

**ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMA ÖZELLİKLI  
ÖRME KUMAŞ GELİŞTİRİLMESİ**

**Serkan TEZEL**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMA ÖZELLİKLİ  
ÖRME KUMAŞ GELİŞTİRİLMESİ**

Serkan TEZEL

Doç.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN  
Danışman

DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2013  
Her Hakkı Saklıdır.

## TEZ ONAYI

**Serkan TEZEL** tarafından hazırlanan “**Elektromanyetik Ekranlama Özellikli Örme Kumaş Geliştirilmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN

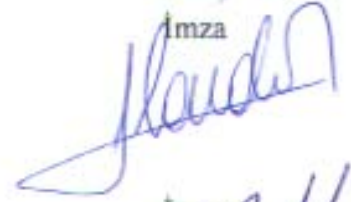
Başkan : Prof.Dr. Recep EREN  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü

İmza



Üye : Prof.Dr. Cevza CANDAN  
İstanbul Teknik Üniversitesi,  
Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü

İmza



Üye : Prof.Dr. Binnaz KAPLANGIRAY  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü

İmza



Üye : Doç.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü

İmza



Üye : Doç.Dr. Kadir ÇAVDAR  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR  
Enstitü Müdürü

.....

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM

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

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

**beyan ederim.**



30/10/2013

İmza

Serkan TEZEL



## ÖZET

Doktora Tezi

### ELEKTROMANYETİK EKLANLAMA ÖZELLİKLİ ÖRME KUMAŞ GELİŞTİRİLMESİ

**Serkan TEZEL**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN

Elektromanyetik ekranlama özellikli örme kumaş geliştirilmesini amaçlayan bu tez çalışması kapsamında, farklı iletken metal teller ve farklı numaralarda pamuk iplikleri kullanılarak iletken kompozit iplikler üretilmiş, kompozit ipliklerin örülebilirlikleri incelenmiş, üretilen kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE) değerleri tespit edilmiştir. Örgü yapısına elastan iplik katılmasının, örgü yapısının ve her sırada kullanılan iletken kompozit iplik kat sayısının kumaşların EMSE değerlerine etkisi incelenmiştir. Kompozit ipliklerin içindeki metal tellerin vücuda temasını önlemek amacıyla, çift yüzlü örme kumaş yapıları üretilmiştir. Kumaşların endüstriye ve seri üretime uyarlanması amacıyla, ham ve boyalı pamuk iplikleri kullanılarak ikinci bir iletken kompozit iplik grubu üretilmiş ve bu iplikler ile üretilen örme kumaş yapılarının boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemleri sonrasındaki EMSE özellikleri incelenmiştir. Boyuna çizgili örme tekniği kullanılarak, daha az miktarda iletken kompozit iplik içeren, daha konforlu, daha ekonomik ancak yeterli seviyede EMSE sağlayan örme kumaş yapıları geliştirilmiştir. Hammadde maliyeti daha yüksek olan iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler kullanılarak örme kumaş yapıları üretilmiş ve EMSE değerleri ölçülerek kompozit iplikler ile üretilen kumaşlarla kıyaslanmıştır. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, üretilen kumaşların EMSE değerleri iki farklı metot (koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay test düzeneği) ile ölçülmüştür. Sonuç olarak; EMSE test yönteminin, uygulanan frekans değerinin, iletken iplik tipinin, iletken iplik kat sayısının, örgü yapısının ve kumaşın sıra sıklığı değerlerinin atkılı örme kumaşların EMSE değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında, gündelik kullanıma uygun, giyilebilir formda ürün üretimine yönelik olarak çalışmalarda bulunulmuş ve cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan dört adet kazak üretilmiştir. Kazakların iki tanesi, cep kısımlarında 100MHz - 1,5 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik dalgalara karşı 5 dB (%68,38) ve üzerinde koruma sağlarken diğer iki kazak 47 dB (%99,998) ve üzerinde koruma sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Örme kumaşlar, iletken iplikler, iletken kompozit iplikler, iletken kumaşlar, elektromanyetik ekranlama etkinliği, **2013, xiv+192 sayfa**

