c}{\frac{\pi}{2}(D+d)} \quad (2.4)$$

c - ışık hızı ($3x10^8$m/s).

D – Dış iletken iç çapı (mm).

d - iç iletken dış çapı (mm).

(2.4) denklemi ile elde edilen sonuca göre ölçüm aparatımızın üst frekansının maksimum değerinin 1.73 GHz'i aşmaması gerektiği bulunmuştur. SE ölçümlerinde alt frekans değeri ise 30 MHz olarak alınmıştır.

2.2.2.2.2. Spektran (Işıma Yoğunluğu Ölçer) Yöntemi ile Yapılan SE Ölçümleri

Kumaş numunelerinin SE ölçümleri, spektran metodu ile de yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde, Hochschule Niederrhein Üniversitesi laboratuvarında elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümü için geliştirilen bir ölçüm aparatı kullanılmıştır. Yankısız oda tekniğini esas alan bu metotta, kalkanlama alanı alüminyum folyoyla kaplı bir karton silindir aracılığıyla sağlanmıştır. 446 MHz frekansa sahip bir telsiz telefon karton silindirin içine yerleştirilmiştir. Spektran adı verilen ölçüm cihazı Şekil 2.19'daki gibi yerleştirilmiş ve network analizör cihazına bağlanmıştır. Ölçümler ilk olarak numune kumaş olmadan yapılmış ve referans değer olarak kaydedilmiştir. İkinci aşamada ise ölçüm alanına numune kumaşlar yerleştirilerek test yapılmıştır.

Yankısız oda metodunda kalkanlama özelliğine sahip kumaşların SE ölçümleri, alıcı ve verici antenlerin yatay ve dikey pozisyonları için [23], yeni geliştirilen spektran metodunda ise kumaşların yönleri değiştirilerek yatay ve dikey polarizasyonlardaki SE değerleri ölçülmüştür.



Şekil 2.19. Spektran metodu test düzeneği

Test sonuçları, (2.5) denklemine göre analizör tarafından hesaplanmıştır.

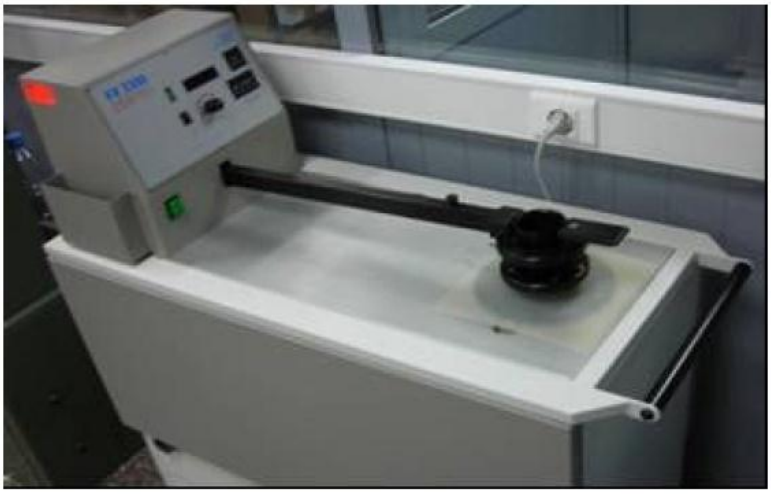
$$dB = 10 \log (P_1/P_2) \quad (2.5)$$

2.2.2.3. Kumaşların Termofizyolojik Konfor özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler

Kumaş numunelerinin termofizyolojik konfor özelliklerinin belirlenmesi için kumaşlara hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve ısıl direnç testleri uygulanmıştır.

2.2.2.3.1. Kumaşların Hava Geçirgenlik Testi

Sandviç yapıdaki kumaş numunelerinin hava geçirgenliği testi Hochschule Niederrhein Üniversitesi laboratuarında bulunan FX 3300 cihazında CSN EN ISO 9237 standardı esas alınarak 100 Pa basınç altında yapılmıştır. Her bir kumaş numunesinin ön ve arka yüzeyleri için 5'er tekrarlı ölçüm yapılmıştır. Şekil 2.20'de gösterilen bu cihazda kumaş 20 cm^2'lik test kafasının altına yerleştirilmekte ve test kafası kumaşın üzerine bastırılarak kompresörden gelen havanın kumaşın içinden geçmesi sağlanmaktadır. Kumaşa uygun hava basıncı cihaz üzerindeki skaladan ayarlanmakta, test sonuçları $l/m^2/sn$ cinsinden alınmaktadır [57].



Şekil 2.20. Hava geçirgenliği test cihazı FX 3300 [57].

2.2.2.3.2. Kumaşların Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Testi

Kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği testi Hochschule Niederrhein Üniversitesi laboratuarında bulunan PERMETEST cihazında ISO 11092 standardı esas alınarak yapılmıştır. Cihaz, kumaşın ıslak ölçüm platformundan difüzyona açık konumda absorbe ettiği su (sıvı) miktarındaki en küçük değişimi belirleyerek su buharı geçirgenliğini ölçmektedir. Cihaz bağıl su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçlarını (2.6)

denkleminde verilen eşitlikle otomatik olarak hesaplamaktadır. Permetest ölçüm cihazı Şekil 2.21'de, ölçüm mekanizması Şekil 2.22'de gösterilmiştir.

Bağıl su buharı geçirgenliği (rwvp);

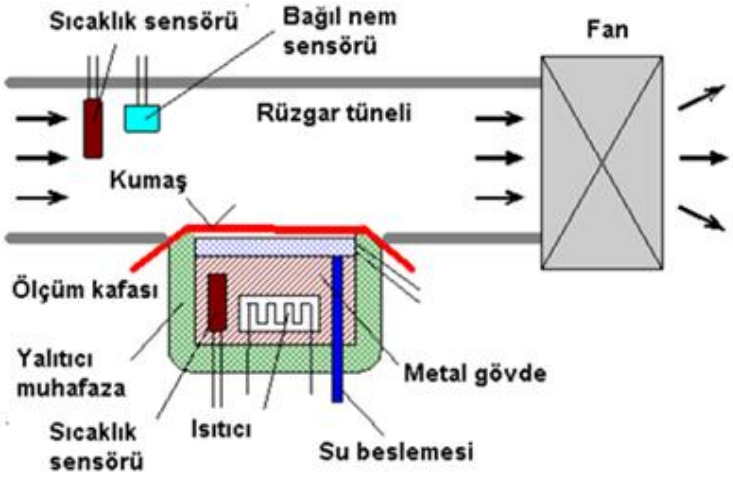
$$r_{wv} = q' h_s / q' h_0 \times 100 \quad (2.6)$$

$q' h_0$: ölçüm kafasında numune olmadığı durumdaki ısı akımıdır.

$q' h_s$: ölçüm kafası bir numuneyle kaplı olduğunda sıvıda meydana gelen ısı kaybı



Şekil 2.21. Permetest su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı.



Şekil 2.22. Permetest cihazının ölçüm mekanizması [45].

2.2.2.3.3. Kumaşların Isıl Direnç Testi

Kumaşların ısıl direnç testleri Hochschule Niederrhein Üniversitesi laboratuarında bulunan PERMETEST cihazında ISO 11092 standardı esas alınarak yapılmıştır. Bu cihaz, termal eylemsizliği insan derisine benzer olan özel bir ısı akış ölçüm sistemine sahiptir ve kuru haldeki ısı geçirgenliği (veya direnç) değerini ölçebilmektedir.

2.2.3. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune olarak üretilmiş olan kumaşlara uygulanan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, iki faktörlü ve tek faktörlü tamamen tesadüfî dağılımlı varyans analizi tekniklerinden uygun olan metot seçilerek kullanılmıştır.

Üretilen numune kumaşların fiziksel özelliklerinin, konfor özelliklerinin ve koaksiyel tutucu metoduyla yapılan kalkanlama test sonuçlarının değerlendirilmesinde tek faktörlü, spektran yöntemiyle yapılan kalkanlama test sonuçlarının değerlendirilmesinde ise iki faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniği kullanılmıştır.

Varyans analizlerinin gerçekleştirilmesinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. Bu programda, verilere ait varyans analizi sonucunda bulunan F-istatistik (F_s) değerleri, I. tip hata $\alpha = 0,05$ için bulunan $F_{0.05,n,t}$ tablo değerleri ile karşılaştırılmakta ve buna göre faktörün önem durumu belirlenmektedir.

Kumaş verileriyle ilgili olarak gerçekleştirilen varyans analizlerine ve Tukey testlerine ait SPSS istatistik programı sonuçları ayrıntılı olarak 4. Bölüm'de verilmiştir. Bu sonuçlarda; varyans analizi sonucunun $Fs \rangle F_{0.05,n,t}$ olduğu durumlarda fark değeri (I-J) üzerine konan yıldız ile belirtilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan tek ve iki faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniklerinin matematiksel modelleri ve kullanılan hipotezler şu şekildedir:

Tek faktörlü varyans analiz tekniği

$$Y_{ij} = \mu + A_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : A faktörünün j'inci seviyesindeki i'inci gözlem

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

Aj : A faktörünün j'inci seviyesindeki etkisi j =1,2,.....,a

ε_{ij} : A faktörünün j'inci seviyesindeki i'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata 1,2,…,b

Bu tasarımda hipotez,

Ho1: Aj = 0 bütün j'ler için

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

tasarımda hipotezler,

Ho1: Ai = 0 bütün i'ler için

Ho2: Bj = 0 bütün j'ler için

Ho3: ABij = 0 bütün ij'ler için

3. BÖLÜM

BULGULAR

Bu bölümde, gereç ve yöntem bölümünde belirtilen şekilde yapılan çalışmaların sonuçları tablolar şeklinde özetlenmiştir.

3.1. Numune Kumaşlara ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Sandviç yapıda üretilen numune örme kumaşların fiziksel, elektromanyetik kalkanlama ve termofizyolojik konfor özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan testlerin sonuçları tablolar halinde verilmiştir.

3.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Yapılan Test Sonuçları

Numune sandviç kumaşların her iki yüzeyinin patlama mukavemeti ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Numune kumaşların patlama mukavemeti değerleri.

Kumaş Kodu	Patlama Mukavemeti (kPa)	
	Ön Yüz	Arka Yüz
1	619.6	566
2	581.1	520.9
3	550.9	545.4
4	558.7	546.7
5	465.5	457.3
6	504.2	465.8
7	533	434.2
8	482.1	522.7
9	452.9	425.4
10	500.9	436.9
11	559.6	514.2
12	497.5	469.6
13	500	466.9

Numune sandviç kumaşların her iki yüzeyinin dikey ve yatay yönlerdeki eğilme dayanımı ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Numune kumaşların eğilme dayanımı değerleri.

Kumaş Kodu	Eğilme Dayanımı (mN/cm²)			
	Dikey Yön		Yatay Yön	
	Ön Yüz	Arka Yüz	Ön Yüz	Arka Yüz
1	76.8	64.5	153.6	69.8
2	107.3	81.4	114.4	119.1
3	104.2	97.4	154.8	109
4	74.3	63.6	77.3	90
5	48.7	39.7	68.7	54.9
6	70.9	91.2	164.3	110.7
7	71.5	74.4	109.8	88.1
8	102	82.4	168.7	94
9	47.8	53.3	125.6	60.7
10	52.9	51.4	97.5	59
11	55.5	71	100.6	57.4
12	39.1	82.9	78.6	78.5
13	67	58.6	83.5	70.7

3.1.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin Belirlenmesi için Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları

Bu bölümde, numune kumaşların elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu özelliğinin tespiti için, koaksiyel tutucu metodu ve spektran metodu ile yapılan SE ölçüm sonuçları verilmiştir.

3.1.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları

Bu bölümde, kumaş numunelerinin kalkanlama etkinliği ölçümleri ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Ölçümler, ASTM D-4935 standardına göre yapılan ölçüm aparatında, 30 MHz-1.73 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları, 4. Bölüm'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

3.1.2.2. Spektran Yöntemi ile Yapılan Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları

Bu bölümde, kumaş numunelerinin kalkanlama etkinliği ölçümleri Spektran yöntemi ile yapılmıştır. Ölçümler, 446 MHz frekansında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları, 4. Bölüm'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

3.1.3. Kumaşların Termal (Isıl) Konfor Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçları

Sandviç yapıdaki numune kumaşlara termofizyolojik konfor parametrelerinden hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, ısıl direnç testleri yapılmıştır. Ayrıca ısıl direnç özelliğinin değerlendirilmesinde önemli rol oynayan kumaş kalınlığı tayini testi de yapılmıştır. Tablo 3.3'te termofizyolojik konfor testlerine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3.3. Isıl konfor testleri sonuçları.

Kumaş Kodu	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)	Mutlak Su Buharı Direnci (Pa m^2 W^{-1})	Isıl Direnç (K m^2 / W)	Hava Geçirgenliği (l/m^2/s)		Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m^2)
				Ön Yüz	Arka Yüz		
1	28.0	17.2	0.015	286.4	289.4	2.88	509.2
2	28.7	16.8	0.015	302.8	291.2	2.85	501.5
3	29.8	16.3	0.018	369	359.8	2.85	490.4
4	26.5	19.5	0.013	294.2	287.4	3.08	521.8
5	28.6	17.5	0.011	299	304.6	2.47	449.6
6	29.2	17.2	0.023	444.8	433.8	2.84	516.0
7	29.2	16.6	0.024	502.4	485.4	2.89	495.7
8	27.3	19.1	0.027	505.2	498	2.82	534.1
9	32.6	12	0.022	510	508.4	2.48	476.0
10	32.9	12.1	0.019	642.6	619.6	2.41	405.1
11	28.9	14.5	0.027	398.2	398.2	3.00	448.1
12	29.3	16.9	0.025	431.8	428.8	2.90	383.7
13	32.1	14.6	0.021	415.6	413.4	2.88	396.7

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. NUMUNE KUMAŞLARA UYGULANAN TEST SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde tez kapsamında yapılan deneysel çalışma ve araştırma sonuçları değerlendirilerek yorumlanmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarının değerlendirilmesine temel teşkil eden istatistiksel analizler için SPSS paket programı kullanılmıştır.

4.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde numune sandviç kumaşların eğilme dayanımı ve patlama mukavemeti test sonuçları grafiksel ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. SPSS istatistiksel analiz programı kullanılarak ANOVA (Analysis of Variance) tabloları oluşturulmuştur. İstatistiksel olarak önemli faktörler için alt grupların ortalama farkları, Tukey (Çoklu Karşılaştırma) testi kullanılarak karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Tukey sonuçları EK-2'de verilmiştir.

4.1.1.1. Kumaşların Eğilme Dayanımı Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sandviç yapıdaki örme kumaşların her iki yüzeyinin hem dikey hem yatay yöndeki eğilme dayanımı özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler denklem 2.1 ve 2.2'deki eşitliklerde kullanılarak eğilme dayanımı test sonuçlarına ulaşılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.1 ve 4.2'de grafiksel olarak verilmiştir ve sonuçların istatistiksel analizleri yapılmıştır.

Tablo 4.1'de numune kumaşların ön yüzlerinin dikey yöndeki (ÖYD) eğilme dayanımı için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ÖYD eğilme dayanımı üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1. Numune kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	30304.782 (a)	12	2525.399	37.666	0.000
Intercept	324068.126	1	324068.126	4833.464	0.000
Kumaş Tipi	30304.782	12	2525.399	37.666	0.000
Hata	3486.432	52	67.047		
Toplam	357859.340	65			
Doğrulanmış Toplam	33791.214	64			

a R^2= 0.897 (Ayarlanmış R^2 = 0.873)

Şekil 4.1'de 2 kodlu kumaşın ÖYD eğilme dayanımı diğer kumaşlara göre daha yüksek görünse de yapılan Tukey test sonuçlarına göre 2, 3 ve 8 kodlu kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılık % 95 emniyet seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (EK-2, Tablo 1).

Tukey test sonuçlarına göre, diğer tüm yapısal parametreler aynı tutulmak koşuluyla özlü ipliğin sırasıyla ön yüz, bağlantı ve arka yüzde kullanıldığı 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların ÖYD eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, bu üç kumaşın ÖYD değerlerinin arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır. Eğilme dayanımı değerlerinin en yüksekten en düşüğe doğru sıralaması 2, 1 ve 4 şeklindedir (Ek-2, Tablo 1).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve dolgu iplikleri aynı arka yüzleri farklı olan 2 ve 11 kodlu kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında, dolgusunda metal içerikli özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın dolgusunda silcot kullanılan 11 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (Ek-2, Tablo 1).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzleri aynı, dolgu iplikleri farklı olan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların eğilme dayanımı değerleri kıyaslandığında, dolgusunda bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik içeren 8 kodlu kumaşın, dolgusunda sırasıyla özlü iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 20 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot içeren 6, 7, 9 ve 10 kodlu kumaşlara göre dikey yönde istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek eğilme dayanımı gösterdiği görülmektedir (EK-2, Tablo 1). Bu durumun dolgu ipliğinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tukey test sonuçlarına göre, dolgusunda bükümlü (20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik içeren 7 kodlu kumaş ile dolgusunda bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik içeren 8 kodlu kumaşın ÖYD eğilme dayanımı değerleri kıyaslandığında, 8 kodlu kumaşın ÖYD eğilme dayanımının 7 kodlu kumaştan istatistiki olarak daha yüksek çıktığı görülmektedir (EK-2, Tablo 1).

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı olup ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların ÖYD eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, ön yüzünde özlü iplik içeren 1 kodlu kumaşın 12 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan, yine Tukey test sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaş ile 13 kodlu kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır. 12 kodlu kumaşın ÖYD eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılık analamlı çıkmıştır ve ön yüzünde polikarbon/pamuk içeren 13 kodlu kumaşın ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaştan daha yüksek ÖYD eğilme dayanımı gösterdiği görülmektedir (EK-2, Tablo 1). Kumaşların ÖYD eğilme dayanımında özlü iplik ve polikarbon/pamuk kullanımının silcot kullanımından daha etkili olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2'de numune sandviç kumaşların ön yüzlerinin yatay yöndeki (ÖYY) eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ön yüzlerinin yatay yöndeki eğilme dayanımı değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir.

Kumaşların ÖYY eğilme dayanımı test sonuçlarına göre, ön yüz, arka yüz, bağlantı ve dolgu ipliği olarak metal tel içeren 8 kodlu kumaş hem dikey hem yatay yönlerde yüksek eğilme dayanımı göstermektedir (Şekil 4.1). Tueky test sonuçlarına göre, dolgu ipliği olarak bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik içeren 8 kodlu kumaşın,

dolgu ipliği olarak bükümlü (Ne 20/2 p - 20 µ SS) kompozit iplik içeren 7 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu görülmektedir (EK-2, Tablo 2). Bu sonuca göre metal tel kalınlığı artıkça kumaşın ÖYY eğilme dayanımının artığı düşünülmektedir.

Tablo 4.2. Numune kumaşların ÖYY eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	74588.879 (a)	12	6215.740	42.831	0.000
Intercept	862272.035	1	862272.035	5941.742	0.000
Kumaş Tipi	74588.879	12	6215.740	42.831	0.000
Hata	7546.296	52	145.121		
Toplam	944407.210	65			
Doğrulanmış Toplam	82135.175	64			

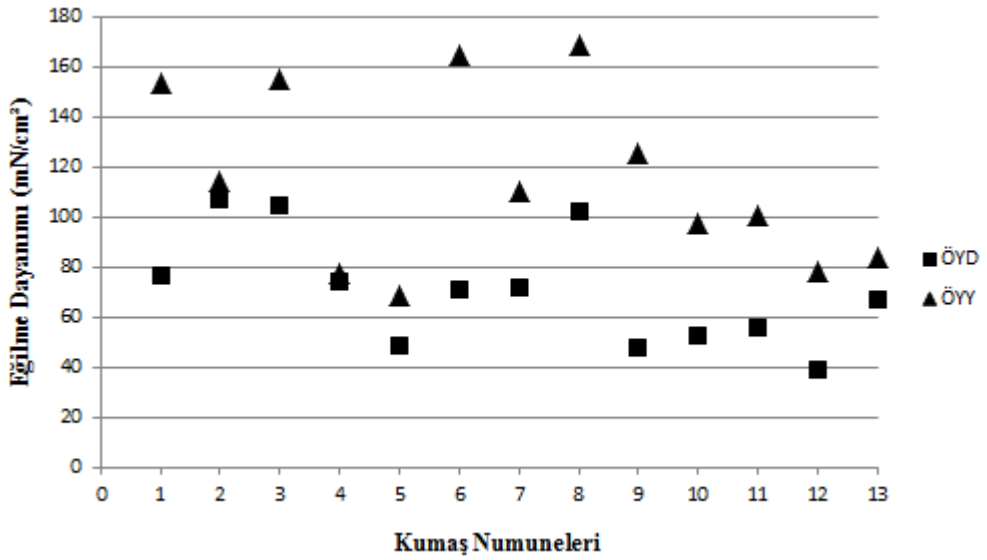
a R^2= 0.908 (Ayarlanmış R^2 = 0.887)

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzde özlü iplik kullanılan, dolgu da ise farklı iplik içeren 6 ve 7 kodlu kumaşların ÖYY eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, dolgusunda Ne 18 (özlü)/2 iplik içeren 6 kodlu kumaşın bükümlü (Ne 20/2 p - 20 µ SS) kompozit iplik içeren 7 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu görülmektedir. Yine 6 kodlu kumaş ile dolgusunda bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik içeren 8 kodlu kumaşın ÖYY eğilme dayanımı değerleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır (EK-2, Tablo 2). Bu iki durumun 7 ve 8 kodlu kumaşların dolgusunda kullanılan farklı kalınlıklardaki metallerden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı olup ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların ÖYY eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, ön yüzünde özlü iplik içeren 1

kodlu kumaşın 12 ve 13 kodlu kumaşlardan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan, ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaş ile polikarbon/pamuk içeren 13 kodlu kumaşların ön yüzlerinin yatay yönlerdeki eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (EK-2, Tablo 2). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, metal tel içerikli özlü ipliğin kumaşların ÖYY eğilme dayanımlarına silcot ve polikarbon/pamuk karışımından daha fazla etki ettiği görülmüştür.

4 kodlu kumaş her iki yönde de aynı eğilme dayanımı özelliği göstermektedir (Şekil 4.1). Çünkü bu kumaş ön ve arka yüzünde aynı iplik türünü içermektedir.



Şekil 4.1. Kumaş numunelerinin ÖYD ve ÖYY eğilme dayanımlarının karşılaştırılması.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi numune kumaşların arka yüzlerinin hem dikey hem yatay yöndeki eğilme dayanımı eğrileri genellikle paralellik göstermektedir.

Tablo 4.3'te numune sandviç kumaşların arka yüzlerinin dikey yöndeki (AYD) eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. Numune kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	17070.129 (a)	12	1422.511	23.048	0.000
Intercept	319733.191	1	319733.191	5180.479	0.000
Kumaş Tipi	17070.129	12	1422.511	23.048	0.000
Hata	3209.380	52	61.719		
Toplam	340012.700	65			
Doğrulanmış Toplam	20279.509	64			

a $R^2 = 0.842$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.805$)

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı olup ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların AYD eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, ön yüzünde silcot kullanılan 12 kodlu kumaşın, ön yüzünde özlü iplik kullanılan 1 kodlu kumaş ve polikarbon/pamuk kullanılan 13 kodlu kumaşların AYD eğilme dayanımı değerlerinden istatistiki olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan, 1 kodlu kumaş ile 13 kodlu kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (EK-2, Tablo 3).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzleri aynı (özlü iplik) olup dolgu iplikleri sırasıyla Ne 18 (özlü)/2 iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 20 μ SS) kompozit iplik ve bükümlü (Ne 20/2 p - 35 μ SS) kompozit iplik içeren 6, 7 ve 8 kodlu kumaşların her üçünün AYD eğilme dayanımı değerleri ile dolgusunda sırasıyla polikarbon/ pamuk ve silcot içeren 9 ve 10 kodlu kumaşlardan elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. AYD eğilme dayanımları açısından 6, 7 ve 8 kodlu kumaşlar 9 ve 10 kodlu kumaşlardan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek değerlere sahiptirler (EK-2, Tablo 3).

Tablo 4.4'te numune sandviç kumaşların arka yüzlerinin yatay yöndeki (AYY) eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4. Numune kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri için ANOVA sonuçları.

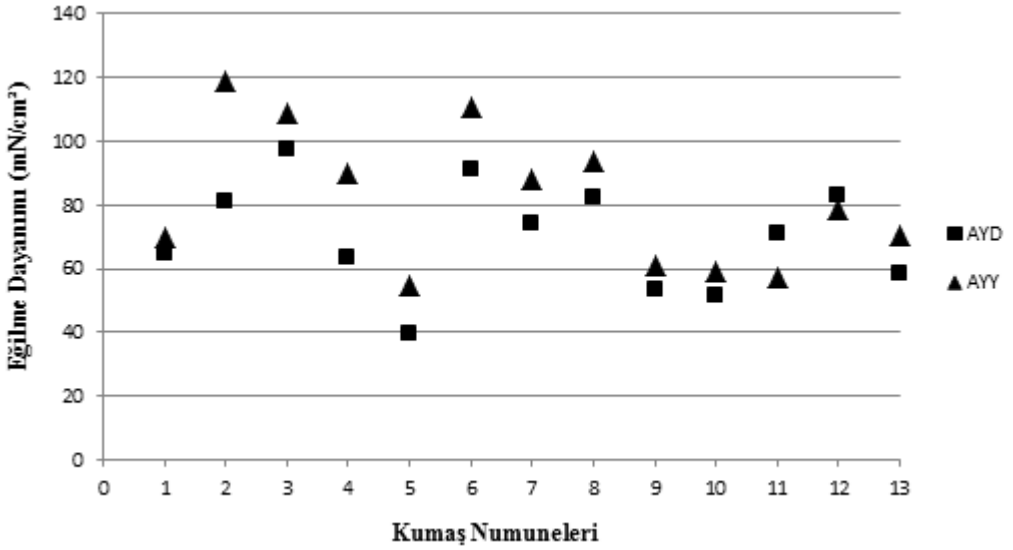
Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	28937.029 (a)	12	2411.419	67.418	0.000
Intercept	433704.465	1	433704.465	12125.358	0.000
Kumaş Tipi	28937.029	12	2411.419	67.418	0.000
Hata	1859.956	52	35.768		
Toplam	464501.450	65			
Doğrulanmış Toplam	30796.985	64			

a $R^2 = 0.940$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.926$)

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve dolgu iplikleri aynı arka yüzleri farklı olan 2 ve 11 kodlu kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında, dolgusunda metal içerikli özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın dolgusunda silcot kullanılan 11 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (Ek-2, Tablo 4).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzleri aynı (özlü iplik) olup dolgu iplikleri sırasıyla Ne 18 (özlü)/2 iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 20 µ SS) kompozit iplik ve bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik içeren 6, 7 ve 8 kodlu kumaşların her üçünün AYY eğilme dayanımı değerleri ile 9 ve 10 kodlu kumaşlardan elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yine Tukey test sonuçlarına göre, 6 kodlu kumaşın AYY eğilme dayanımı değerleri açısından 7, 8, 9 ve

10 kodlu kumaşlardan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (EK-2, Tablo 4). Bu durumun dolgu ipliğinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.2. Kumaş numunelerinin AYD ve AYY eğilme dayanımlarının karşılaştırılması.

4.1.1.2. Kumaşların Patlama Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune kumaşların patlama mukavemeti testi kumaşların her iki yüzü için yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.3 ve 4.4'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen veriler ANOVA ve Tukey test yöntemleri ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Numune kumaşların ön ve arka yüzlerinin patlama mukavemeti test sonuçları birbirlerine yakın değerler vermiştir (Şekil 4.3 ve 4.4). Tablo 4.5'te numune sandviç kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5. Numune kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	84293.336 (a)	12	7024.445	10.077	0.000
Intercept	10689503.600	1	10689503.600	15334.608	0.000
Kumaş Tipi	84293.336	12	7024.445	10.077	0.000
Hata	18124.173	26	697.084		
Toplam	10791921.110	39			
Doğrulanmış Toplam	102417.510	38			

a R^2= 0.823 (Ayarlanmış R^2 = 0.741)

Ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk içeren 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında 1 kodlu kumaşın 12 ve 13 kodlu kumaşlara göre daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Tukey sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaşın ön yüzünün patlama mukavemeti değerleri ile 12 ve 13 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Fakat ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaş ile polikarbon/pamuk içeren 13 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 5).

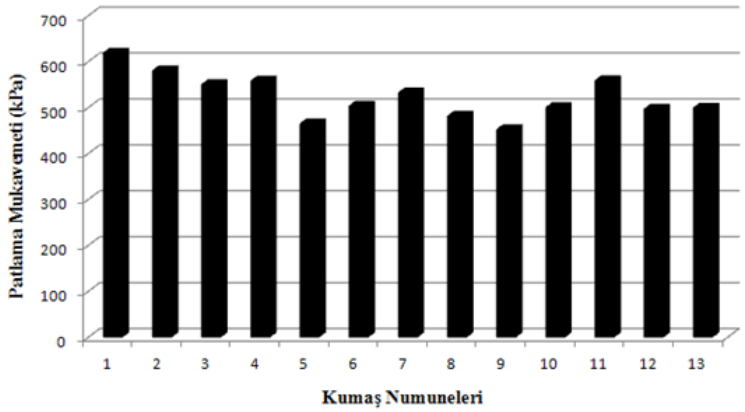
Ön yüz ve bağlantı ipliği olarak % 100 pamuk ipliği içeren, arka yüzleri ve dolgu iplikleri farklı olan 5 ve 11 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı faklılık ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 5). Şekil 4.3'te 5 kodlu kumaşın ön yüzünün patlama mukavemeti değerinin 11 kodlu kumaştan yüksek olduğu görülmektedir.

Ön ve arka yüzlerinde % 100 pamuk içeren, bağlantı ve dolgu iplikleri farklı olan 4 ve 5 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 5). Şekil 4.3'te 4 kodlu kumaşın ön yüzünün patlama mukavemeti değerinin 5 kodlu kumaştan yüksek olduğu görülmektedir.

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzlerinde özlü iplik kullanılan, dolgu ipliği olarak sırasıyla özlü iplik, bükümlü (Ne 20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik, bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri kıyaslandığında sadece 7 ve 9 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (Ek-2, Tablo 5). 7 kodlu kumaşın 9 kodlu kumaşa göre daha yüksek patlama mukavemeti değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Diğer üç kumaşın ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 5).

Tukey test sonuçlarına göre, bütün yapısal parametreleri aynı tutulmak koşulu ile sırası ile ön yüz, arka yüz ve bağlantı iplikleri olarak özlü iplik içeren 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Ek-2, Tablo 5).

Tukey test sonuçlarına ön yüz, bağlantıda % 100 pamuk, dolguda PES, arka yüzde sırası ile özlü iplik ve silcot içeren 2 ve 11 kodlu kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır (Ek-2, Tablo 5).



Şekil 4.3. Numune sandviç kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti test sonuçlarının karşılaştırılması.

Tablo 4.6'da numune sandviç kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. Numune kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	82122.084 (a)	12	6843.507	4.379	0.001
Intercept	9369486.833	1	9369486.833	5995.442	0.000
Kumaş Tipi	82122.084	12	6843.507	4.379	0.001
Hata	40631.973	26	1562.768		
Toplam	9492240.890	39			
Doğrulanmış Toplam	122754.057	38			

a $R^2 = 0.669$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.516$)

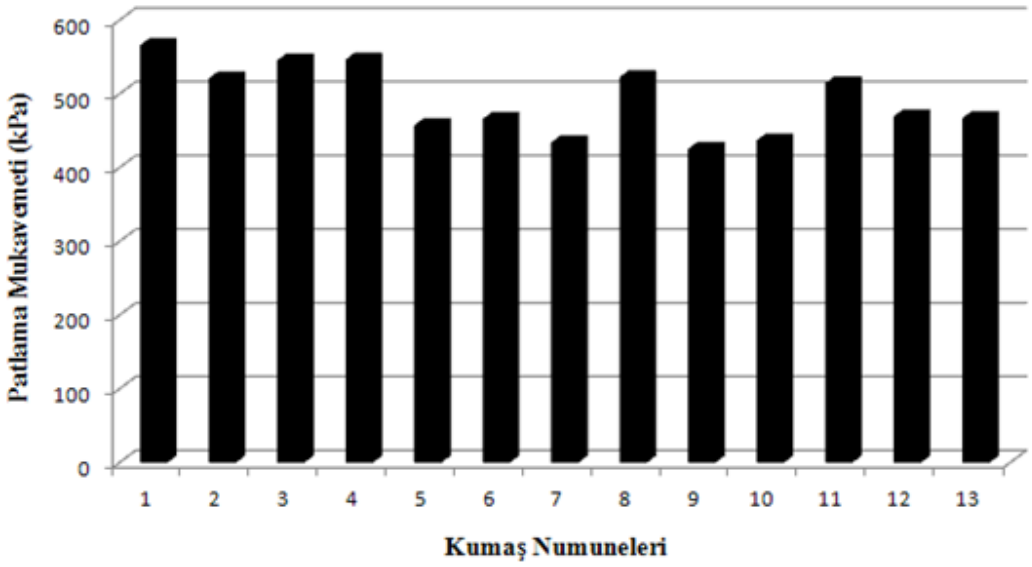
Tukey test sonuçlarına göre, ön ve arka yüzlerinde özlü iplik kullanılan, bağlantı ve dolgu iplikleri farklı olan 3 ve 9 kodlu kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 6). Şekil 4.4'te 3 kodlu kumaşın arka yüzünün patlama mukavemeti değerinin 9 kodlu kumaştan yüksek olduğu görülmektedir.

Tukey test sonuçlarına göre, bütün yapısal parametreleri aynı tutulmak koşulu ile sırası ile ön yüz, arka yüz ve bağlantı iplikleri olarak özlü iplik içeren 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Ek-2, Tablo 6).

Tukey test sonuçlarına ön yüz, bağlantıda % 100 pamuk, dolguda PES, arka yüzde sırası ile özlü iplik ve silcot içeren 2 ve 11 kodlu kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır (Ek-2, Tablo 6).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzlerinde özlü iplik kullanılan, dolgu ipliği olarak sırasıyla özlü iplik, bükümlü (Ne 20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik, bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri kıyaslandığında bu beş kumaşın arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 6).

Ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk içeren 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında bu üç kumaşın arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır (Ek-2, Tablo 6).



Şekil 4.4. Numune sandviç kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti test sonuçlarının karşılaştırılması.

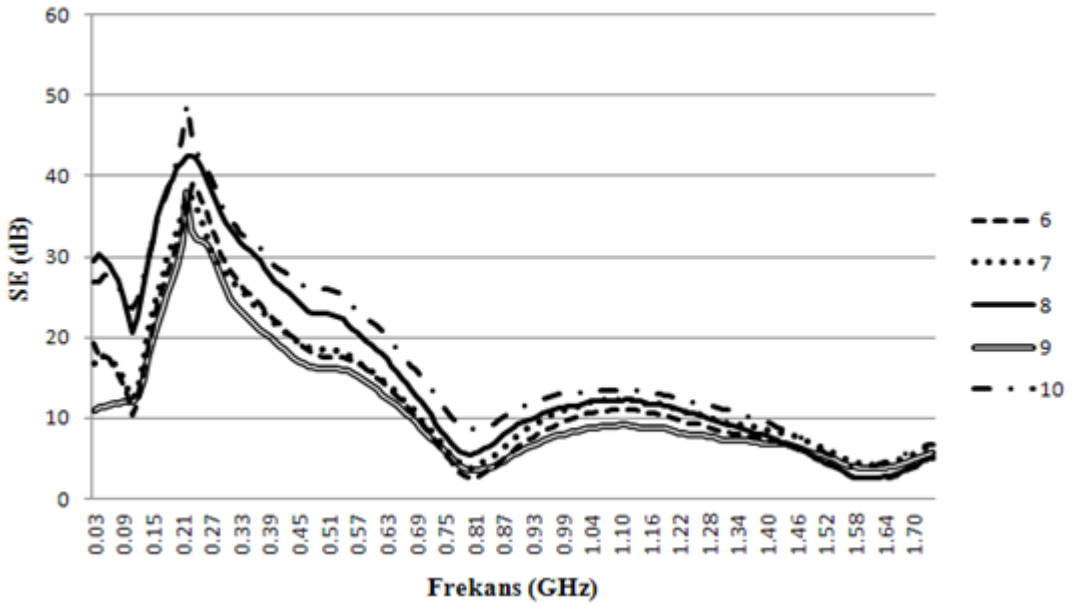
4.1.2. Kumaşların Kalkanlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, numune sandviç kumaşların koaksiyel tutucu metodu ve spektran yöntemi ile yapılan SE ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

4.1.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune sandviç kumaşların SE testleri, ASTM D-4935 standardı esas alınarak geliştirilen test aparatıyla yapılmıştır. SE ölçüm sonuçları grafiksel olarak verilmiş ve yorumlanmıştır.