## ABSTRACT

Ph.D. Thesis

### DEVELOPMENT OF KNITTED FABRICS WITH ELECTROMAGNETIC SHIELDING PROPERTIES

**Serkan TEZEL**

Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Textile Engineering

**Supervisor:** Assoc.Prof.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN

The aim of this Ph.D. thesis is development of knitted fabrics with electromagnetic shielding properties. Within the context of this thesis; conductive composite yarns consisting of cotton yarns with various counts and conductive metal wires are produced. Knitting performances of the conductive composite yarns and electromagnetic shielding effectiveness (EMSE) properties of the fabrics are investigated. Effects of spandex yarn, knitting structure and metal wire amount on EMSE properties of the fabrics are investigated. Double face fabrics with conductive composite yarns in fabric face and cotton yarns in fabric reverse are developed to avoid the touch of metal wires to body of the wearer. In order to adaptation and mass production of electromagnetic shielding knitted fabrics to the industry, a second group of single jersey fabrics are produced with conductive composite yarns consisting of raw and dyed cotton yarns. EMSE properties of the fabrics are investigated following the dyeing, finishing and washing processes. More comfortable and more economical knitted fabrics with sufficient EMSE properties are developed by using the vertically striped (wrapper) knitting technique. Single jersey fabrics consisting of conductive metal yarns and conductive material plated yarns, that have high raw material costs, are produced and the EMSE properties of the fabrics are compared with the fabrics consisting of conductive composite yarns. Unlike the studies in literature, EMSE properties of the fabrics are performed with both coaxial transmission line and free space measurement (by using an anechoic chamber) techniques in the frequency range of 100 MHz – 1.5 GHz and 1 GHz – 18 GHz respectively and results analysed comparatively. Consequently, it is observed that the type of the EMSE test method, the applied frequency, conductive yarn type, metal wire amount, knitting structure and the course per cm value of the fabric are highly significant on the EMSE of knitted fabrics. In the light of the information obtained from EMSE test results of the knitted fabrics, casually wearable knitted garments with electromagnetic shielding ability have been developed. Four different V-neck sweaters providing electromagnetic shielding in pocket part are produced. While two of the sweaters pocket part have 5 dB (68,38%) or more EMSE, the other two sweaters pocket part have 47 dB (99,998%) or EMSE in the frequency range of 100MHz –1.5GHz.

**Key Words:** Knitted fabrics, conductive yarns, conductive composite yarns, conductive fabrics, electromagnetic shielding effectiveness, **2013, xiv+192 pages**

## TEŞEKKÜR

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarım sırasında bana her türlü konuda yol gösteren, ilgisini, bilgisini, desteğini ve zamanını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç.Dr. Yasemin KAVUŞTURAN'a içtenliği ve yardımları için gönülden teşekkür ederim. Tez İzleme Komitemde yer alan ve çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Sayın Prof.Dr. Recep EREN ve Sayın Doç.Dr. Kadir ÇAVDAR'a teşekkür ederim.

Doktora Tez çalışmamın temelini oluşturan elektromanyetik ekranlama etkinliği testlerinin yapılması için laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan KU Leuven Üniversitesi'ne, yardım ve desteklerinden dolayı saygıdeğer hocalarım Sayın Prof.Dr. Guy A.E. VANDENBOSH'a, Sayın Dr. Vladimir VOLSKİ'ye ve TELEMIC ekibindeki çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. KU Leuven Üniversitesi'ndeki çalışmalarım için maddi kaynak sağlayan TÜBİTAK'a ve BİDEB 2214 programına teşekkür ederim. Doktora Tez çalışmam kapsamında yapmış olduğum elektronik tekstil yapılarının geliştirilmesi çalışmalarına verdiği yardım ve destekler için Araş.Gör.Dr. Metin HATUN'a teşekkür ederim. Elektromanyetik ekranlama sağlayan kumaşların geliştirilmesi çalışmalarımın, ÜSİGEM (Uludağ Üni., Üniversite Sanayi İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi) ile YEŞİM Tekstil A.Ş. arasında imzalanan protokol kapsamında yapılmasına imkân vererek, çalışmalarımın üniversite-sanayi işbirliği içerisinde gerçekleşmesine destek veren Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve ÜSİGEM'e teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmam kapsamında yapmış olduğum araştırmalarda destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Fatih ERDOĞAN ve Sarkuysan Elektrolitik Bakır San.Tic.A.Ş.'ye, Sayın Haluk YAŞAYANLAR ve Mebiteks Tekstil San. Ltd. Şti.'ye, Sayın Beyza ŞEFKAT ve Coats Türkiye İplik San.A.Ş.'ye, Sayın Şenol ŞENKAYA, Sayın Önder AYDIN, Sayın Fahri YİBAR ve Yeşim Tekstil A.Ş.'ye, Sayın Bilge İPEK ve Saydam Tekstil A.Ş.'ye, Sayın Hülya AYDEMİR, Sayın Cem YILDIRIM, Sayın Mehmet TEZELLİ ve Rudolf Duraner A.Ş.'ye, Sayın Fikret ÖĞRETMEN, Sayın Ömer Faruk PEKEL, Sayın Kahraman GÜNERİ ve Mayer Mümessillik Tekstil Tic.Ltd.Şti.'ye, Beleniz Tekstil San.Tic.Ltd.Şti.'ye, Küçükarslan Tekstil San. ve Dış Tic.Ltd.Şti.'ye, Sayın Cevdet KARAHASANOĞLU, Sayın Halil GÖKSEL, Sayın Yusuf TEZEL ve Pameks Giyim San.Tic.A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimim süresince üzerimde büyük emekleri olan ve öğrencileri olmaktan gurur duyduğum başta saygıdeğer hocam Sayın Prof.Dr. Binnaz KAPLANGIRAY olmak üzere Uludağ Üni. Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine ve Elemanlarına en derin saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Akademik ve sosyal hayatımla ilgili olarak bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, moral desteklerini esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım, hocalarım Sayın Yrd.Doç.Dr. Mehmet ORHAN'a, Sayın Yrd.Doç.Dr. Serpil Koral KOÇ'a, Sayın Araş.Gör. Dr. Fatih SÜVARİ'ye, Sayın Araş.Gör. Barış HASÇELİK'e, Sayın Araş.Gör. Şebnem DÜZYER'e ve Sayın Araş.Gör. Özge ÇELİK'e teşekkür ederim.

Beni bu günlere getirirken her türlü kolaylığı ve rahatlığı sağlayan, hiç bir konuda özveriden kaçınmayan ve bana her konuda destek olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	6
2.1. İletken Malzemeler .....	6
2.1.1. İletken metal lifler .....	8
2.1.2. İletken metal teller.....	8
2.1.3. İletken lif ve polimerler.....	9
2.1.4. İletken materyal katkılı lif ve polimerler .....	12
2.1.5. İletken materyallerle kaplanmış iplikler .....	12
2.1.6. İletken kumaş ve dokusuz yüzeyler .....	14
2.1.6.1. Kumaşlara antistatik maddelerin emdirilmesi .....	15
2.1.6.2. Kumaşların ve dokusuz yüzeylerin iletken maddelerle kaplanması ..	15
2.2. Elektromanyetizma ve elektromanyetik dalgalardan korunma .....	16
2.2.1. Elektromanyetizma .....	18
2.2.2. Elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerine etkileri.....	23
2.2.3. Elektromanyetik ekranlama .....	26
2.2.4. Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçüm yöntemleri.....	37
2.3. İletken ve/veya EMSE Özelliğine Sahip Kumaş ve Dokusuz Yüzeylerle İlgili Literatürdeki Çalışmalar.....	39
2.3.1. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip örme kumaşlar .....	40
2.3.2. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip dokuma kumaşlar.....	50
2.3.3. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip örme-dokuma kompozitler ve dokusuz yüzeyler.....	53
2.3.4. İletken materyallerle kaplanmış tekstil yapıları .....	55
2.4. İletken Kumaş ve Dokusuz Yüzeylerle İlgili Ticari Örnekler.....	58
2.5. Elektronik Tekstiller ve Giyilebilir Elektronikler .....	63
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	73
3.1. Materyal.....	73
3.1.1. İletken kompozit ipliklerin üretimi .....	73
3.1.2. Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kumaşların üretimi ....	75
3.1.2.1. İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşlar .....	75
3.1.2.2. Elastan iplik içeren 1x1 Rib kumaşların üretimi .....	79
3.1.2.3. Farklı miktarlarda metal tel içeren RL kumaşların üretimi .....	80
3.1.2.4. Askı ve atlama içeren kumaşların üretimi .....	80
3.1.2.5. Çift yüzlü örme kumaşların üretimi.....	81
3.1.2.6. Boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemlerinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşlar .....	82
3.1.2.7. Farklı doğrultularda iletken kompozit içeren örme kumaşların üretimi	84

3.1.2.8.	İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler içeren örme kumaşların üretimi .....	87
3.1.3.	Cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan giysilerin üretimi	89
3.1.4.	Örme kumaşlar ile elektronik tekstil yapılarının üretimi .....	90
3.2.	Yöntem .....	93
3.2.1.	Boyutsal ve fiziksel testler .....	93
3.2.1.1.	İplik numarasının belirlenmesi .....	93
3.2.1.2.	İletken materyallerin çap ve direnç/iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi .....	93
3.2.1.3.	Kumaşlara uygulanan relakse işlemleri .....	93
3.2.1.4.	Kumaşların sıra ve çubuk sıklıklarının belirlenmesi .....	94
3.2.1.5.	Kumaşların metrekare ağırlığının belirlenmesi .....	94
3.2.1.6.	Kumaşların kalınlığının belirlenmesi.....	94
3.2.1.7.	Kumaşların ilmek iplik uzunluğu değerlerinin belirlenmesi .....	94
3.2.1.8.	Kompozit ipliklerin ve kumaşların fotoğraflarının çekilmesi.....	95
3.2.1.9.	Kumaşların hava geçirgenliğinin belirlenmesi .....	95
3.2.1.10.	Kumaşların elastikiyet ve kalıcı uzama değerlerinin belirlenmesi ....	95
3.2.1.11.	Yıkama işlemleri.....	96
3.2.1.12.	Takılma testi .....	96
3.2.2.	Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri.....	97
3.2.3.	Bulguların değerlendirilmesi.....	100
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA .....	103
4.1.	Elektromanyetik Dalgalara Karşı Koruma Sağlayan Kumaşlar .....	103
4.1.1.	İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisi.....	103
4.1.1.1.	RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları.....	106
4.1.1.2.	RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları	109
4.1.1.3.	1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları.....	112
4.1.1.4.	1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları	115
4.1.2.	Elastan iplik kullanımının kumaş özellikleri üzerine etkisi .....	118
4.1.2.1.	Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	119
4.1.2.2.	Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları .....	121
4.1.3.	Metal tel miktarının kumaş özellikleri üzerine etkisi.....	123
4.1.3.1.	Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	124
4.1.3.2.	Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları .....	125
4.1.4.	Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisi.....	128
4.1.4.1.	Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	128
4.1.4.2.	Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları .....	130
4.1.5.	Çift yüzlü örme kumaşların EMSE özellikleri.....	134
4.1.5.1.	Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	134
4.1.5.2.	Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları .....	135
4.1.5.3.	Koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay ölçüm yöntemleriyle yapılan EMSE test sonuçlarının karşılaştırılması .....	136