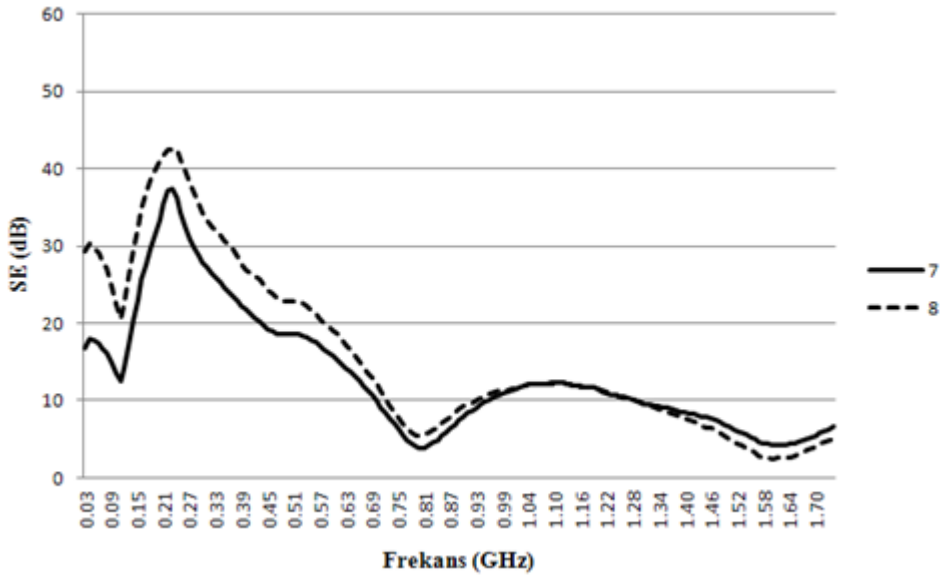
Ön yüz, bağlantı ve arka yüz iplikleri aynı, dolgu iplikleri farklı olan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu numune sandviç kumaşlara ait koaksiyel tutucu metoda göre SE ölçüm sonuçları Şekil 4.5'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Ön yüz, bağlantı ve arka yüz ipliği olarak özlü iplik, dolgu ipliği olarak sırasıyla Ne 18 (özlü)/2 iplik, bükümlü (Ne 20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu numune kumaşların 190 - 270 MHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri bir SE değerine ulaştığı görülmektedir. Bu kumaşlarda en yüksek kalkanlama etkinliği değeri yapısında dolgu ipliği olarak silcot kullanılan 10 kodlu kumaşta 220 MHz frekansta 48.91 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.5. 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları.

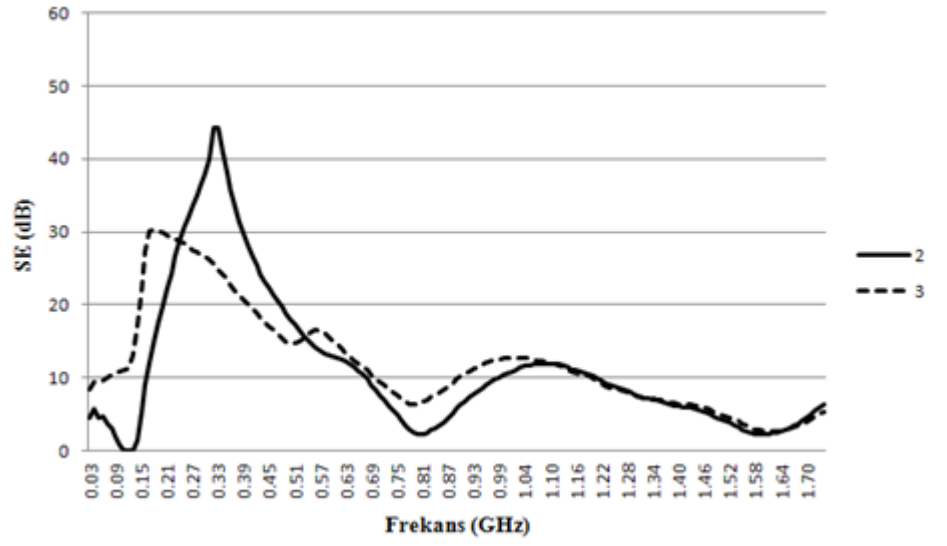
Ön yüz, bağlantı ve arka yüz iplikleri olarak özlü iplik, dolgu ipliği olarak sırasıyla bükümlü (Ne 20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik kullanılan 7 ve 8 kodlu kumaşların SE değerleri Şekil 4.6'da grafiksel olarak gösterilmiştir. 230 MHz frekansta 7 kodlu kumaş 37.46 dB ve 8 kodlu kumaş 42.53 dB SE değerine sahiptir. Elde edilen sonuca göre, dolgu ipliği olarak kullanılan

20 µ SS telin 35 µ SS tele göre daha düşük kalkanlama etkinliği sağladığı görülmektedir.



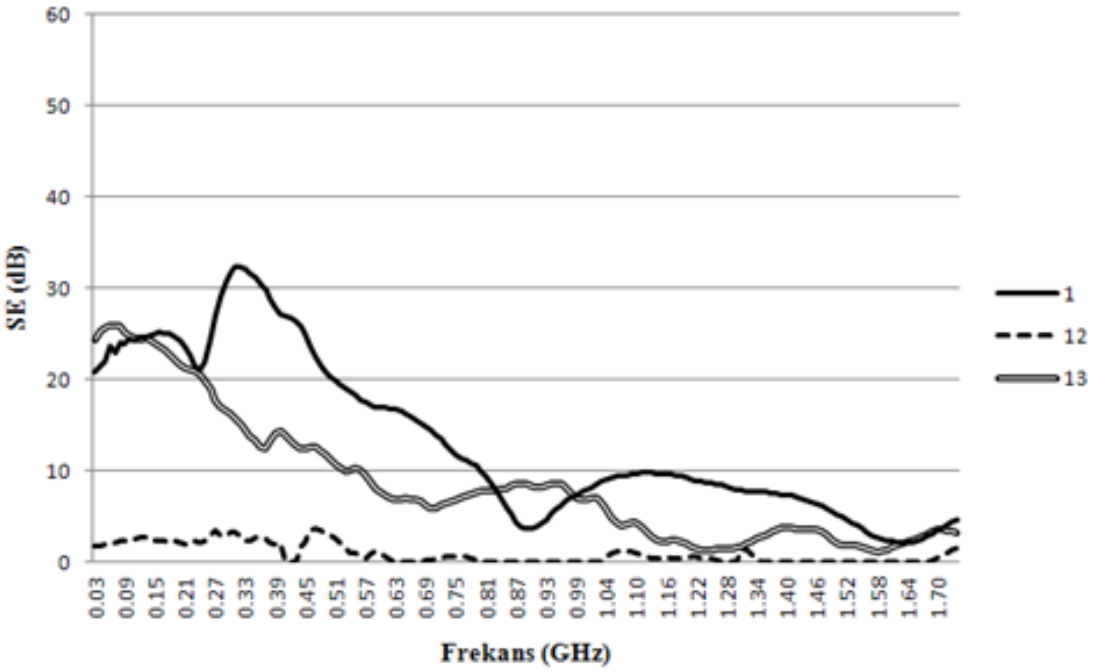
Şekil 4.6. 7 ve 8 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları.

Arka yüz, bağlantı ve dolgu iplikleri aynı, ön yüz iplikleri farklı olarak üretilen 2 ve 3 kodlu numune sandviç kumaşların SE ölçüm değerleri Şekil 4.7'de grafiksel olarak gösterilmiştir. 2 kodlu kumaş 250 - 380 MHz frekans aralığında ve 3 kodlu kumaş 170-190 MHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri SE göstermektedir.



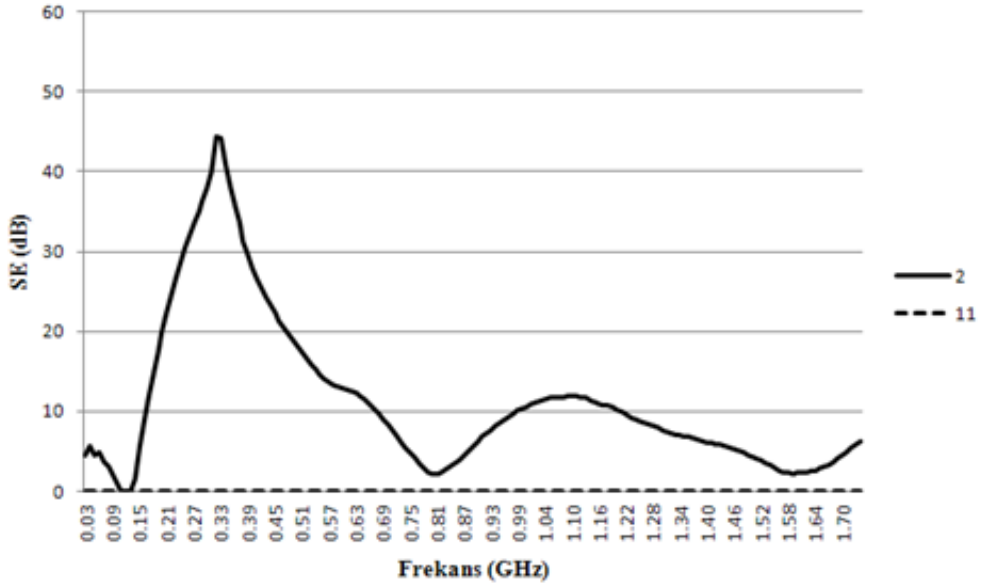
Şekil 4.7. 2 ve 3 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları.

Bağlantı ve arka yüzü % 100 pamuk ipliğinden üretilen, dolgu ipliği olarak PES kullanılan ve ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk içeren 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları Şekil 4.8'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Ön yüzünde silcot kullanılan 12 kodlu kumaş kalkanlama etkinliği göstermezken, ön yüzünde özlü iplik içeren 1 kodlu kumaş 290-360 MHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri SE değeri, 13 kodlu kumaş ise 30 - 240 MHz frekans aralığında 20 dB ve üzeri SE değeri göstermektedir.



Şekil 4.8. 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları.

Ön yüz ve bağlantı ipliği olarak % 100 pamuk, dolgu ipliği olarak PES kullanılan, arka yüzleri farklı ipliklerden üretilen 2 ve 11 kodlu sandviç kumaşların SE ölçüm sonuçları Şekil 4.9'da verilmektedir. Arka yüz ipliği silcottan üretilen 11 kodlu kumaşın kalkanlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmektedir. Arka yüz ipliği olarak özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın ise 250 - 380 MHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri SE değerine ulaştığı görülmektedir. Numune kumaşlarda arka yüz ipliği olarak silcot kullanımının kalkanlama etkinliğine katkı sağlamadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.9. 2 ve 11 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları.

4.1.2.1.1. Koaksiyel Tutucu Metodu ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Günlük hayatta en çok maruz kaldığımız elektromanyetik alanlar VHF (30 – 300 MHz) ve UHF (300 – 3000 MHz) frekans aralığındadır. Radyo, televizyon, telsiz telefon, cep telefonları gibi çok kullanılan cihazlar bu frekans aralıklarında elektromanyetik ışıma yaymaktadırlar.

Soyaslan vd., yaptıkları bir çalışmada bazı atkı-örme yapılarının elektromanyetik kalkanlama etkinliğini incelemişlerdir. Atkı-örme yapılarını, bakır tel ve pamuk karışımlı iplikler kullanarak üretmişlerdir. Numune kumaşların elektromanyetik kalkanlama değerlerini ASTM D 4935 standardını esas alan bir koaksiyel test düzeneği tarafından belirlemişlerdir. Ölçümler 27 MHz - 3 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir [18].

Çeken vd., yaptıkları bir çalışmada tek ve çift iğne yataklı örme makinelerinde üretilen iletken örme kumaşların elektromanyetik kalkanlama özelliklerini incelemişlerdir. Ölçümleri 750-3000 MHz frekans aralığında gerçekleştirmişlerdir. Örme kumaşların bu frekans aralığındaki kalkanlama seviyelerini incelemişlerdir [25].

Bu çalışmada ise üretilen sandviç kumaşların 100- 300 MHz ve 300-1000 MHz frekans aralıkları için kaydedilen tüm SE değerlerinin ortalamaları alınmış ve sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Her iki frekans aralığındaki

ölçüm sonuçlarının ortalamaları için grafikler oluşturulmuş (Şekil 4.10 ve 4.11) ve analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

Tablo 4.7'de numune sandviç kumaşların 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7. Kumaş tipinin 100 MHz-300 MHz frekans aralığındaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları.

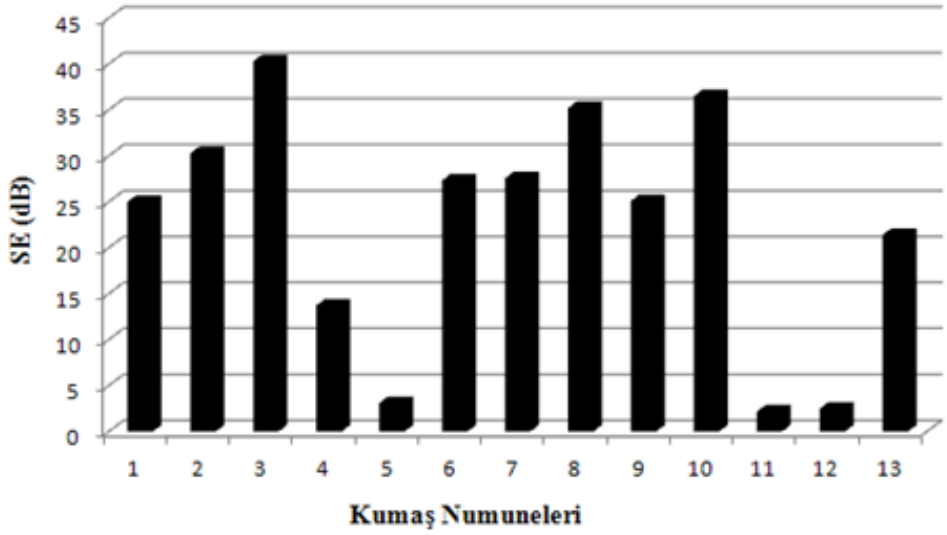
Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	6196.975[a]	12	516.415	38.923	0.000
Intercept	19444.294	1	19444.294	1465.556	0.000
Kumaş Tipi	6196.975	12	516.415	38.923	0.000
Hata	344.956	26	13.268		
Toplam	25986.225	39			
Doğrulanmış Toplam	6541.931	38			

[a] $R^2 = 0.947$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.923$)

Bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı, ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, silcot içeren 12 kodlu kumaşın 1 ve 13 kodlu kumaşlardan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha düşük SE değerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer yandan, yine Tukey test sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaş ile 13 kodlu kumaşların SE değerleri arasındaki farklılığın istatistikî açıdan anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek – 2, Tablo 10). Silcot kullanımının 100-300 MHz frekans aralığında yayılan elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu nitelikte olmadığı anlaşılmaktadır.

Ön yüz, bağlantı ve dolgu iplikleri aynı arka yüzleri farklı olan 2 ve 11 kodlu kumaşların 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında dolgusunda metal içerikli özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın kalkanlama etkinliği gösterdiği, dolgusunda silcot kullanılan 11 kodlu kumaşın ise kalkanlama etkinliğine sahip olmadığı görülmektedir (Şekil 4.10). Tukey test sonuçlarına göre, 2 ve 11 kodlu kumaşların 100-300 MHz frekans aralıkları için kaydedilen SE değerlerinin ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Ek – 2, Tablo 10).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzleri aynı, dolgu iplikleri faklı olan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, dolgusunda polikarbon/pamuk kullanılan 9 kodlu kumaş ve dolgusunda silcot içeren 10 kodlu kumaşların SE değerleri arasındaki farklılık anlamlı iken, bu grup içerisindeki diğer kumaş tipleri arasındaki farklılıkların istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmüştür (Ek – 2, Tablo 10). 10 kodlu kumaşın 9 kodlu kumaşa göre daha yüksek kalkanlama sağladığı görülmektedir. Bu sonuca göre, silcotun dolguda kullanımı polikarbon/pamuk kullanımına göre yüksek kalkanlama etkinliği sağlamaktadır.



Şekil 4.10. Kumaş numunelerinin 100-300 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları ortalamalarının karşılaştırılması.

Tablo 4.8'de numune sandviç kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçümlerinin ortalamaları için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre,

kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Kumaş tipinin 300 MHz-1000 MHz frekans aralığındaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	1776.910[a]	12	148.076	88.261	0.000
Intercept	6765.297	1	6765.297	4032.483	0.000
Kumaş Tipi	1776.910	12	148.076	88.261	0.000
Hata	43.620	26	1.678		
Toplam	8585.828	39			
Doğrulanmış Toplam	1820.530	38			

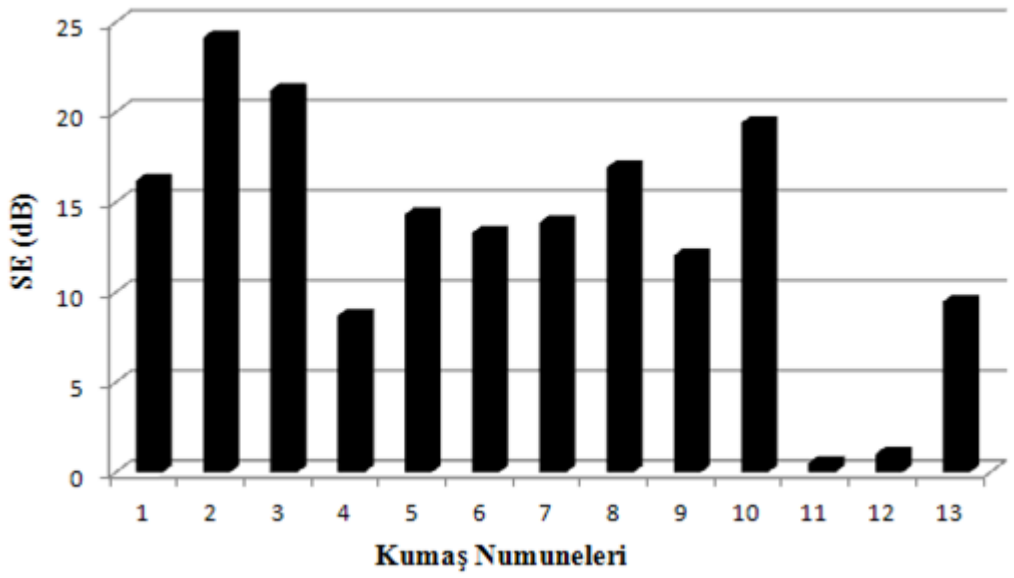
[a] $R^2 = 0.976$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.965$)

Tukey test sonuçlarına göre, diğer tüm yapısal parametreler aynı tutulmak koşuluyla özlü ipliğin sırasıyla ön yüz ve arka yüzde kullanıldığı 1 ve 2 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, 2 kodlu kumaşın 1 kodlu kumaştan istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek SE değerine sahip olduğu görülmektedir (Ek – 2, Tablo 11). Aynı kumaş tiplerinin 100-300 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, farklılığın anlamlı olmadığı görülmektedir (Ek – 2, Tablo 10).