4.1.6. Boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemlerinin kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisi .....	138
4.1.7. Farklı doğrultularda iletken kompozit içeren örme kumaşların EMSE özellikleri .....	143
4.1.8. İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler içeren örme kumaşların EMSE özellikleri.....	146
4.2. Cep Kısmında Elektromanyetik Koruma Sağlayan Giysiler.....	148
4.3. Örme Kumaş Üretim Teknikleri ile Üretilen Elektronik Tekstil Yapıları .....	149
5. SONUÇ .....	151
KAYNAKLAR .....	160
EKLER.....	170
EK 1. İletken Metal Teller ve İletken Kompozit İplikler.....	170
EK 2. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL (Süprem) Kumaşların Ön (R) Yüz Görüntüleri (10x10 mm) .....	171
EK 3. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL (Süprem) Kumaşların Arka (L) Yüz Görüntüleri (10x10 mm).....	172
EK 4. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşlar (10x10 mm) .....	173
EK 5. Elastan İplik Kullanımının Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşlar (10x10 mm) .....	174
EK 6. Metal Tel Miktarının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL Kumaşlar (10x10 mm) .....	175
EK 7. Askı ve Atlama İçeren Kumaşlar (10x10 mm).....	176
EK 8. Çift Yüzlü Örme Kumaşlar (10x10 mm).....	177
EK 9. Boyama ve Terbiye İşlemleri Görmüş RL Kumaşlar (10x10 mm) .....	178
EK 10. Farklı Doğrultularda İletken Kompozit İçeren Örme Kumaşlar(10x10 mm)...	179
EK 11. İletken Metal İplikler ve İletken Materyallerle Kaplanmış İplikler ile Üretilen RL Kumaşlar (10x10 mm) .....	180
EK 12. İletken Kompozit İplik Tipinin Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları.....	181
EK 13. İletken Kompozit İplik Tipinin Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları .....	184
EK 14. Elastan İplik Kullanımının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları .....	187
EK 15. Metal Tel Miktarının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları .....	188
EK 16. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları.....	189
ÖZGEÇMİŞ .....	190

## SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
$\mu\text{m}$	Mikrometre, mikron ( $10^{-6}\text{m}$ )
d	Materyal kalınlığı [mm]
$\Omega$	Ohm
E	Elektrik alan yoğunluğu [V/m]
H	Manyetik alan yoğunluğu [A/m]
S yada P	Elektromanyetik alan güç yoğunluğu ( $E \times H$ ) [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
$\lambda$	Dalga boyu [m]
f	Frekans [Hz]
c	Yayıma hızı [m/s]
$c_{\text{ışık Hızı}}$	Işığın yayılma hızı ( $3 \times 10^8$ [m/s])
Z ya da $\eta$	Empedans (E / H) [ $\Omega$ ]
$Z_0$ ya da $\eta_0$	Boşluk (serbest uzay) empedansı (377 [ $\Omega$ ])
$\rho$	İletkenin öz direnci ( $\rho = 1/\sigma$ ) [ $\Omega$ ]
$\sigma$	İletkenlik sabiti [S/m]
$\sigma_r$	Bağıl İletkenlik sabiti (relative conductivity) [S/m]
$\epsilon$	Elektrik geçirgenlik sabiti (dielektrik sabiti) (permittivity) [F/m]
$\epsilon_r$	Bağıl Elektrik geçirgenlik sabiti (relative permittivity) [F/m]
$\mu$	Manyetik geçirgenlik (permeability) [H/m]
$\mu_r$	Bağıl manyetik geçirgenlik (relative permeability) [H/m]
SE	Ekranlama etkinliği (shielding effectiveness) [dB]
$S_A$	Soğurma kaybı (absorption loss) [dB]
$S_R$	Yansıma Kaybı (reflection Loss) [dB]
$S_{MR}$	Çoklu yansıma kaybı (multiple reflection loss) [dB]

Kısaltmalar	Açıklama
BTS	Baz istasyonu (base transceiver station)
Co	Pamuk
Cu	Bakır
EM	Elektromanyetik
EMI	Elektromanyetik engelleme (electromagnetic interference)
EMC	Elektromanyetik uyumluluk (electromagnetic compability)
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
EMSE ya da SE	Elektromanyetik ekranlama etkinliği (shielding effectiveness)
ESD	Elektrostatik deşarj (electrostatic discharge)
PA	Polyamid
PAn	Polianilin
PPy	Polipirol
PTh	Politiyofen
RF	Radyo frekansı
SS	Paslanmaz çelik
YGH	Yüksek gerilim hattı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. a) İletken tel ya da polimer yapısı, b) iletken materyal katkılı iplik yapısı, c) iletken materyal ile kaplanmış iplik yapısı (Kirsten 2006), d) iletken materyal ile kaplanmış iplik görüntüsü (www.shieldextrading.net, 2009) .....	8
Şekil 2.2. Yapısı itibariyle iletken olan polimerler (Adhikari 2004) .....	11
Şekil 2.3. Yaşam alanlarındaki elektromanyetik alan kaynakları, (a) konut içi, (b) konut dışı (www.emf-info.ch, 2013) .....	17
Şekil 2.4. Elektrik ve Manyetik alan (Özdemir 2009) .....	18
Şekil 2.5. Dalga yapısı ve özellikleri .....	18
Şekil 2.6. Elektromanyetik Spektrum (www.sura.org, 2005) .....	19
Şekil 2.7. Elektromanyetik alan kaynakları; a-b) GSM vericileri (Özdemir 2009), c) Radarlar (Sevgi 2001), d) Yüksek Gerilim Hatları (Ekiz 2007) .....	20
Şekil 2.8. Kalınlığı d olan bir duvarda ekranlama etkinliği bileşenleri (Arı ve Özen 2008) .....	28
Şekil 2.9. Elektrik ve Manyetik alan (glendash.com, 2013) .....	28
Şekil 2.10. Özdirencinin hesaplanmasında etkin olan parametreler, özdirencinin sıcaklıkla değişimi (Arı ve Özen, 2008) .....	32
Şekil 2.11. Elektromanyetik radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı (Arı ve Özen, 2008) .....	33
Şekil 2.12. Dalga empedansının kaynaktan uzaklığa ve E veya H alanlara göre değişimi (Arı ve Özen, 2008) .....	33
Şekil 2.13. Üzerinde bir açıklık bulunan ekranda manyetik alan kaçığının oluşumu (Arı ve Özen, 2008) .....	34
Şekil 2.14. a) Ekran üzerinde dikdörtgen yapıda bir açıklık olması durumunda akım dağılımı, b) havalandırma amaçlı çok sayıda açıklığa sahip ekran (Arı ve Özen, 2008), c) Bal peteği şeklinde açıklık modeli (Sevgi, 2004) .....	35
Şekil 2.15. a) ASTM D4935-99 test düzeneği, b) MIL-STD 285 test düzeneği (Wieckowski 2006), c) TS EN 50147-1 test düzeneği .....	37
Şekil 2.16. Elektromekanik özellikler ölçüm cihazı, a) bakır elektrotlar, b) elektromekanik test cihazı başı (Devaux ve ark. 2007) .....	39
Şekil 2.17. a) Çelik karışımli kesik elyaf ipliklerden üretilen kumaşların, b) çelik tel içeren ipliklerden üretilen kumaşların EMSE test sonuçları (Cheng 2000) .....	41
Şekil 2.18. Rotor büküm makinesinin şematik gösterimi, a) iplik gözü, b) bambu kömürü içeren tekstüre polyester iplik, c) rotor büküm, d) tahrik kayışı, e) taşıma, f) özlü iplik, g) bobin sarma (Lin ve ark. 2010) .....	46
Şekil 2.19. a) Çeken ve ark. (2011) hazırlamış olduğu EMSE test düzeneği, b) 35 µm çelik telli lakost kumaşların EMSE test sonuçları .....	48
Şekil 2.20. Dref -3 tekniği ile bakır telin pamukla kaplanmış hali (Ramachandran ve Vigneswaran 2009) .....	52
Şekil 2.21. Cheng ve ark. (2002) üretmiş olduğu iletken kompozit ipliğin yapısı .....	53
Şekil 2.22. Chen ve ark. (2004, 2008) ürettikleri örme-dokuma kompozit kumaş .....	54
Şekil 2.23. Fizyoterapi odasının duvarlarının kaplanmasından (a) önce ve (b) sonra yapılan elektromanyetik dalga ölçümleri .....	55
Şekil 2.24. Eş merkezli prob ve Metrosol 2000 direnç ölçüm cihazı (Rehnby ve ark. 2008) .....	57