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı, ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE değerleri karşılaştırıldığında, bu kumaşlar arasındaki farklılığın istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. SE değeri olarak en yüksekten en düşüğe doğru olan sıralama 1 (özlü iplik), 13 (polikarbon/pamuk) ve 12 (silcot) şeklindedir (Ek – 2, Tablo 11).

Ön yüz (% 100 pamuk), bağlantı (% 100 pamuk) ve dolgu iplikleri (PES) aynı arka yüzleri farklı olan 2 ve 11 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralıkları için kaydedilen SE değerleri kıyaslandığında, arka yüzde metal içerikli özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın kalkanlama etkinliği gösterdiği (24.16 dB), arka yüzünde silcot kullanılan 11 kodlu kumaşın ise kalkanlama etkinliğine (0.51 dB) sahip olmadığı görülmektedir (Şekil 4.11). Tukey test sonuçlarına göre, 2 ve 11 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE değerlerinin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek – 2 Tablo 11).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüz iplikleri aynı dolgu iplikleri farklı olan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE değerleri kıyaslandığında, 10 kodlu kumaşın bahse konu diğer kumaş tiplerinden (8 kodlu kumaş hariç) istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek SE değerine sahip olduğu görülmüştür. Diğer yandan, yine Tukey test sonuçlarına göre, 6, 7 ve 8 kodlu kumaşların 300-1000 MHz frekans aralığında kaydedilen SE değerleri arasındaki farklılığın istatistiki açıdan anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek – 2, Tablo 11).



Şekil 4.11. Kumaş numunelerinin 300-1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçlarının ortalamalarının karşılaştırılması.

4.1.2.2. Spektran Yöntemi ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune kumaşların SE ölçümleri 446 MHz frekansta elektromanyetik ışıma yoğunluğu ölçer test cihazında (spektran) yapılmıştır. Diğer bir SE değeri ölçümleri yapaılan yankısız oda metodunda kalkanlama özelliğine sahip kumaşların SE ölçümleri, alıcı ve

verici antenlerin yönleri değiştirilerek yapılmaktadır [25]. Yeni geliştirilen spektran metodunda ise kumaşların yönleri değiştirilerek yatay ve dikey polarizasyonlardaki SE değerleri ölçülmüştür. 446 MHz frekansta dikey ve yatay yönlerde üçer tekrarlı yapılan SE ölçüm sonuçları Şekil 4.12'de verilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.9'da numune sandviç kumaşların 446 MHz frekanstaki SE ölçümlerinin ortalamaları için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların 446 MHz frekanstaki SE değerleri üzerinde kumaş tipinin, kumaşların yerleşim yönünün ve bu iki faktörün kesişiminin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.9. Kumaş tipinin ve kumaş yerleşim yönünün 446 MHz frekanstaki SE ortalama değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	24712.122[a]	25	988.485	4156.880	0.000
Intercept	88798.282	1	88798.282	373423.871	0.000
Kumaş tipi (T)	24489.795	12	2040.816	8582.255	0.000
Kumaş yerleşim yönü (Y)	89.731	1	89.731	377.345	0.000
T * Y	132.596	12	11.050	46.467	0.000
Hata	12.365	52	0.238		
Toplam	113522.769	78			
Doğrulanmış Toplam	24724.487	77			

[a] $R^2 = 0.999$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.999$)

Tukey test sonuçlarına göre, diğer tüm yapısal parametreler aynı tutulmak koşuluyla özlü ipliğin sırasıyla ön yüz, bağlantı ve arka yüzde kullanıldığı 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların 446 MHz frekanstaki SE değerleri karşılaştırıldığında, bu üç kumaşın SE değerlerinin arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır (Ek – 2, Tablo 12). Kumaşların SE değerleri bakımından yüksekten düşüğe doru sıralaması 4,

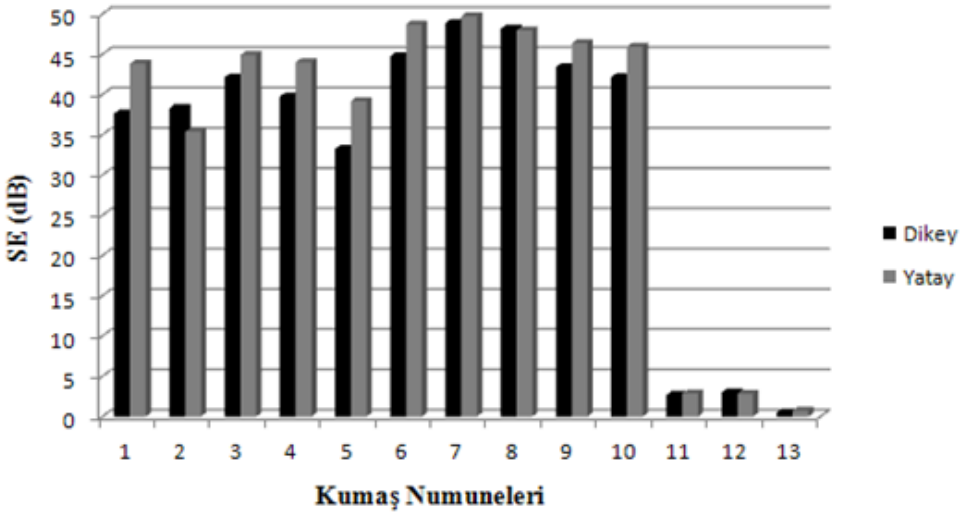
2 ve 1 şeklindedir. Elde edilen sonuç, özlü ipliğin bağlantıda kullanımının ön yüz ve arka yüzde kullanımına göre daha yüksek SE değerleri verdiğini göstermektedir.

Ön yüz ve bağlantı ipliği olarak % 100 pamuk, dolgu ipliği olarak PES kullanılan, arka yüz iplikleri farklı ipliklerden üretilen 2 ve 11 kodlu kumaşların SE ölçüm sonuçları kıyaslandığında, arka yüz ipliği silcottan üretilen 11 kodlu kumaşın hem dikey (2.67 dB) hem de yatay yönde (2.87 dB) kalkanlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmüştür. Arka yüz ipliği olarak özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşın ise dikey yönde 38.32 dB, yatay yönde 35.37 dB SE değerine ulaştığı görülmektedir. Tukey test sonuçlarına göre, 2 ve 11 kodlu kumaşların 446 MHz frekanstaki SE değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek – 2 Tablo 12). Bu sonuçlardan, kumaş yapısında sadece silcot ipliği kullanımının kumaşın kalkanlama etkinliğine herhangi bir katkı sağlamadığı anlaşılmaktadır. Bu durumun kesikli lif iplikçiliği yöntemi ile iletken kesikli liflerin yapıya belirli oranda (%10) dahil edilmesinin, kalkanlama için gerekli elektriksel iletkenliği tam olarak sağlayamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ön yüz, bağlantı ve arka yüz ipliği olarak özlü iplik, dolgu ipliği olarak da sırasıyla Ne 18 (özlü)/2 iplik, bükümlü (Ne 20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik, bükümlü (Ne 20/2 p - 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu numune kumaşların 446 MHz frekansta dikey ve yatay yönlerde 40 dB üzeri SE değerine ulaştıkları görülmektedir (Şekil 4.12). Tukey test sonuçlarına göre, bu kumaşlardan 6, 7, 8 ve 10 kodlu kumaşların SE değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. SE değerlerinin en yüksekten en düşüğe doğru sıralaması, 7, 8, 6 ve 10 şeklindedir. Fakat dolgusunda Ne 18 (özlü)/2 iplik içeren 6 kodlu kumaş ile polikarbon/pamuk içeren 9 kodlu kumaşların SE değerleri arasındaki farklılığın ve dolgusunda polikarbon/pamuk içeren 9 kodlu kumaş ile silcot içeren 10 kodlu kumaşların SE değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek – 2, Tablo 4.12).

Bağlantı, arka yüz ve dolgu iplikleri aynı, ön yüzlerinde sırasıyla özlü iplik, silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşların 446 MHz frekanstaki SE ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, ön yüzlerinde sırasıyla silcot ve polikarbon/pamuk içeren 12 ve 13 kodlu kumaşların 446 MHz frekansta hem dikey (3.01 dB ve 0.47 dB) ve hem yatay (2.83 dB ve 0.74 dB) yönde kalkanlama etkinliğine sahip olmadıkları görülmektedir. Ön yüzünde özlü iplik içeren 1 kodlu kumaşın ise 446 MHz frekansta

dikey yönde 32.64 dB ve yatay yönde 43.84 dB SE değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Tukey test sonuçlarına göre, bu üç kumaşın 446 MHz frekanstaki SE değerleri arasındaki farklılığın istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmüştür (Ek – 2, Tablo 12).



Şekil 4.12. 446 MHz frekansta numune kumaşların dikey ve yatay yerleşimindeki SE sonuçları.

4.1.3. Kumaşların Termal Konfor Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, üretilen sandviç yapıdaki örme kumaşların termal konfor özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan testlerin sonuçları grafikler ve istatistiksel analiz yöntemleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca yine ısıl direnç parametresi için önemli olan kumaş kalınlığı tayini testi de termal konfor testleri kapsamında yapılmış ve değerlendirilmiştir.

4.1.3.1. Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune sandviç kumaşların her iki yüzeyinin hava geçirgenliği sonuçları grafiksel olarak Şekil 4.13'te verilmiştir ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ANOVA ve Tukey istatistiksel analiz sonuçlarıyla yorumlanmıştır.

Tablo 4.10 ve 4.11'de numune sandviç kumaşların ön ve arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları özetlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ön ve arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.10. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	686710.554 (a)	12	57225.879	69.492	0.000
Intercept	11223693.846	1	11223693.846	13629.385	0.000
Kumaş Tipi	686710.554	12	57225.879	69.492	0.000
Hata	42821.600	52	823.492		
Toplam	11953226.000	65			
Doğrulanmış Toplam	729532.154	64			

a R^2= 0.941 (Ayarlanmış R^2= 0.928)

Tablo 4.11. Numune kumaşların arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	627106.215 (a)	12	52258.85	107.663	0.000
Intercept	10877355.385	1	10877355.385	22409.410	0.000
Kumaş Tipi	627106.215	12	52258.851	107.663	0.000
Hata	25240.400	52	485.392		
Toplam	11529702.000	65			
Doğrulanmış Toplam	652346.615	64			

a R^2= 0.961 (Ayarlanmış R^2 = 0.952)

13 tip kumaşta ön ve arka yüz hava geçirgenliği açısından değerlendirildiğinde 10 kodlu kumaşın en yüksek hava geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Tukey test sonuçlarına göre, 10 kodlu kumaşın ön ve arka yüzünün hava geçirgenliği değerleri ile diğer 12 tip kumaşın ön ve arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri arasındaki faklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (Ek-2, Tablo 6 ve 7).

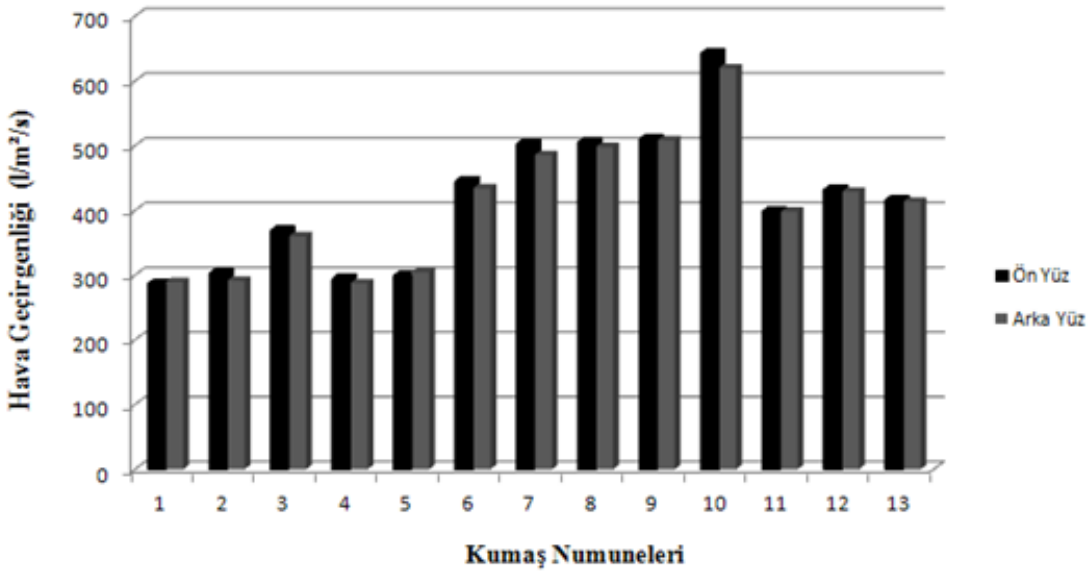
Bağlantı ve arka yüz ipliği olarak % 100 pamuk ve dolgu ipliği olarak PES içeren 1, 12 ve 13 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında, ön yüzünde özlü iplik kullanılan 1 kodlu kumaşın, ön yüzünde sırasıyla silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 12 ve 13 kodlu kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Tukey test sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaşın her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri ile 12 ve 13 kodlu kumaşların her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Fakat ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaş ile polikarbon/pamuk içeren 13 kodlu kumaşların hava geçirgenliği değerleri arasındaki faklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Ek-2, Tablo 6 ve 7).

Ön yüz, bağlantı ipliği olarak % 100 pamuk, dolgu ipliği olarak PES içeren ve arka yüz iplikleri farklı olan 2 ve 11 kodlu kumaşlar farklı hava geçirgenliği özelliği göstermektedir. Şekil 4.13'e göre arka yüzde silcot kullanılan 11 kodlu kumaş, arka yüzde özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşa göre daha yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir. Tukey test sonuçlarına göre, 2 kodlu kumaşın her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri ile 11 kodlu kumaşın her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 6 ve 7). Bu sonuca göre, arka yüzde özlü iplik kullanımının hava geçirgenliğini azaltıcı yönde etki yaptığı anlaşılmaktadır.

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz, bağlantı ve arka yüzlerinde özlü iplik kullanılan, dolgu ipliği olarak sırasıyla Ne 18 (özlü)/2, bükümlü (20/2 p – 20 μ SS) kompozit iplik, bükümlü (20/2 p – 35 μ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ipliği ve silcot kullanılan 6, 7, 8, 9 ve 10 kodlu kumaşların hava geçirgenliği değerleri karşılaştırıldığında, 6, 7, 8 ve 9 kodlu kumaşlar ile 10 kodlu kumaşın ön ve arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yine Tukey test sonuçlarına göre 10 kodlu kumaş 6, 7, 8 ve 9 kodlu kumaşlara göre en yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir (Ek-2, Tablo 6 ve 7).

Ön yüzde özlü iplik, bağlantıda % 100 pamuk ve dolguda PES içeren, arka yüz iplikleri sırasıyla % 100 pamuk ve özlü iplikten oluşan 1 ve 3 kodlu kumaşların her iki yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri karşılaştırıldığında 3 kodlu kumaşın 1 kodlu kumaşa göre daha yüksek hava geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Tukey analiz sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaşın her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri ile 3 kodlu kumaşın her iki yüzünün hava geçirgenliği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 6 ve 7). Bütün yapısal parametreler aynı olmak koşulu ile özlü ipliğin sırasıyla ön yüz, bağlantı ve arka yüzde kullanıldığı 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların hava geçirgenliği değerleri kıyaslandığında, bu üç kumaşın hava geçirgenliği değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (Ek-2, Tablo 6 ve 7). 1, 2, 3 ve 4 kodlu kumaşlardan elde edilen sonuçlara göre, kumaşın sadece bir yüzünde kullanılan özlü ipliğin tek başına hava geçirgenliğine anlamlı şekilde etki etmediği anlaşılmaktadır. 3 kodlu kumaşta görüldüğü gibi iki yüzde de özlü iplik kullanıldığında hava geçirgenliğinde anlamlı bir değişikliğin olduğu gözlenmektedir.

Hava geçirgenliği testlerinden elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, kumaşlarda silcot kullanımı hava geçirgenliği açısından anlamlı bir etkiye sahiptir.



Şekil 4.13. Kumaş numunelerinin ön ve arka yüzleri için hava geçirgenliği sonuçlarının karşılaştırılması.

4.1.3.2. Kumaşların Bağıl Su buharı Geçirgenliği Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune sandviç kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri Şekil 4.14'te grafiksel olarak verilmiştir. Elde edilen test sonuçları ANOVA ve Tukey Testi yöntemleri ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.12'de numune sandviç kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12. Numune kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	138.499 (a)	12	11.542	7.051	0.000
Intercept	33874.881	1	33874.881	20694.241	0.000
Kumaş Tipi	138.499	12	11.542	7.051	0.000
Hata	42.560	26	1.637		
Toplam	34055.940	39			
Doğrulanmış Toplam	181.059	38			

a $R^2 = 0.765$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.656$)

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı ve arka yüz ipliği olarak % 100 pamuk ve dolgu ipliği olarak PES kullanılan 1, 12 ve 13 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında ön yüzünde polikarbon/pamuk kullanılan 13 kodlu kumaşın, ön yüzünde özlü iplik kullanılan 1 kodlu kumaşa göre istatistiki olarak anlamlı şekilde daha yüksek bağıl su buharı geçirgenliği değerine sahip olduğu, fakat 13 kodlu kumaş ile ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaşın bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Yine Tukey test sonuçlarına göre, 1 kodlu kumaşın bağıl su buharı geçirgenliği değeri ile ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaşın bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 8).

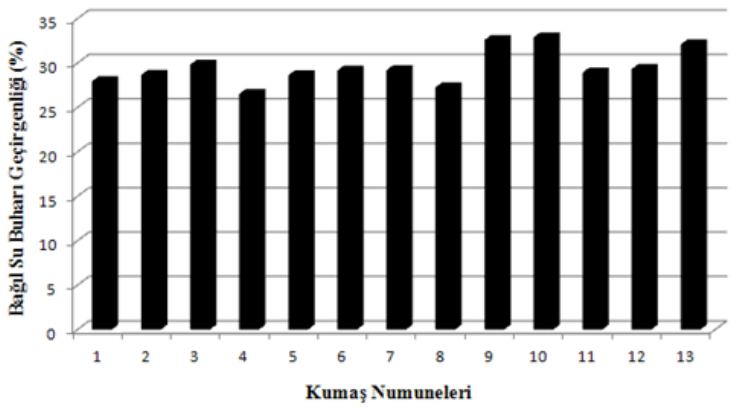
Ön, arka ve bağlantı ipliği olarak özlü iplik kullanılan ve dolgu ipliği olarak sırasıyla, bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 8, 9 ve 10 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında 9 ve 10 kodlu kumaşların 8 kodlu kumaştan daha yüksek su buharı geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.14). Tukey test sonuçlarına göre, 8 kodlu kumaşın bağıl su buharı geçirgenliği değeri ile 9 ve 10 kodlu kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 8).

Ön yüz, bağlantı ve arka yüzde özlü iplik içeren dolguda ise sırasıyla bükümlü (20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik ve bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik içeren 7 ve 8 kodlu kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 8).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüz ve bağlantıda % 100 pamuk ipliği, dolguda PES kullanılan, arka yüzde ise sırasıyla özlü iplik ve silcot içeren 2 ve 11 kodlu kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 8).

Tukey test sonuçlarına göre, bütün yapısal parametreleri aynı olan, özlü ipliğin ön yüz bağlantı ve arka yüzde kullanıldığı 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı faklılığın olmadığı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 8).

Tukey test sonuçlarına göre, ön yüzlerinde özlü iplik, bağlantıda % 100 pamuk, dolguda PES ve arka yüzlerinde sırasıyla % 100 pamuk ve özlü iplik içeren 1 ve 3 kodlu kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılığın olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 8).



Şekil 4.14. Kumaş numunelerinin bağıl su buharı geçirgenliği sonuçlarının karşılaştırılması.

4.1.3.3. Kumaşların Isıl Direnç Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Materyalin ısı akışına karşı dayanımı olarak tanımlanan ısıl direnç, kumaşların kullanım alanlarını belirlemede kullanılan önemli bir konfor parametresidir. Bu parametre kumaş kalınlığı ile doğru orantılıdır. Numune sandviç kumaşların ısıl direnç sonuçları Şekil 4.14'te, ısıl direnç-kalınlık sonuçları Şekil 4.15'te grafiksel olarak verilmiştir. Isıl direnç ve kalınlık test sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.13'te numune sandviç kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ısıl direnç değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.13. Numune kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	998.643 (a)	12	83.220	26.836	0.000
Intercept	15388.720	1	15388.720	4962.461	0.000
Kumaş Tipi	998.643	12	83.220	26.836	0.000
Hata	80.627	26	3.101		
Toplam	16467.990	39			
Doğrulanmış Toplam	1079.270	38			

a $R^2 = 0.925$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.891$)

Ön yüz, bağlantı ve arka yüz ipliği olarak özlü iplik kullanılan ve dolgu ipliği olarak sırasıyla, bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik, polikarbon/pamuk ve silcot kullanılan 8, 9 ve 10 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında 8 kodlu kumaşın 9 ve 10 kodlu kumaşlardan daha yüksek ısıl dirence sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.14). Tukey test sonuçlarına göre, 8 kodlu kumaşın ısıl direnç değeri ile 9 ve 10 kodlu kumaşların ısıl direnç değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 9). Bu sonuca göre, dolgu ipliği olarak silcot, polikarbon/pamuk ve 35 µ tel içeren bükümlü kompozit iplik kullanıldığında, 35 µ tel içeren bükümlü kompozit

ipliğin ısıl direnç özelliği açısından en yüksek etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yine Tukey sonuçlarına göre, 8 kodlu kumaşın kalınlığı 9 ve 10 kodlu kumaşların kalınlığından istatistiki olarak anlamlı şekilde yüksektir (Ek-2, Tablo 13). Kumaş kalınlığı, kumaşın ısıl ve buhar iletkenliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Malzemenin kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça, malzemenin ısıl ve buhar direnci artıp, geçirgenliği azalmaktadır [59]. 8 kodlu kumaşın ısıl direnç değeri de kalınlıkları ile doğru orantılı olarak diğer iki kumaştan yüksek çıkmıştır.

Tukey test sonuçlarına göre, dolgusunda bükümlü (20/2 p – 20 µ SS) kompozit iplik içeren 7 kodlu kumaşın ısıl direnç değerinin bükümlü (20/2 p – 35 µ SS) kompozit iplik içeren 8 kodlu kumaşın ısıl direnç değerinden istatistiki olarak anlamlı farklılığa sahip olmadığı görülmektedir (Ek-2, Tablo 9). Ayrıca 7 ve 8 kodlu kumaşların kalınlık değerlerinin arasındaki farklılığın da istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Ek-2, Tablo 13). Bu sonuç metal tel kalınlığının hem kumaş hem ısıl direnç değerleri üzerinde için anlamlı bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir.

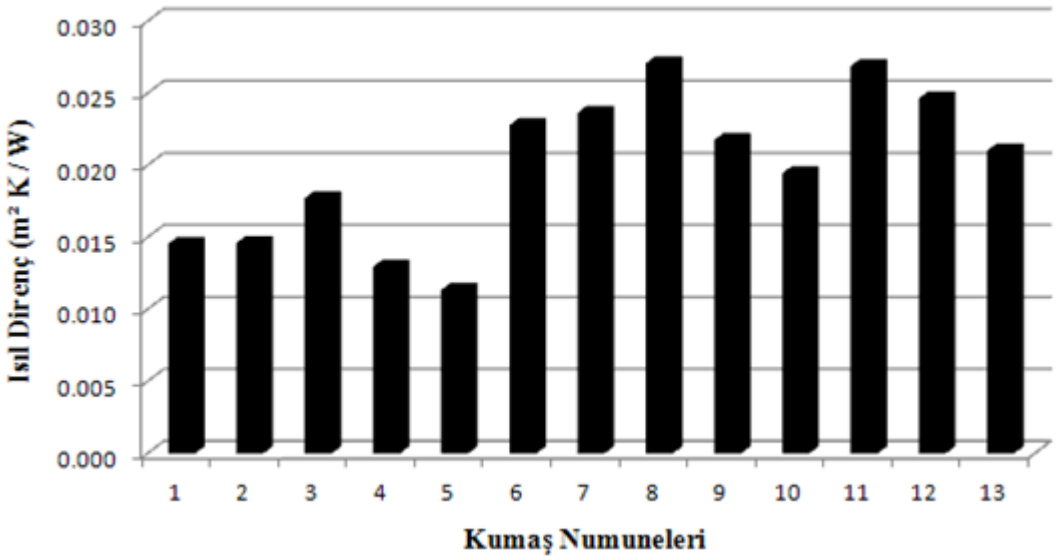
Tukey test sonuçlarına göre, bütün yapısal parametreleri aynı olan, özlü ipliğin ön yüz bağlantı ve arka yüzde kullanıldığı 1, 2 ve 4 kodlu kumaşların ısıl direnç değerleri arasında istatistiki olarak anlamlı faklılığın olmadığı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 9). Fakat bağlantı da özlü ipliğin kullanıldığı 4 kodlu kumaşın 1 ve 2 kodlu kumaşlara göre daha kalın olduğu görülmektedir (Ek-2, Tablo 13).

Tukey test sonuçlarına göre, bağlantı ve arka yüz ipliği olarak % 100 pamuk ve dolgu ipliği olarak PES içeren 1, 12 ve 13 kodlu kumaşlar karşılaştırıldığında, ön yüzünde özlü iplik kullanılan 1 kodlu kumaşın, ön yüzünde sırasıyla silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan 12 ve 13 kodlu kumaşlara göre istatistiki olarak anlamlı şekilde daha düşük ısıl direnç değerine sahip olduğu görülmektedir. Fakat yine Tukey test sonuçlarına göre, ön yüzünde silcot içeren 12 kodlu kumaşın ısıl direnç değerleri ile polikarbon/pamuk içeren 13 kodlu kumaşların ısıl direnç değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır (Ek-2, Tablo 9). Bu sonuca göre, ön yüzde polikarbon/pamuk ve silcot kullanımı ısıl direnç açısından anlamlı bir farklılık oluşturmaz iken, metal tel kullanımının silcot ve polikarbon/pamuk kullanımına göre anlamlı şekilde daha yüksek ısıl direnç sağladığı düşünülmektedir.

Ön yüz, bağlantı ve dolgu ipliği olarak % 100 pamuk içeren, arka yüz iplik olarak sırasıyla özlü iplik ve silcot içeren 2 ve 11 kodlu kumaşlar farklı ısıl direnç özelliği göstermektedir. Şekil 4.15'e göre arka yüzde silcot kullanılan 11 kodlu kumaş, arka

yüzde özlü iplik kullanılan 2 kodlu kumaşa göre daha yüksek ısıl direnç değerine sahiptir. Tukey test sonuçlarına göre, 2 kodlu kumaşın ısıl direnç değerleri ile 11 kodlu kumaşın ısıl direnç değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-2, Tablo 9). Kumaşların ön yüzünde ve arka yüzünde kullanılan silcotun, ön yüzünde ve arka yüzünde kullanılan özlü ipliğe göre daha yüksek ısıl direnç sağladığı görülmektedir.

Ön yüzlerinde özlü iplik, bağlantıda % 100 pamuk, dolguda PES ve arka yüzde sırasıyla % 100 pamuk ve özlü iplik içeren 1 ve 3 kodlu kumaşların ısıl direnç değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Ek-2, Tablo 9).



Şekil 4.15. Kumaş numunelerinin ısıl direnç sonuçlarının karşılaştırılması.

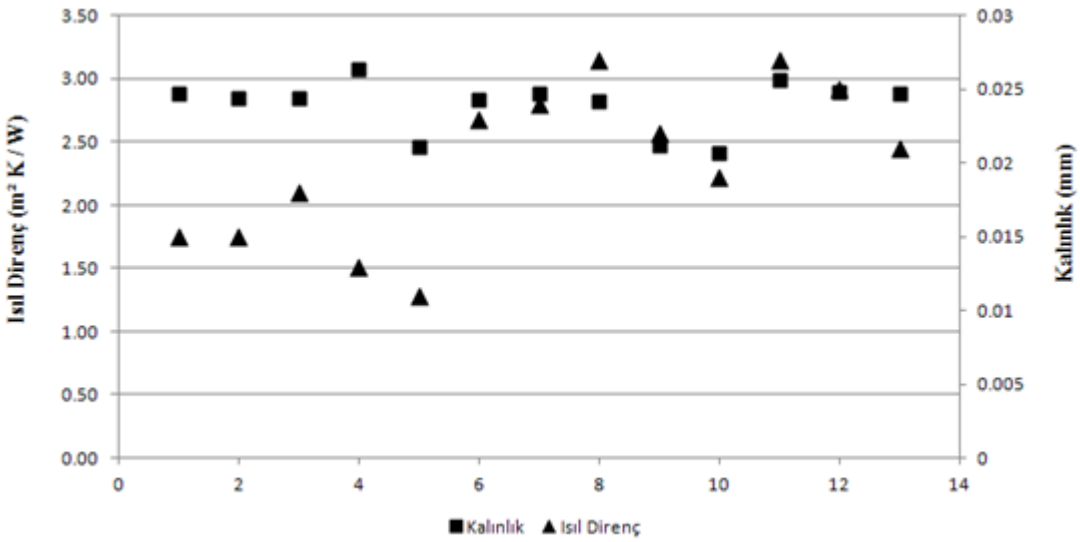
Tablo 4.13'te numune sandviç kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların ısıl direnç değerleri üzerinde kumaş tipinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.14. Numune kumaşların ısıl direnç değerleri için ANOVA sonuçları.

Kaynak	Karelerin Toplamı	Df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	5.184 (a)	12	0.432	61.094	0.000
Intercept	1015.116	1	1015.116	143566.893	0.000
Kumastipi	5.184	12	0.432	61.094	0.000
Hata	0.827	117	0.007		
Toplam	1021.127	130			
Doğrulanmış Toplam	6.011	129			

a $R^2 = 0.862$ (Ayarlanmış $R^2 = 0.848$)

Sandviç örgü yapısındaki numune kumaşların ısıl direnç-kalınlık değerlerinin sonuçları karşılaştırılmalı olarak Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Kumaş numunelerinin ısıl direnç-kalınlık ölçüm sonuçları.

4.2. SONUÇ

Çalışma kapsamında üretilen sandviç yapıdaki kumaşların eğilme dayanımı sonuçları değerlendirildiğinde, ön yüzde özlü iplik kullanımının, polikarbon/pamuk ve silcot kullanımına göre, kumaşların ön yüzlerinin hem yatay hem dikey yönde daha fazla eğilme dayanımı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ön yüzde polikarbon/pamuk kullanımının eğilme dayanımı açısından sadece yatay yönde silcota göre daha fazla etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Kumaşların arka yüzlerinin eğilme dayanımı göz önüne alındığında, ön yüzde silcot kullanılan kumaşın, polikarbon/pamuk ve özlü iplik kullanılan kumaşa göre daha yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Arka yüzde kullanılan özlü ipliğin yine arka yüzde kullanılan silcota göre kumaşların ön yüzlerinin eğilme dayanımlarını artırıcı yönde etki ettiği görülmektedir. Ayrıca, dolguda kullanılan metal telin kalınlık artışına bağlı olarak kumaşların eğilme dayanımlarının da arttığı gözlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, özlü iplik kullanılan kumaşlar ile silcot ve polikarbon/pamuk kullanılan kumaşların patlama mukavemeti değerleri arasındaki farklılığın anlamlı olduğu görülmüştür. Kullanılan metal tel kalınlığının patlama mukavemeti değerlerini etkilemediği görülmüştür.

Koaksiyel tutucu metot ile yapılan elektromanyetik kalkanlama ölçüm sonuçlarına göre, aynı örgü yapısına sahip sandviç kumaşlarda dolgu ipliği olarak silcot içeren kumaşların, metal tel ve polikarbon/pamuk içeren kumaşlara göre daha yüksek kalkanlama etkinliği gösterdiği anlaşılmaktadır. Metal tel içerikli ipliklerde kullanılan metal telin kalınlığı arttıkça kumaşların SE değerlerinin arttığı görülmektedir. Bunlara ek olarak, tüm kumaş tiplerinde frekans artışıyla SE değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu durumun frekans arttıkça dalga boyunun küçülüp, dalga enerjisinin (gücünün) artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üretilen numune sandviç kumaşların yapısında, ön yüzde silcot kullanımı kalkanlama özelliğine katkı sağlamazken metal tel ve polikarbon kullanılan kumaşlaraın kalkanlama özelliğine sahip oldukları görülmüştür. Buna ilave olarak, silcotun arka yüzde kullanımının da kumaşların kalkanlama özelliğine etki etmediği görülmüştür. Elde edilen verilere göre metal tel kalınlığı arttıkça kumaşların SE değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.

Günlük hayatta radyo, televizyon, telsiz telefon, cep telefonları gibi elektromanyetik ışıma yayan cihazların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu cihazların yaydıkları

elektromanyetik dalgaların frekans aralıkları da kendi aralarında farklılık göstermektedir. Sıklıkla maruz kaldığımız elektromanyetik alanlar VHF (30 – 300 MHz) ve UHF (300 – 3000 MHz) frekans aralığındadır. Bu çalışma kapsamında üretilen sandviç kumaşların 100-300 MHz ve 300-1000 MHz frekans aralıkları için kaydedilen tüm SE sonuçları değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre, silcotun kumaş içerisinde metal olmaksızın tek başına elektromanyetik kalkanlama sağlamadığı görülmüştür. Diğer yandan silcot ipliği dolguda kullanılıp ön yüz, bağlantı ve arka yüzde metal içerikli özlü iplik kullanıldığında dolgusunda silcot içeren kumaşın, dolgusunda 18 (özlü)/2 iplik, bükümlü (20/2 p – 20 μ SS) ve polikarbon/pamuk içeren kumaşlara göre daha yüksek elektromanyetik kalkanlama sağladığı görülmektedir. Ayrıca, kumaşlarda SE değerleri üzerinde metal içerikli özlü ipliğin arka yüzde kullanımının ön yüzde kullanımından daha fazla etki ettiği anlaşılmaktadır.