Şekil 2.25. Less EMF Inc. (www.lessemf.com, 2010) firması tarafından üretilen atkılı örme, çözgülü örme ve dokuma kumaş yapıları .....	58
Şekil 2.26. Özbek Tekstil firmasının ürettiği Textherm kumaş .....	59
Şekil 2.27. Shieldex Trading GmbH (www.shieldextrading.net, 2009) firması tarafından üretilen a) dokusuz yüzey, b) örme ve c) dokuma tekstil yapıları .....	60
Şekil 2.28. Yshield GmbH & Co. Kg (www.yshield.com, 2013) firması tarafından üretilen atkılı örme, çözgülü örme ve dokuma kumaş yapıları .....	62
Şekil 2.29. Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan bazı ürünler .....	62
Şekil 2.30. Elektronik tekstilleri sınıflandırılması (www.kaizenken.jp, 2004).....	64
Şekil 2.31. a)Giyilebilen bilgisayar örneği(Rantanen 2001), Scottevest b)mont, c)ceket (www.scottevest.com), d)iSolarX teknolojisiyle elektronik cihazları şarj eden çanta .....	65
Şekil 2.32. a) Northface firmasının ürettiği üç kademeli ısıtıcı ceket (www.ubergizmo.com, 2006), b) Polartech firmasının ürettiği ısıtıcı ceketin şematik görüntüsü (www.polartechheat.net, 2011).....	66
Şekil 2.33. Elektronik mont (Gonzalez 2009).....	66
Şekil 2.34. a) Lumalive teknolojisi ile renkli ışık yayan tekstil ürünü (Zhou 2008), b) kullanıcının konum ve yer değiştirmesinin kablosuz iletişim ile izlenmesine olanak sağlayan elektronik giysi (Gonzalez 2009).....	67
Şekil 2.35. İşlemciler arasında bağlantıyı sağlayan iletken ipliklerin dokuma kumaş yapısı içerisindeki yerleşimi (Deguillement 2003) .....	67
Şekil 2.36. Photonics firması tarafından üretilen optik lifler içeren örme tekstil yapıları (www.photonicslabs.com, 2008).....	68
Şekil 2.37. Wealthy elektronik giysi sistemi ile hastaların sağlık kontrolünün hastane dışından da online olarak izlenebilmesi (Paradiso 2006).....	69
Şekil 2.38. İletken ipliklerin intersia örme tekniği ile kumaş yapısı içerisine dâhil edilmesi (Li ve ark. 2009) .....	69
Şekil 2.39. Nakış işlemi ile e-tekstillerin üretimi (Post ve ark. 2000) .....	70
Şekil 2.40. Esnek elektronik modüllerin nakış işlemi ile tekstil yüzeyleri üzerine entegre edilmesi (Linz ve ark. 2005).....	70
Şekil 2.41. a)İletken kumaş ve dokusal sensör sistemleriyle oluşturulan çok katlı algılayıcı kumaş ve b) sensör giysi giydirilmiş insansı robot (Inaba ve ark. 1996).....	72
Şekil 3.1. Metal tel ve pamuk ipliklerin oyuk iğ yöntemiyle bükülmesi .....	74
Şekil 3.2. E20 incelikteki, 3½” çap ve 220 iğneye sahip Harry Lucas marka yuvarlak örme makinesi .....	76
Şekil 3.3. E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde .....	77
Şekil 3.4. Memminger Iro marka EFS 620 model elastan iplik besleyici.....	79
Şekil 3.5. (a) E28 incelikteki, 34” çap ve 102 sisteme sahip wrapper (boyuna çizgili) ringel yuvarlak örme makinesi, (b) boyuna çizgi mekikleri ve (c) ipliklerin iğnelere beslenmesi .....	85
Şekil 3.6. Enine ve boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşların örgü raporu .....	86
Şekil 3.7. Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazakların Stoll M1 Plus programı ile tasarımı (kazağın ön parçası).....	89
Şekil 3.8. Araştırma kapsamında kullanılan elektronik donanımlar: (a) arduino uno ve (b) arduino lilypad simple elektronik platformlar, (c) lilypad marka beyaz led, (d) matris display, (e) devre bordu, (f) dirençler, .....	90
Şekil 3.9. Matris display’in iç yapısı (Erol 2006) .....	91