Elektromanyetik ışıma yoğunluğu ölçer test cihazında (spektran), 446 MHz frekansta yapılan ölçümlerin sonuçları değerlendirildiğinde, bağlatıda özlü iplik kullanılan kumaşın, ön yüz ve arka yüzde özlü iplik kullanılan kumaşlara göre daha yüksek SE değerleri verdiği görülmektedir. Ayrıca, kumaş yapısında sadece silcot ipliği kullanımının kumaşın kalkanlama etkinliğine herhangi bir katkı sağlamadığı anlaşılmaktadır. Bu durumun kesikli lif iplikçiliği yöntemi ile iletken kesikli liflerin yapıya belirli oranda (%10) dahil edilmesinin, kalkanlama için gerekli elektriksel iletkenliği tam olarak sağlayamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 446 MHz frekansta, kumaşların ön yüzlerinde kullanılan silcot ve polikarbon/pamuk ipliklerinin kumaşların SE değerlerini etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Kumaşların hava geçirgenliği özelliğine silcot ve polikarbon/pamuk karışımının katkısının metal telin katkısından daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun gümüş kaplı poliamid ipliğinin ve polikarbonun sandviç örgü yapısına kesikli olarak katılması ve bunun sonucunda da kumaşın nefes alabilirliğine imkan tanımasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, metal tel kalınlığının numune sandviç kumaşların hava geçirgenliği üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı görülmektedir. Buna ek olarak, arka yüzünde özlü iplik kullanılan kumaşın, silcot kullanılan kumaşa göre düşük, % 100 pamuk ipliği kullanılan kumaşa göre yüksek hava geçirgenliği sağladığı anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında üretilen sandviç kumaşlarda polikarbon/pamuk içeren kumaşların özlü iplik içeren kumaşlara göre daha yüksek bağıl su buharı geçirgenliğine sahip

oldukları görülmektedir. Arka yüz ipliği olarak metal tel içerikli özlü iplik içeren kumaşlar ile silcot içeren kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Ayrıca dolgu ipliği olarak metal tel içerikli bükümlü kompozit iplik kullanımının, sandviç kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerini düşürdüğü anlaşılmaktadır. Buna ek olarak, metal tel kalınlığının bağıl su buharı geçirgenliği açısından anlamlı bir etkiye sahip olmadığı anlaşılmaktadır.

Metal tel kalınlığının ısıl direnç için anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Ön yüz ve arka yüzde özlü iplik kullanılan kumaşların ısıl direnç değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Fakat bağlantı ipliği olarak özlü iplik kullanımı ön yüz ve arka yüze göre anlamlı bir etki oluşturmuştur. Ayrıca dolgu ipliği olarak silcot kullanımı kumaşların ısıl direncini azaltmaktadır. Kumaş kalınlığı, kumaşın ısıl ve buhar iletkenliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Malzemenin kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça, malzemenin ısıl ve buhar direnci artıp, geçirgenliği azalmaktadır. Numune kumaşların kalınlıkları ve ısıl dirençleri birlikte değerlendirildiğinde, ön yüzünde ve arka yüzünde silcot kullanılan kumaşların, ön yüz ve arka yüzünde özlü iplik kullanılan kumaşa göre, kumaş kalınlıklarıyla doğru orantılı olarak yüksek ısıl dirence sahip oldukları görülmüştür. Polikarbon/pamuk ipliğinin kumaşların ön yüzünde kullanıldığında kumaş kalınlığından bağımsız olarak ısıl direnç sağladığı görülmektedir.

4.3. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında koaksiyel tutucu metot ve yeni geliştirilen spektran metodu kullanılarak geliştirilen sandviç kumaşların elektromanyetik kalkanlama özellikleri incelenmiştir. Gelecekteki çalışmalarda daha geniş frekans aralığında ölçüm yapma imkanı sunan yankısız oda metodu kullanılarak kumaşların elektromanyetik ışımayı kalkanlama özellikleri incelenebilir.

Çalışma kapsamında, elektromanyetik ışımaya karşı koruyucu özellikte üretilen kumaş numunelerinin kalkanlama etkinliği ile çeşitli fiziksel ve konfor özelliklerini belirlemek için ham halde ölçümler yapılmıştır. Ancak nihai ürün ile ilgili değerlendirmelerin yapılabilmesi için kumaşların terbiye, boyama ve bitim işlemleri sonrası belirtilen özelliklerinin değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Geliştirilen sandviç kumaşların, elektromanyetik amaçlı, inşaatlarda, deniz taşıtlarında, özel iş kıyafetleri imalatında kullanılabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca geliştirilen sandviç yapıda kumaşlar, sadece elektromanyetik yalıtım amaçlı değil, ses yalıtımına ihtiyaç duyulan alanlarda da kullanılabilirler.

KAYNAKLAR

1. Kılıç, G., Örtlek G.H., Saraçoğlu, Ö.G., 2009. Elektromanyetik çevre kirliliği ve bu kirlilikten korunmada tekstil çözümleri. **Tekstil ve Mühendis**, **67**: 23-35.
2. Palamutçu S., Dağ N., 2009. Fonksiyonel tekstiller I: elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstil yüzeyleri. **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **3** (1): 87-101.
3. **http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/print.html**, Mart 2012.
4. Altun, N., 2001. Elektromanyetik dalgaların insan vücudu üzerindeki biyolojik etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
5. Ulukut, Ö., 2005. Endüstriyel EM alanlara maruz kalma, standartlar, ölçüm prosedürlerinin geliştirilmesi ve ölçümlerin simülasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
6. **http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler/e_radyasyon.pdf**, Eylül 2008.
7. Brauner, C., 1996. Electrosmog- A phantom risk. Swiss Reinsurance Company.
8. Can, M., 2008. Metal filament takviyeli çekirdek ipliklerden üretilmiş kumaşların mekanik ve elektromanyetik özelliklerinin incelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
9. Kılıç, G., 2010. Elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte antistatik örme kumaşların üretimi için farklı kompozit ipliklerin geliştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
10. Su, C.I., Chern, J.T., 2004. Effect of stainless steel-containing fabrics on electromagnetic shielding effectiveness. **Textile Res. J.**, **74** (1): 51-54.
11. Cengiz, S., 2009. Elektromanyetik girişimden korunmada ekranlama etkinliği ve elektromanyetik ekranlama uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
12. Kılıç, G., Örtlek, H.G., Saraçoğlu, Ö.G., 2009. Elektromanyetik Radyasyona Karşı Koruyucu Tekstillerin Ekranlama Etkinliği (SE) Ölçüm Yöntemleri, **Tekstil ve Mühendis**, sayı. **72**, s. 7-15.
13. Więckowski T.W., Janukiewicz J.M., 2006. Methods for evaluating the shielding effectiveness of textiles. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, **14**, 5 (59).
14. ASTM D 4935-99, 2001. Standard test method for measuring the electromagnetic shielding effectiveness of planar materials. ASTM.

15. David, V., Vremera, E., Salceanu, A., Nica, I., Baltag, O., 2007. On the characterization of electromagnetic shielding effectiveness of materials. 15-th IMEKO TC 4 International Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation, I: 73-78.
16. Chen, H.C., Lee, K.C. Lin, J.H., Koch, M., 2007. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness properties of diverse conductive textiles via various measurement techniques. **Journal of Materials Processing Technology**, **192-193**: 549–554.
17. Vasquez, H., Espinoza, L., Lozano, K., Foltz, H., Yang, S., 2009. Simple device for electromagnetic ınterference shielding effectiveness measurement. IEEE, 62-68.
18. Soyaslan, D., Çömlekçi., S., Göktepe, Ö., 2010. Determination of electromagnetic shielding performance of plain knitting and 1X1 rib structures with coaxial test fixture relating to ASTM D4935. **Journal of the Textile Institute**, **101** (10): 890–897.
19. Dağ, N., 2010. İletken tekstil yüzeylerinde elektromanyetik kalkanlama özelliğinin araştırılması. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
20. IEEE-STD-299, 2006. IEEE standard method for measuring the effectiveness of electromagnetic shielding enclosures. IEEE National Standards Institute.
21. Erdödi, K. N., Gregasz, T., 2011. Measuring of protecting effect of textiles aganist electromagnetic radiation. AUTEX 2011 Conference, 8-10: 882-885.
22. Duran, D., Kadoğlu, H., 2011. Shielding characteristics of conductive woven fabrics. AUTEX 2011 Conference, 8-10: 1108-1112.
23. Ortlek, H.G., Saracoglu, O.G., Saritas, O., Bilgin S., 2011. Electromagnetic shielding characteristics of woven fabrics made of hybrid yarns containing metal wire, **Fibers and Polymers**, **17**: 1-5.
24. Duran, D., Kadoğlu H., , Dimitrovski, K., Nikolić M., Celik, P., Demsar, A., Zupin, Z., Tavčer, P.F., Ureyen, M.E., Bedez, T., 2009. Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrıcs produced with conductıve core yarns. AUTEX 2009 World Textile Conference, 26-28: 779-786.
25. Çeken, F., Kayacan Ö., Özkurt, A., Uğurlu, Ş.S., 2011. The electromagnetic shielding properties of some conductive knitted fabrics produced on single or double needle bed of a flat knitting machine. **Journal of the Textile Institute**, 1-12.

26. Çeken, F., Erdoğan, Ü.H., Kayacan, O., Uğurlu, Ş.S., 2011. Electromagnetic shielding efficiency of nonwoven insulation panels designed with recycled textiles and copper wires. **Journal of The Textile Institute**, 1-722.
27. Ertekin, G., Marmaralı, A., 2010. Sandviç kumaşlar. **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **4** (1).
28. Frp Services & Co. Ltd. Teknik Broşürü, **http://www.frpservices.com/Africa/EN/B/3d-spacer-fabric.html**, Eylül 2011.
29. Manley, S., 2004. The development of woven velours for the transportation market, journal of textile and apparel. **Technology and Management**, **3** (4): 1-14.
30. Said S.M., 2007. Development of the weaving machine and 3D woven spacer fabric structures for lightweight composites materials. Technischen Universitat Dresden, Ph. D. Thesis, Germany
31. Vasile, S., Langenhove, L.V., Meulemeester, S., 2006. Effect of production process parametres on different properties of a nonwoven spacer produced on a 3D web linker. **Fibers & Textiles in Eastern Europe**, 14, **4** (58): 68-74.
32. Bruer, S., Powell, N., Smith, G., 2005. Three-dimensionally knit spacer fabrics: a review of production techniques and applications. **Journal of Textile and Apparel, Technology and Management**, vol 4 (4), 1-31.
33. Armakan, Mecit, H.D., 2007. Sandviç Kumaşlar. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **4**.
34. Armakan, Mecit, H.D., 2005. Development and defining of characterization method for 3D spacer fabrics considering concrete applications. ITA.
35. Abounaim, Md., 2010. Process development for the manufacturing of at knitted innovative 3D spacer fabrics for high performance composite applications. Technischen Universitat Dresden, Master's Thesis., Germany.
36. Araujo, M., Fangueiro, R., Hong, H., 2004. Modelling and simulation of the mechanical behavior of weft knitted fabrics for technical applications. Part IV: 3D FEA model with a mesh of tetrahedric elements, **AUTEX Research Journal**, **2**.
37. Yıldırım, M., 2008. Üç boyutlu boşluklu yuvarlak örme kumaşların antistatik ve termal özelliklerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
38. Karl mayer warp knitting technology, **http://www.sampecarolinas.org/events_4-19keynote.pdf**, Nisan, 2007.

39. Yılmaz, S., 2008. Üç boyutlu örme kumaşlar. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

40. Slater K. (1993). Physical testing and quality control. **The Textile Institute Publications**, **Textile Progress**, Number: **23**, No: 1/2/3, 171 s., England.

41. Güneşoğlu, S., 2005. Sportif amaçlı giysilerin konfor özelliklerin araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bursa.

42. Kaplan, S., 2009. Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri, Doktora Tezi, İzmir.

43. Hollies, N.R., L. Fourt, 1970. Clothing Comfort and Function, **Textile Research Journal**, **55**, 394-399.

44. Kaplan, S., Okur, A.,2005. Kumaşların geçirgenlik-iletkenlik özelliklerinin giysi termal konforu üzerindeki etkiler. **Tekstil Maraton**, 56-65.

45. Çoban, S., Namlıgöz, E.S., 2005. Termofizyolojik giysi konforu ve test cihazları. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **15** (4): 245-252.

46. Kanat, Z.E., 2007. Farklı ipliklerde dokunan kumaşların konfor özelliklerinin karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

47. Gürcüm, B.H., 2007. T.C. deniz kuvvetleri komutanlığı yüzer birliklerinden giyilen eğitim elbisesinde kullanılan kumaşların termofizyolojik konforu sağlayacak şekilde optimizasyonu. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

48. Turan, R.B., Okur, A., Kumaşlarda hava geçirgenliği. **Tekstil ve Mühendis**, **72**: 17-25.

49. Karalomlu, E., 2010. Askeri amaçlı kullanılan fonksiyonel kumaşların konfor özelliklerinin incelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

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

51. **http://www.net-bilgi.com/su-buhari-nedir-net-bilgi**, Mayıs 2011.

52. Bilgi, M., Kalaoğlu, F., 2010. Özel apre tekniklerinin askeri kumaşların performans ve konforu üzerindeki etkileri. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **4**: 343-347.

53. Uğur, Ş.S., Sivri, Ç., 2008. Tekstil materyallerinde su buharı geçirgenliği ölçüm metotlarının karşılaştırılması. **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **3**: 13-20.

54. Güney, F.Ü., 2008. Koruyucu giysilerde konfor şartlarının incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

55. Okur, A., Küçüka, S., Kaplan, S., 2008. Giysi termal konforunun belirlenmesine yönelik bir yöntem geliştirilmesi, Tübitak Hızlı Destek Projesi 107M200: 1-74.

56. **http://www.mtnw-usa.com/thermalsystems/products/hotplate/sghp.php**, Mayıs, 2011.

57. Kanat, Z.E., 2007. Farklı ipliklerde dokunan kumaşların konfor özelliklerinin karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

58. Sivri, Ç., 2008. Membranlarla lamine edilmiş nefes alabilir kumaşların konfor özelliklerinin incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

59. Blaga, M., Ati, C., Marmaralı, A., Mihai, A., 2009. High comfort knitted fabrics for linings of orthopaedics footwear. International Round Table, Clothing Comfort Condition of Life Quality, Romania.

60. Dhouib, A.B., El-Ghezal S., Cheikhrouhou M., 2006. A study of the impact of elastane ratio on mechanical properties of cotton wrapped elastane-core spun yarns, **JOTI**, Vol. **97** No. 2 pp. 167–172.

EK – 1

Tablo 1. Numune sandviç kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
1	2	30.4600(*)	0.000
	3	27.4000(*)	0.000
	4	2.5600	1.000
	5	28.2000(*)	0.000
	6	5.9600	0.994
	7	5.3800	0.998
	8	25.1000(*)	0.001
	9	29.0600(*)	0.000
	10	23.8800(*)	0.002
	11	21.3200(*)	0.008
	12	37.7400(*)	0.000
	13	9.8600	0.785
2	3	3.0600	1.000
	4	33.0200(*)	0.000
	5	58.6600(*)	0.000
	6	36.4200(*)	0.000
	7	35.8400(*)	0.000
	8	5.3600	0.998
	9	59.5200(*)	0.000
	10	54.3400(*)	0.000
	11	51.7800(*)	0.000
	12	68.2000(*)	0.000
	13	40.3200(*)	0.000
3	4	29.9600(*)	0.000
	5	55.6000(*)	0.000
	6	33.3600(*)	0.000
	7	32.7800(*)	0.000
	8	2.3000	1.000
	9	56.4600(*)	0.000
	10	51.2800(*)	0.000
	11	48.7200(*)	0.000
	12	65.1400(*)	0.000
	13	37.2600(*)	0.000
4	5	25.6400(*)	0.001
	6	3.4000	1.000
	7	2.8200	1.000
	8	27.6600(*)	0.000
	9	26.5000(*)	0.000
	10	21.3200(*)	0.008
	11	18.7600(*)	0.033
	12	35.1800(*)	0.000
	13	7.3000	0.968
5	6	22.2400(*)	0.005

Tablo 1. Numune sandviç kumaşların ÖYD eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

	7	22.8200(*)	0.003
	8	53.3000(*)	0.000
	9	0.8600	1.000
	10	4.3200	1.000
	11	6.8800	0.980
	12	9.5400	0.819
	13	18.3400(*)	0.042
6	7	-0.5800	1.000
	8	-31.0600(*)	0.000
	9	23.1000(*)	0.003
	10	17.9200	0.051
	11	15.3600	0.166
	12	31.7800(*)	0.000
	13	3.9000	1.000
7	8	30.4800(*)	0.000
	9	23.6800(*)	0.002
	10	18.5000(*)	0.038
	11	15.9400	0.130
	12	32.3600(*)	0.000
	13	4.4800	1.000
8	9	54.1600(*)	0.000
	10	48.9800(*)	0.000
	11	46.4200(*)	0.000
	12	62.8400(*)	0.000
	13	34.9600 (*)	0.000
9	10	5.1800	0.998
	11	7.7400	0.951
	12	8.6800	0.895
	13	19.2000 (*)	0.026
10	11	2.5600	1.000
	12	13.8600	0.294
	13	1.0200	0.278
11	12	16.4200	0.105
	13	11.4600	0.587
12	13	27.8800(*)	0.000

Tablo 2. Numune kumaşların ÖYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
1	2	39.2000(*)	0.000
	3	1.2400	1.000
	4	76.3000(*)	0.000
	5	84.8800(*)	0.000
	6	10.7200	0.968
	7	43.8200(*)	0.000
	8	15.0800	0.741
	9	28.0000(*)	0.029
	10	56.0600(*)	0.000
	11	53.0000(*)	0.000
	12	74.9600(*)	0.000
	13	70.0600(*)	0.000
2	3	40.4400(*)	0.000
	4	37.1000(*)	0.001
	5	45.6800(*)	0.000
	6	49.9200(*)	0.000
	7	4.6200	1.000
	8	54.2800(*)	0.000
	9	11.2000	0.956
	10	16.8600	0.587
	11	13.8000	0.835
	12	35.7600(*)	0.001
	13	30.8600(*)	0.010
3	4	77.5400(*)	0.000
	5	86.1200(*)	0.000
	6	9.4800	0.988
	7	45.0600(*)	0.000
	8	13.8400	0.832
	9	29.2400(*)	0.018
	10	57.3000(*)	0.000
	11	54.2400(*)	0.000

Tablo 2. Numune kumaşların ÖYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	76.2000(*)	0.000
	13	71.3000(*)	0.000
4	5	8.5800	0.995
	6	87.0200(*)	0.000
	7	32.4800(*)	0.005
	8	91.3800(*)	0.000
	9	48.3000(*)	0.000
	10	20.2400	0.305
	11	23.3000	0.136
	12	1.3400	1.000
	13	6.2400	1.000
5	6	95.6000(*)	0.000
	7	41.0600(*)	0.000
	8	99.9600(*)	0.000
	9	56.8800(*)	0.000
	10	28.8200(*)	0.021
	11	31.8800(*)	0.007
	12	9.9200	0.983
	13	14.8200	0.762
6	7	54.5400(*)	0.000
	8	4.3600	1.000
	9	38.7200(*)	0.000
	10	66.7800(*)	0.000
	11	63.7200(*)	0.000
	12	85.6800(*)	0.000
	13	80.7800(*)	0.000
7	8	58.9000(*)	0.000
	9	15.8200	0.679
	10	12.2400	0.920
	11	9.1800	0.991
	12	31.1400(*)	0.009
	13	26.2400	0.054
8	9	43.0800(*)	0.000
	10	71.1400(*)	0.000