Şekil 3.10. Tutucu içerisine sabitlen 15 Denye çorap numunesin testin başlatılmasından önceki hali .....	97
Şekil 3.11. (a) Koaksiyel iletim hattı elektromanyetik ekranlama ölçüm düzeneği (HP 8510C Network Analizörü ve 100MHz–1.5GHz Sinyal Jeneratörü) (b)Yansısız Oda .....	98
Şekil 3.12. (a) Ekranlama etkinliği ölçümlerinde kullanılan yansısız oda, (b) boynuz anten, (yatay) olarak konumlandırılmış kumaşların şematik çizimi, (d) dikey olarak konumlandırılmış kumaşların şematik çizimi .....	98
Şekil 3.13. (a) Ekranlama etkinliği ölçümlerinde kullanılan koaksiyel iletim hattı modeline uygun olarak tasarlanmış test ekipmanı, (b) elektrik ve manyetik alan ..	99
Şekil 3.14. (a) Koaksiyel test düzeneği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği testlerinde kumaş pozisyonlarının şematik çizimi, a) tek kat kumaş, b) birbirine paralel olarak konumlandırılmış iki kat kumaş, c) birbirine dik olarak konumlandırılmış iki kat kumaş .....	100
Şekil 4.1. RL kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları .....	105
Şekil 4.2. 1x1 Rib kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları .....	106
Şekil 4.3. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	107
Şekil 4.4. İki kat RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları (a) paralel, (b) dik .....	109
Şekil 4.5. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları .....	110
Şekil 4.6. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	113
Şekil 4.7. RL örgü yapısının (a) iğne diyagramı ve (b) ön, (c) arka yüz açık ilmek görüntüsü olarak gösterimi, 1x1 Rib örgü yapısının (d) iğne diyagramı ve (e) ön, (c) arka yüz açık ilmek görüntüsü olarak gösterimi .....	114
Şekil 4.8. İki kat 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE sonuçları; (a) paralel, (b) dik konumda yerleşmesi durumunda .....	115
Şekil 4.9. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları ..	116
Şekil 4.10. Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların enine yöndeki elastikiyet ve kalıcı uzama test sonuçları .....	119
Şekil 4.11. Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	120
Şekil 4.12. Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları .....	122
Şekil 4.13. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	124
Şekil 4.14. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları .....	126
Şekil 4.15. Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisi (koaksiyel iletim hattı metodu) .....	129
Şekil 4.16. Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları .....	131
Şekil 4.17. (a) RL, (b) Tek Toplama Pike (PIQ kodlu), (c) Weft Locknit - bir sırası incili bir sırası birde bir değişimli atlamalı RL örgü (MIS kodlu) ve (d) Cross Miss – birde bir değişimli atlamalı RL örgü (MISS kodlu) örgülerin iğne diyagramları ve arka yüz açık ilmek görüntüleri .....	133

Şekil 4.18. Çift yüzlü kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları.....	134
Şekil 4.19. Çift yüzlü kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları .....	135
Şekil 4.20. Çift yüzlü kumaşların koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay ölçüm yöntemleriyle yapılan EMSE test sonuçlarının karşılaştırılması (1-1,5 GHz).....	137
Şekil 4.21. (a) Serbest uzay ve (b) koaksiyel test düzeneklerinde elektrik ve manyetik alan doğrultuları .....	137
Şekil 4.22. Numune tutucu içerisine yerleştirilmiş olan 15 Denye süper ince bayan çoraplarında 500 ve 1000 tur sonrasında oluşan deformasyon .....	139
Şekil 4.23. Boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin örme kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları.....	142
Şekil 4.24. (a,b,c) 35 µm çapında paslanmaz çelik tel ve turuncu renge boyanmış Ne 60/2 numara pamuk ipliği ile üretilen kompozit ipliklerle örülen kumaşlar (1x1 inç), (d,e,f) 50 µm çapında paslanmaz çelik tel ve turuncu renge boyanmış Ne 60/2 numara pamuk ipliği ile üretilen kompozit ipliklerle örülen kumaşlar (1x1 inç) .	144
Şekil 4.25. İletken kompozit ipliğin kumaştaki doğrultusunun, kumaşların EMSE değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları .....	144
Şekil 4.26. İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları.....	146
Şekil 4.27. Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazaklar.....	148
Şekil 4.28. (a) Hazırlanan kayan yazı devresi ve (b) devre şeması (Erol 2006) .....	149
Şekil 4.29. Enine yönde bölgesel olarak iletken kompozit iplik içeren kumaşlar ile oluşturulan 3x3 matris display elektronik tekstil yapısı.....	150