Tablo 2. Numune kumaşların ÖYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	11	68.0800(*)	0.000
	12	90.0400(*)	0.000
	13	85.1400(*)	0.000
9	10	28.0600(*)	0.028
	11	25.0000	0.081
	12	46.9600(*)	0.000
	13	42.0600(*)	0.000
10	11	3.0600	1.000
	12	18.9000	0.408
	13	14.0000	0.822
11	12	21.9600	0.198
	13	17.0600	0.569
12	13	4.9000	1.000

Tablo 3. Numune kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
1	2	16.9400	0.059
	3	32.8600(*)	0.000
	4	0.9000	1.000
	5	24.8000(*)	0.000
	6	26.7200(*)	0.000
	7	9.9200	0.730
	8	17.9200(*)	0.035
	9	11.1800	0.561
	10	13.1400	0.311
	11	6.4400	0.983
	12	18.3600(*)	0.027
	13	5.8800	0.992
2	3	15.9200	0.097
	4	17.8400(*)	0.036
	5	41.7400(*)	0.000
	6	9.7800	0.748
	7	7.0200	0.967
	8	0.9800	1.000
	9	28.1200(*)	0.000
	10	30.0800(*)	0.000
	11	10.5000	0.654
	12	1.4200	1.000
	13	22.8200(*)	0.002
3	4	33.7600(*)	0.000
	5	57.6600(*)	0.000
	6	6.1400	0.989
	7	22.9400(*)	0.002
	8	14.9400	0.152
	9	44.0400(*)	0.000
	10	46.0000(*)	0.000

Tablo 3. Numune kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	11	26.4200(*)	0.000
	12	14.5000	0.184
	13	38.7400(*)	0.000
4	5	23.9000(*)	0.001
	6	27.6200(*)	0.000
	7	10.8200	0.611
	8	18.8200(*)	0.021
	9	10.2800	0.684
	10	12.2400	0.419
	11	7.400	0.955
	12	19.2600(*)	0.016
	13	4.9800	0.998
5	6	51.5200(*)	0.000
	7	34.7200(*)	0.000
	8	42.7200(*)	0.000
	9	13.6200	0.261
	10	11.6600	0.496
	11	31.2400(*)	0.000
	12	43.1600(*)	0.000
	13	18.9200(*)	0.020
6	7	16.8000	0.063
	8	8.8000	0.855
	9	37.9000(*)	0.000
	10	39.8600(*)	0.000
	11	20.2800(*)	0.009
	12	8.3600	0.893
	13	32.6000(*)	0.000
7	8	8.0000	0.919
	9	21.1000(*)	0.005
	10	23.0600(*)	0.002
	11	3.4800	1.000
	12	-8.4400	0.886
	13	15.8000	0.103
8	9	29.1000(*)	0.000

Tablo 3. Numune kumaşların AYD eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	31.0600(*)	0.000
	11	11.4800	0.520
	12	-0.4400	1.000
	13	23.8000(*)	0.001
9	10	1.9600	1.000
	11	-17.6200(*)	0.041
	12	-29.5400(*)	0.000
	13	-5.3000	0.997
10	11	-19.5800(*)	0.014
	12	-31.5000(*)	0.000
	13	-7.2600	0.958
11	12	-11.9200	0.461
	13	12.3200	0.409
12	13	24.2400(*)	0.001

Tablo 4. Numune kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
1	2	-49.3400(*)	0.000
	3	-39.2600(*)	0.000
	4	-20.2000(*)	0.000
	5	14.8400(*)	0.014
	6	-40.9400(*)	0.000
	7	-18.2800(*)	0.001
	8	-24.2000(*)	0.000
	9	9.0800	0.460
	10	10.7800	0.211
	11	12.4200	0.080
	12	-8.7200	0.524
	13	-0.9400	1.000
2	3	10.0800	0.300
	4	29.1400(*)	0.000
	5	64.1800(*)	0.000
	6	8.4000	0.581
	7	31.0600(*)	0.000
	8	25.1400(*)	0.000
	9	58.4200(*)	0.000
	10	60.1200(*)	0.000
	11	61.7600(*)	0.000
	12	40.6200(*)	0.000
	13	48.4000(*)	0.000
3	4	19.0600(*)	0.000
	5	54.1000(*)	0.000
	6	-1.6800	1.000
	7	20.9800(*)	0.000
	8	15.0600(*)	0.012
	9	48.3400(*)	0.000
	10	50.0400(*)	0.000

Tablo 4. Numune kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	11	51.6800(*)	0.000
	12	30.5400(*)	0.000
	13	38.3200(*)	0.000
4	5	35.0400(*)	0.000
	6	-20.7400(*)	0.000
	7	1.9200	1.000
	8	-4.0000	0.997
	9	29.2800(*)	0.000
	10	30.9800(*)	0.000
	11	32.6200(*)	0.000
	12	11.4800	0.143
	13	19.2600(*)	0.000
5	6	-55.7800(*)	0.000
	7	-33.1200(*)	0.000
	8	-39.0400(*)	0.000
	9	-5.7600	0.944
	10	-4.0600	0.997
	11	-2.4200	1.000
	12	-23.5600(*)	0.000
	13	-15.7800(*)	0.007
6	7	22.6600(*)	0.000
	8	16.7400(*)	0.003
	9	50.0200(*)	0.000
	10	51.7200(*)	0.000
	11	53.3600(*)	0.000
	12	32.2200(*)	0.000
	13	40.0000(*)	0.000
7	8	-5.9200	0.933
	9	27.3600(*)	0.000
	10	29.0600(*)	0.000
	11	30.7000(*)	0.000
	12	9.5600	0.379
	13	17.3400(*)	0.002
8	9	33.2800(*)	0.000

Tablo 4. Numune kumaşların AYY eğilme dayanımı değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	34.9800(*)	0.000
	11	36.6200(*)	0.000
	12	15.4800(*)	0.009
	13	23.2600(*)	0.000
9	10	1.7000	1.000
	11	3.3400	0.999
	12	-17.8000(*)	0.001
	13	-10.0200	0.309
10	11	1.6400	1.000
	12	-19.5000(*)	0.000
	13	-11.7200	0.124
11	12	-21.1400(*)	0.000
	13	-13.3600(*)	0.043
12	13	7.7800	0.692

Tablo 5. Numune kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	38,5000	0,840
	3	68,6667	0,128
	4	60,8667	0,250
	5	154,0667(*)	0,000
	6	115,4000(*)	0,001
	7	86,5667(*)	0,021
	8	137,4667(*)	0,000
	9	166,6667(*)	0,000
	10	118,6667(*)	0,001
	11	59,9667	0,268
	12	122,0333(*)	0,000
	13	119,5333(*)	0,000
2	3	30,1667	0,965
	4	22,3667	0,997
	5	115,5667(*)	0,001
	6	76,9000	0,058
	7	48,0667	0,581
	8	98,9667(*)	0,005
	9	128,1667(*)	0,000
	10	80,1667(*)	0,041
	11	21,4667	0,998
	12	83,5333(*)	0,029
	13	81,0333(*)	0,038
3	4	-7,8000	1,000
	5	85,4000(*)	0,024
	6	46,7333	0,620
	7	17,9000	1,000
	8	68,8000	0,127
	9	98,0000(*)	0,524
	10	50,0000	0,006
	11	-8,7000	1,000

Tablo 5. Numune kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	53,3667	0,428
	13	50,8667	0,498
4	5	93,2000(*)	0,010
	6	54,5333	0,397
	7	25,7000	0,990
	8	76,6000	0,060
	9	105,8000(*)	0,002
	10	57,8000	0,316
	11	-0,9000	1,000
	12	61,1667	0,244
	13	58,6667	0,296
5	6	-38,6667	0,836
	7	-67,5000	0,143
	8	-16,6000	1,000
	9	12,6000	1,000
	10	-35,4000	0,900
	11	-94,1000(*)	0,009
	12	-32,0333	0,947
	13	-34,5333	0,914
6	7	-28.8333	0,975
	8	22.0667	0,997
	9	51.2667	0,487
	10	3.2667	1,000
	11	-55.4333	0,373
	12	6.6333	1,000
	13	4.1333	1,000
7	8	50,9000	0,497
	9	80,1000(*)	0,042
	10	32,1000	0,946
	11	-26,6000	0,987
	12	35,4667	0,899
	13	32,9667	0,936
8	9	29,2000	0,972
	10	-18,8000	0,999
	11	-77,5000	0,054

Tablo 5. Numune kumaşların ön yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	-15,4333	1,000
	13	-17,9333	1,000
9	10	-48,0000	0,583
	11	-106,7000(*)	0,002
	12	-44,6333	0,681
	13	-47,1333	0,608
10	11	-58,7000	0,295
	12	3,3667	1,000
	13	0,8667	1,000
11	12	62,0667	0,227
	13	59,5667	0,277
12	13	-2,5000	1,000

Tablo 6. Numune kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	45,1667	0,965
	3	20,6667	1,000
	4	19,3333	1,000
	5	108,7667	0,088
	6	100,2333	0,150
	7	131,8667(*)	0,018
	8	43,3667	0,974
	9	140,6000(*)	0,009
	10	129,1000(*)	0,022
	11	51,8667	0,912
	12	96,4667	0,187
	13	99,1000	0,160
2	3	-24,5000	1,000
	4	-25,8333	1,000
	5	63,6000	0,741
	6	55,0667	0,875
	7	86,7000	0,313
	8	-1,8000	1,000
	9	95,4333	0,198
	10	83,9333	0,358
	11	6,7000	1,000
	12	51,3000	0,918
	13	53,9333	0,889
3	4	-1,3333	1,000
	5	88,1000	0,292
	6	79,5667	0,434
	7	111,2000	0,075
	8	22,7000	1,000
	9	119,9333(*)	0,042
	10	108,4333	0,090
	11	31,2000	0,998
	12	75,8000	0,505

Tablo 6. Numune kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	78,4333	0,455
4	5	89,4333	0,273
	6	80,9000	0,410
	7	112,5333	0,990
	8	24,0333	0,069
	9	121,2667(*)	1,000
	10	109,7667	0,083
	11	32,5333	0,998
	12	77,1333	0,480
	13	79,7667	0,431
5	6	-8,5333	1,000
	7	23,1000	1,000
	8	-65,4000	0,708
	9	31,8333	0,998
	10	20,3333	1,000
	11	-56,9000	0,850
	12	-12,3000	1,000
	13	-9,6667	1,000
6	7	31,6333	0,998
	8	-56,8667	0,851
	9	40,3667	0,985
	10	28,8667	0,999
	11	-48,3667	0,944
	12	-3,7667	1,000
	13	-1,1333	1,000
7	8	-88,5000	0,287
	9	8,7333	1,000
	10	-2,7667	1,000
	11	-80,0000	0,426
	12	-35,4000	0,995
	13	-32,7667	0,997
8	9	97,2333	0,179
	10	85,7333	0,329
	11	8,5000	1,000
	12	53,1000	0,899

Tablo 6. Numune kumaşların arka yüzlerinin patlama mukavemeti değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	55,7333	0,866
9	10	-11,5000	1,000
	11	-88,7333	0,283
	12	-44,1333	0,970
	13	-41,5000	0,981
10	11	-77.2333	0,478
	12	-32.6333	0,998
	13	-30.0000	0,999
11	12	44.6000	0,968
	13	47.2333	0,952
12	13	2.6333	1,000

Tablo 7. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Onemlilik
1	2	-16,40	0,999
	3	-82,60(*)	0,002
	4	-7,80	1,000
	5	-12,60	1,000
	6	-142,00(*)	0,000
	7	-216,00(*)	0,000
	8	-218,80(*)	0,000
	9	-223,60(*)	0,000
	10	-356,20(*)	0,000
	11	-111,80(*)	0,000
	12	-145,40(*)	0,000
	13	-129,20(*)	0,000
2	3	-66,20(*)	0,031
	4	8,60	1,000
	5	3,80	1,000
	6	-158,40(*)	0,000
	7	-199,60(*)	0,000
	8	-202,40(*)	0,000
	9	-207,20(*)	0,000
	10	-339,80(*)	0,000
	11	-95,40(*)	0,000
	12	-129,00(*)	0,000
	13	-112,80(*)	0,000
3	4	74,80(*)	0,008
	5	70,00(*)	0,017
	6	-75,80(*)	0,007
	7	-133,40(*)	0,000
	8	-136,20(*)	0,000
	9	-141,00(*)	0,000

Tablo 7. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	-273,60(*)	0,000
	11	-29,20	0,919
	12	-62,80	0,051
	13	-46,60	0,355
4	5	-4,80	1.000
	6	-150,60(*)	0.000
	7	-208,20(*)	0.000
	8	-211,00(*)	0.000
	9	-215,80(*)	0.000
	10	-348,40(*)	0.000
	11	-104,00(*)	0.000
	12	-137,60(*)	0.000
	13	-121,40(*)	0.000
5	6	-145,80(*)	0,000
	7	-203,40(*)	0,000
	8	-206,20(*)	0,000
	9	-211,00(*)	0,000
	10	-343,60(*)	0,000
	11	-99,20(*)	0,000

Tablo 7. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
6	7	-57,60	0,104
	8	-60,40	0,072
	9	-65,20(*)	0,036
	10	-197,80(*)	0,000
	11	46,60	0,355
	12	13,00	1,000
	13	29,20	0,919
7	8	-2,80	1,000
	9	-7,60	1,000
	10	-140,20(*)	0,000
	11	104,20(*)	0,000
	12	70,60(*)	0,016
	13	86,80(*)	0,001

Tablo 7. Numune kumaşların ön yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
8	9	-4,80	1,000
	10	-137,40(*)	0,000
	11	107,00(*)	0,000
	12	73,40(*)	0,010
	13	89,60(*)	0,001
9	10	-132,60(*)	0,000
	11	111,80(*)	0,000
	12	78,20(*)	0,004
	13	94,40(*)	0,000
10	11	244,40(*)	0,000
	12	210,80(*)	0,000
	13	227,00(*)	0,000
11	12	-33,60	0,814
	13	-17,40	0,999
12	13	16,20	0,999

Tablo 8. Numune kumaşların arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	-1,80	1,000
	3	-70,40(*)	0,000
	4	2,00	1,000
	5	-15,20	0,996
	6	-144,40(*)	0,000
	7	-196,00(*)	0,000
	8	-208,60(*)	0,000
	9	-219,00(*)	0,000
	10	-330,20(*)	0,000
	11	-108,80(*)	0,000
	12	-139,40(*)	0,000
	13	-124,00(*)	0,000
2	3	-68,60(*)	0,001
	4	3,80	1,000
	5	13,40	0,999
	6	-142,60(*)	0,000
	7	-194,20(*)	0,000
	8	-206,80(*)	0,000
	9	-217,20(*)	0,000
	10	-328,40(*)	0,000
	11	-107,00(*)	0,000
	12	-137,60(*)	0,000
	13	-122,20(*)	0,000
3	4	72,40(*)	0,000
	5	55,20(*)	0,013
	6	-74,00(*)	0,000
	7	-125,60(*)	0,000
	8	-138,20(*)	0,000
	9	-148,60(*)	0,000

Tablo 8. Numune kumaşların arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	-259,80(*)	0,000
	11	-38,40	0,254
	12	-69,00(*)	0,001
	13	-53,60(*)	0,018
4	5	-17,20	0,989
	6	-146,40(*)	0,000
	7	-198,00(*)	0,000
	8	-210,60(*)	0,000
	9	-221,00(*)	0,000
	10	-332,20(*)	0,000
	11	-110,80(*)	0,000
	12	-141,40(*)	0,000
	13	-126,00(*)	0,000
5	6	-129,20(*)	0,000
	7	-180,80(*)	0,000
	8	-193,40(*)	0,000
	9	-203,80(*)	0,000
	10	-315,00(*)	0,000
	11	-93,60(*)	0,000
	12	-124,20(*)	0,000
	13	-108,80(*)	0,000
6	7	-51,60(*)	0,027
	8	-64,20(*)	0,002
	9	-74,60(*)	0,000
	10	-185,80(*)	0,000
	11	35,60	0,363
	12	5,00	1,000
	13	20,40	0,958
7	8	-12,60	0,999
	9	-23,00	0,905
	10	-134,20(*)	0,000
	11	87,20(*)	0,000
	12	56,60(*)	0,009
	13	72,00(*)	0,000

Tablo 8. Numune kumaşların arka yüzlerinin hava geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
8	9	-10,40	1,000
	10	-121,60(*)	0,000
	11	99,80(*)	0,000
	12	69,20(*)	0,001
	13	84,60(*)	0,000
9	10	-111,20(*)	0,000
	11	110,20(*)	0,000
	12	79,60(*)	0,000
	13	95,00(*)	0,000
10	11	221,40(*)	0,000
	12	190,80(*)	0,000
	13	206,20(*)	0,000
11	12	-30,60	0,598
	13	-15,20	0,996
12	13	15,40	0,996

Tablo 9. Numune kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	-0.700	1.000
	3	-1.867	0.839
	4	1.433	0.970
	5	-0.667	1.000
	6	-1.200	0.993
	7	-1.233	0.991
	8	0.700	1.000
	9	-4.633(*)	0.008
	10	-4.933(*)	0.004
	11	-0.967	0.999
	12	-1.367	0.979
	13	-4.133(*)	0.024
2	3	-1.167	0.994
	4	2.133	0.699
	5	0.033	1.000
	6	-0.500	1.000
	7	-0.533	1.000
	8	1.400	0.974
	9	-3.933(*)	0.037
	10	-4.233(*)	0.019
	11	-0.267	1.000
	12	-0.667	1.000
	13	-3.433	0.105
3	4	3.300	0.135
	5	1.200	0.993
	6	0.667	1.000
	7	0.633	1.000
	8	2.567	0.439
	9	-2.767	0.332

Tablo 9. Numune kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	-3.067	0.205
	11	0.900	0.999
	12	0.500	1.000
	13	-2.267	0.619
4	5	-2.100	0.718
	6	-2.633	0.402
	7	-2.667	0.384
	8	-0.733	1.000
	9	-6.067(*)	0.000
	10	-6.367(*)	0.000
	11	-2.400	0.537
	12	-2.800	0.316
	13	-5.567(*)	0.001
5	6	-0.533	1.000
	7	-0.567	1.000
	8	1.367	0.979
	9	-3.967(*)	0.035
	10	-4.267(*)	0.018
	11	-0.300	1.000
	12	-0.700	1.000
	13	-3.467	0.098
6	7	-0.033	1.000
	8	1.900	0.824
	9	-3.433	0.105
	10	-3.733	0.057
	11	0.233	0.355
	12	-0.167	1.000
	13	-2.933	0.257
7	8	1.933	0.807
	9	-3.400	0.112
	10	-3.700	0.061
	11	0.267	1.000
	12	-0.133	1.000

Tablo 9. Numune kumaşların bağıl su buharı geçirgenliği değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	-2.900	0.271
8	9	-5.333(*)	0.001
	10	-5.633(*)	0.001
	11	-1.667	0.916
	12	-2.067	0.737
	13	-4.833(*)	0.005
9	10	-0.300	1.000
	11	3.667	0.066
	12	3.267	0.144
	13	0.500	1.000
10	11	3.967(*)	0.035
	12	3.567	0.080
	13	0.800	1.000
11	12	-0.400	1.000
	13	-3.167	0.172
12	13	-2.767	0.332

Tablo 10. Numune kumaşların bağıl ısıl direnç değerler için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	-0.067	1.000
	3	-3.167	0.598
	4	1.600	0.994
	5	3.200	0.583
	6	-8.233(*)	0.000
	7	-9.100(*)	0.000
	8	-12.533(*)	0.000
	9	-7.200(*)	0.002
	10	-4.900	0.081
	11	-12.333(*)	0.000
	12	-10.100(*)	0.000
	13	-6.467(*)	0.007
2	3	-3.100	0.628
	4	1.667	0.992
	5	3.267	0.554
	6	-8.167(*)	0.000
	7	-9.033(*)	0.000
	8	-12.467(*)	0.000
	9	-7.133(*)	0.002
	10	-4.833	0.090
	11	-12.267(*)	0.000
	12	-10.033(*)	0.000
	13	-6.400(*)	0.007
3	4	4.767	0.099
	5	6.367(*)	0.008
	6	-5.067	0.064
	7	-5.933(*)	0.016
	8	-9.367(*)	0.000
	9	-4.033	0.258
	10	-1.733	0.989
	11	-9.167(*)	0.000
	12	-6.933(*)	0.003

Tablo 10. Numune kumaşların bağıl ısıl direnç değerler için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	-3.300	0.539
4	5	1.600	0.994
	6	-9.833(*)	0.000
	7	-10.700(*)	0.000
	8	-14.133(*)	0.000
	9	-8.800(*)	0.000
	10	-6.500(*)	0.006
	11	-13.933(*)	0.000
	12	-11.700(*)	0.000
	13	-8.067(*)	0.000
5	6	-11.433(*)	0.000
	7	-12.300(*)	0.000
	8	-15.733(*)	0.000
	9	-10.400(*)	0.000
	10	-8.100(*)	0.000
	11	-15.533(*)	0.000
	12	-13.300(*)	0.000
	13	-9.667(*)	0.000
6	7	-0.867	1.000
	8	-4.300	0.186
	9	1.033	1.000
	10	3.333	0.524
	11	-4.100	0.238
	12	-1.867	0.980
	13	1.767	0.987
7	8	-3.433	0.481
	9	1.900	0.977
	10	4.200	0.211
	11	-3.233	0.568
	12	-1.000	1.000
	13	2.633	0.817
8	9	5.333(*)	0.042
	10	7.633(*)	0.001
	11	0.200	1.000
	12	2.433	0.881

Tablo 10. Numune kumaşların bağıl ısıl direnç değerler için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	6.067(*)	0.013
9	10	2.300	0.915
	11	-5.133	0.058
	12	-2.900	0.714
	13	0.733	1.000
10	11	-7.433(*)	0.001
	12	-5.200	0.052
	13	-1.567	0.995
11	12	2.233	0.929
	13	5.867(*)	0.018
12	13	3.633	0.398

Tablo 11. Numune kumaşların 100 – 300 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	-5.3000	0.841
	3	-15.3133(*)	0.001
	4	11.2800(*)	0.035
	5	21.9000(*)	0.000
	6	-2.3467	1.000
	7	-2.5600	0.999
	8	-10.1933	0.078
	9	-0.1033	1.000
	10	-11.4967(*)	0.030
	11	22.8400(*)	0.000
	12	22.5100(*)	0.000
	13	3.5967	0.989
2	3	-10.0133	0.089
	4	16.5800(*)	0.000
	5	27.2000(*)	0.000
	6	2.9533	0.998
	7	2.7400	0.999
	8	-4.8933	0.899
	9	5.1967	0.857
	10	-6.1967	0.673
	11	28.1400(*)	0.000
	12	27.8100(*)	0.000
	13	8.8967	0.186
3	4	26.5933(*)	0.000
	5	37.2133(*)	0.000
	6	12.9667(*)	0.009
	7	12.7533(*)	0.011
	8	5.1200	0.868
	9	15.2100(*)	0.001
	10	3.8167	0.982
	11	38.1533(*)	0.000

Tablo 11. Numune kumaşların 100 – 300 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	37.8233(*)	0.000
	13	18.9100(*)	0.000
4	5	10.6200	0.057
	6	-13.6267(*)	0.005
	7	-13.8400(*)	0.004
	8	-21.4733(*)	0.000
	9	-11.3833(*)	0.032
	10	-22.7767(*)	0.000
	11	11.5600(*)	0.028
	12	11.2300(*)	0.036
	13	-7.6833	0.367
5	6	-24.2467(*)	0.000
	7	-24.4600(*)	0.000
	8	-32.0933(*)	0.000
	9	-22.0033(*)	0.000
	10	-33.3967(*)	0.000
	11	0.9400	1.000
	12	0.6100	1.000
	13	-18.3033(*)	0.000
6	7	-0.2133	1.000
	8	-7.8467	0.338
	9	2.2433	1.000
	10	-9.1500	0.158
	11	25.1867(*)	0.000
	12	24.8567(*)	0.000
	13	5.9433	0.725
7	8	-7.6333	0.376
	9	2.4567	1.000
	10	-8.9367	0.181
	11	25.4000(*)	0.000
	12	25.0700(*)	0.000
	13	6.1567	0.681
8	9	10.0900	0.084
	10	-1.3033	1.000
	11	33.0333(*)	0.000

Tablo 11. Numune kumaşların 100 – 300 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	32.7033(*)	0.000
	13	13.7900(*)	0.005
9	10	-11.3933(*)	0.032
	11	22.9433(*)	0.000
	12	22.6133(*)	0.000
	13	3.7000	0.986
10	11	34.3367(*)	0.000
	12	34.0067(*)	0.000
	13	15.0933(*)	0.002
11	12	-0.3300	1.000
	13	-19.2433(*)	0.000
12	13	-18.9133(*)	0.000

Tablo 12. Numune kumaşların 300–1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I)Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	-7.9533(*)	0.000
	3	-5.0267(*)	0.003
	4	7.5033(*)	0.000
	5	1.8767	0.845
	6	2.9000	0.286
	7	2.3233	0.602
	8	-0.7333	1.000
	9	4.1467(*)	0.026
	10	-3.2033	0.173
	11	15.6900(*)	0.000
	12	15.1767(*)	0.000
	13	6.7233(*)	0.000
2	3	2.9267	0.275
	4	15.4567(*)	0.000
	5	9.8300(*)	0.000
	6	10.8533(*)	0.000
	7	10.2767(*)	0.000
	8	7.2200(*)	0.000
	9	12.1000(*)	0.000
	10	4.7500(*)	0.007
	11	23.6433(*)	0.000
	12	23.1300(*)	0.000
	13	14.6767(*)	0.000
3	4	12.5300(*)	0.000
	5	6.9033(*)	0.000
	6	7.9267(*)	0.000
	7	7.3500(*)	0.000
	8	4.2933(*)	0.019
	9	9.1733(*)	0.000
	10	1.8233	0.867
	11	20.7167(*)	0.000
	12	20.2033(*)	0.000

Tablo 12. Numune kumaşların 300–1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	11.7500(*)	0.000
4	5	-5.6267(*)	0.001
	6	-4.6033(*)	0.009
	7	-5.1800(*)	0.002
	8	-8.2367(*)	0.000
	9	-3.3567	0.131
	10	-10.7067(*)	0.000
	11	8.1867(*)	0.000
	12	7.6733(*)	0.000
	13	-0.7800	1.000
5	6	1.0233	0.998
	7	0.4467	1.000
	8	-2.6100	0.433
	9	2.2700	0.634
	10	-5.0800(*)	0.003
	11	13.8133(*)	0.000
	12	13.3000(*)	0.000
	13	4.8467(*)	0.005
6	7	-0.5767	1.000
	8	-3.6333	0.077
	9	1.2467	0.991
	10	-6.1033(*)	0.000
	11	12.7900(*)	0.000
	12	12.2767(*)	0.000
	13	3.8233	0.052
7	8	-3.0567	0.223
	9	1.8233	0.867
	10	-5.5267(*)	0.001
	11	13.3667(*)	0.000
	12	12.8533(*)	0.000
	13	4.4000(*)	0.015
8	9	4.8800(*)	0.005
	10	-2.4700	0.513
	11	16.4233(*)	0.000
	12	15.9100(*)	0.000

Tablo 12. Numune kumaşların 300–1000 MHz frekans aralığındaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	13	7.4567(*)	0.000
9	10	-7.3500(*)	0.000
	11	11.5433(*)	0.000
	12	11.0300(*)	0.000
	13	2.5767	0.451
10	11	18.8933(*)	0.000
	12	18.3800(*)	0.000
	13	9.9267(*)	0.000
11	12	-0.5133	1.000
	13	-8.9667(*)	0.000
12	13	-8.4533(*)	0.000

Tablo 13. Numune kumaşların 446 MHz frekanstaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	3.8950(*)	0.000
	3	-2.7833(*)	0.000
	4	-1.1483(*)	0.009
	5	4.5167(*)	0.000
	6	-6.0117(*)	0.000
	7	-8.5650(*)	0.000
	8	-7.3417(*)	0.000
	9	-4.1517(*)	0.000
	10	-3.3183(*)	0.000
	11	37.9650(*)	0.000
	12	37.8200(*)	0.000
	13	40.1350(*)	0.000
2	3	-6.6783(*)	0.000
	4	-5.0433(*)	0.000
	5	0.6217	0.590
	6	-9.9067(*)	0.000
	7	-12.4600(*)	0.000
	8	-11.2367(*)	0.000
	9	-8.0467(*)	0.000
	10	-7.2133(*)	0.000
	11	34.0700(*)	0.000
	12	33.9250(*)	0.000
	13	36.2400(*)	0.000
3	4	1.6350(*)	0.000
	5	7.3000(*)	0.000
	6	-3.2283(*)	0.000
	7	-5.7817(*)	0.000
	8	-4.5583(*)	0.000
	9	-1.3683(*)	0.001
	10	-0.5350	0.788
	11	40.7483(*)	0.000

Tablo 13. Numune kumaşların 446 MHz frekanstaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	12	40.6033(*)	0.000
	13	42.9183(*)	0.000
4	5	5.6650(*)	0.000
	6	-4.8633(*)	0.000
	7	-7.4167(*)	0.000
	8	-6.1933(*)	0.000
	9	-3.0033(*)	0.000
	10	-2.1700(*)	0.000
	11	39.1133(*)	0.000
	12	38.9683(*)	0.000
	13	41.2833(*)	0.000
5	6	-10.5283(*)	0.000
	7	-13.0817(*)	0.000
	8	-11.8583(*)	0.000
	9	-8.6683(*)	0.000
	10	-7.8350(*)	0.000
	11	33.4483(*)	0.000
	12	33.3033(*)	0.000
	13	35.6183(*)	0.000
6	7	-2.5533(*)	0.000
	8	-1.3300(*)	0.001
	9	1.8600(*)	0.000
	10	2.6933(*)	0.000
	11	43.9767(*)	0.000
	12	43.8317(*)	0.000
	13	46.1467(*)	0.000
7	8	1.2233(*)	0.004
	9	4.4133(*)	0.000
	10	5.2467(*)	0.000
	11	46.5300(*)	0.000
	12	46.3850(*)	0.000
	13	48.7000(*)	0.000
8	9	3.1900(*)	0.000
	10	4.0233(*)	0.000

Tablo 13. Numune kumaşların 446 MHz frekanstaki SE ölçüm sonuçları için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	11	45.3067(*)	0.000
	12	45.1617(*)	0.000
	13	47.4767(*)	0.000
9	10	0.8333	0.169
	11	42.1167(*)	0.000
	12	41.9717(*)	0.000
	13	44.2867(*)	0.000
10	11	41.2833(*)	0.000
	12	41.1383(*)	0.000
	13	43.4533(*)	0.000
11	12	-0.1450	1.000
	13	2.1700(*)	0.000
12	13	2.3150(*)	0.000

Tablo 14. Numune kumaşların kalınlık değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I)Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık	Önemlilik
1	2	0.0330	1.000
	3	0.0260	1.000
	4	-0.1970(*)	0.000
	5	0.4140(*)	0.000
	6	0.0410	0.997
	7	-0.0060	1.000
	8	0.0580	0.943
	9	0.4030(*)	0.000
	10	0.4670(*)	0.000
	11	-0.1160	0.112
	12	-0.0210	1.000
	13	-0.0020	1.000
2	3	-0.0070	1.000
	4	-0.2300(*)	0.000
	5	0.3810(*)	0.000
	6	0.0080	1.000
	7	-0.0390	0.998
	8	0.0250	1.000
	9	0.3700(*)	0.000
	10	0.4340(*)	0.000
	11	-0.1490(*)	0.008
	12	-0.0540	0.966
	13	-0.0350	0.999
3	4	-0.2230(*)	0.000
	5	0.3880(*)	0.000
	6	0.0150	1.000
	7	-0.0320	1.000
	8	0.0320	1.000
	9	0.3770(*)	0.000

Tablo 14. Numune kumaşların kalınlık değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
	10	0.4410(*)	0.000
	11	-0.1420(*)	0.015
	12	-0.0470	0.989
	13	-0.0280	1.000
4	5	0.6110(*)	0.000
	6	0.2380(*)	0.000
	7	0.1910(*)	0.000
	8	0.2550(*)	0.000
	9	0.6000(*)	0.000
	10	0.6640(*)	0.000
	11	0.0810	0.626
	12	0.1760(*)	0.001
	13	0.1950(*)	0.000
5	6	-0.3730(*)	0.000
	7	-0.4200(*)	0.000
	8	-0.3560(*)	0.000
	9	-0.0110	1.000
	10	0.0530	0.971
	11	-0.5300(*)	0.000
	12	-0.4350(*)	0.000
	13	-0.4160(*)	0.000
6	7	-0.0470	0.989
	8	0.0170	1.000
	9	0.3620(*)	0.000
	10	0.4260(*)	0.000
	11	-0.1570(*)	0.004
	12	-0.0620	0.910
	13	-0.0430	0.995
7	8	0.0640	0.890
	9	0.4090(*)	0.000
	10	0.4730(*)	0.000
	11	-0.1100	0.164
	12	-0.0150	1.000
	13	0.0040	1.000

Tablo 14. Numune kumaşların kalınlık değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması (devamı).

(I) Kumaş Tipi	(J) Kumaş Tipi	Ort. Farklılık (I-J)	Önemlilik
8	9	0.3450(*)	0.000
	10	0.4090(*)	0.000
	11	-0.1740(*)	0.001
	12	-0.0790	0.663
	13	-0.0600	0.928
9	10	0.0640	0.890
	11	-0.5190(*)	0.000
	12	-0.4240(*)	0.000
	13	-0.4050(*)	0.000
10	11	-0.5830(*)	0.000
	12	-0.4880(*)	0.000
	13	-0.4690(*)	0.000
11	12	0.0950	0.368
	13	0.1140	0.127
12	13	0.0190	1.000

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Sinem BİLGİN

Uyruğu : Türkiye (T.C.)

Doğum Yeri : Yenimahalle/ANKARA

Doğum Tarihi : 28.12.1986

Medeni Durumu : Bekâr

Adres : Cevizlidere Mahallesi, 1247. Sokak, No:10/11
Balgat-Çankaya/ANKARA

E-Mail : sinembilgin@gmail.com

Tel : 0 542 393 73 64

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Tezli Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	----
Lisans	Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü	2010
Lise	Cumhuriyet Süper Lisesi	2004

YABANCI DİL

İngilizce

Almanca

YAYINLAR

1. 2008, Örtlek, H. G., Kılıç, G., Bilgin, S., Vortex İplik Eğirme Sistemlerinde Core-Spun İplik Üretimi, Tekstilde İplik ve Kalite Kontrol Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Kahramanmaraş, s. 1-9.

2. 2010, Ortlek, H. G., Yolacan, G., Bilget, O., Bilgin, S., "Effects of Enzymatic Treatment on the Performance of Knitted Fabrics Made from Different Yarn Types", Tekstil ve Konfeksiyon (ISI) , Cilt Yıl 19, sayı 2, s. 115-119.

3. 2011, Ortlek, H. G., Kilic, G., Bilgin, S., "Comparative Study on the Properties of Yarns Produced by Modified Ring Spinning Methods", Industria Textila, vol 62, no.3, s. 129-133.

4. 2011, Ortlek, H. G., Kilic, G., Okyay, G., Bilgin, S., Electromagnetic Shielding Characteristics of Different Fabrics Knitted from Yarns Containing Stainless Steel Wire, Industria Textila, vol. 62, nr. 6, 304-308.

5. 2011, Bilgin, S., Sarıtaş, Ö., Okyay, G., Örtlek, H. G., Askeri ve Kamu Kuruluşlarına ait Binaların Tempest Güvenliği için Farklı Yapıda Dokuma Kumaşların Geliştirilmesi, Tekstil ve Mühendis, sayı 81, s.1-6.

6. 2011, Okyay, G., Bilgin S., Akgül E., Örtlek, H. G., "Farklı Yapılardaki Dokuma Kumaşların Elektromanyetik Ekranlama Özelliklerinin İncelenmesi", Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(1), 1-10.

7. 2012, Ortlek, H. G., Saracoglu, O. G., Saritas, O., Bilgin. S., Electromagnetic Shielding Characteristics of Woven Fabrics Made of Hybrid Yarns Containing Metal Wire, Fibers and Polymers, Vol. 13, No.1, 63-67.