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Bazı iplik tipleri ve dirençleri (% 35 nem) (Asanovica 2007).....	7
Çizelge 2.2. Bazı iletken polimerlerin iletkenlikleri ve dayanımları (Cihaner 2004).....	10
Çizelge 2.3. Elektrikli ev aletlerinin neden oldukları elektrik alan şiddetleri (Ekiz 2007) .....	17
Çizelge 2.4. “Nilüfer Elektromanyetik Alan Kirliliği Projesi” kapsamında yapılan elektromanyetik alan kirliliği ölçüm sonuçları (sınır değerler üzerindeki ölçümler) .....	22
Çizelge 2.5. İzmir bölge baz istasyon sayısı ve İzmir elektromanyetik kirlilik haritası (Aşıl 2010).....	23
Çizelge 2.6. Elektrik ve Elektromanyetik alanların özellikleri (www.who.int, 2011)....	29
Çizelge 2.7. Tipik ekranlama değerleri (E:EM alan, P: EM güç) (Sevgi 2004). ....	30
Çizelge 2.8. Elektromanyetik ekranlama elemanı olarak kullanılacak tekstil malzemelerinin sınıflandırılması (FTTS-FA-003, 2005).....	31
Çizelge 2.9. Bazı metallerin ısı iletkenlik katsayıları (Toprak, 2010) .....	32
Çizelge 2.10. Elektromanyetik dalga yayılımında etkin ortam parametreleri (Arı ve Özen, 2008).....	32
Çizelge 2.11. Toplam ekranlama etkinliği (SE) ifadelerinin uzak ve yakın alan için hesaplanmasında kullanılan eşitlikler (Arı ve Özen, 2008) .....	34
Çizelge 2.12. Bazı malzeme ve ortamların bağlı elektrik geçirgenlik, bağlı manyetik geçirgenlik ve iletkenlik sabitleri (Candan 2005, Arı ve Özen 2008).....	36
Çizelge 2.13. Su ve Chern’in (2004) ürettikleri dokuma kumaşlar .....	51
Çizelge 3.1. Metal tel - iplik büküm işlemi ile üretilen iletken kompozit iplikler .....	75
Çizelge 3.2. E20 incelikteki yuvarlak örme makinesinde üretilen RL kumaş yapıları...	77
Çizelge 3.3. E12 incelikteki düz örme makinesinde üretilen 1x1 Rib kumaş yapıları ...	78
Çizelge 3.4. Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaş yapıları .....	79
Çizelge 3.5. Farklı oranlarda metal tel içeren RL kumaş yapıları .....	80
Çizelge 3.6. Askı ve atlama katılmış örme kumaş yapıları.....	81
Çizelge 3.7. Bir yüzü iletken kompozit iplikli diğer yüzü pamuk iplikli çift yüzü örme kumaş yapıları .....	82
Çizelge 3.8. Ham, mamül ve yıkanmış RL kumaşlar .....	84
Çizelge 3.9. Enine, boyuna ve hem enine hem boyuna yönde iletken kompozit içeren örme kumaşlar .....	87
Çizelge 3.10. İletken metal iplikler ve iletken iplikler ile üretilen örme kumaşlar.....	88
Çizelge 3.11. Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazaklar.....	90
Çizelge 4.1. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE değerlerinin SNK testi sonuçları .....	108
Çizelge 4.2. Yatay olarak konumlandırılmış RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları.....	111
Çizelge 4.3. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları .....	113
Çizelge 4.4. Yatay olarak konumlandırılmış 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları.....	117
Çizelge 4.5. Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları .....	121

Çizelge 4.6. Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların (yatay olarak konumlandırılmış) serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları .....	123
Çizelge 4.7. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları .....	125
Çizelge 4.8. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları ..	127
Çizelge 4.9. Örgü yapısının koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları .....	129
Çizelge 4.10. Metal tel tipinin koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları .....	130
Çizelge 4.11. Örgü yapısının serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları .....	132
Çizelge 4.12. Metal tel tipinin serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları .....	133
Çizelge 4.13. Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların ev tipi yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal değişimleri .....	140
Çizelge 4.14. Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları .....	141
Çizelge 12.1. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 400 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	181
Çizelge 12.2. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 400 MHz – 800 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	181
Çizelge 12.3. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 800 MHz – 1200 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	181
Çizelge 12.4. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 1200 MHz – 1500 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	182
Çizelge 12.5. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 1 GHz – 5 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	182
Çizelge 12.6. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 5 GHz – 9 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	182
Çizelge 12.7. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 9 GHz – 13 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	183
Çizelge 12.8. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 13 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları ..	183
Çizelge 13.1. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 400 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	184
Çizelge 13.2. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 400 MHz – 800 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	184

Çizelge 13.3. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 800 MHz – 1200 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	184
Çizelge 13.4. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 1200 MHz – 1500 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	185
Çizelge 13.5. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 1 GHz – 5 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.	185
Çizelge 13.6. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 5 GHz – 9 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.	185
Çizelge 13.7. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 9 GHz – 13 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.	186
Çizelge 13.8. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 13 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.	186
Çizelge 14.1. Elastan ipik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	187
Çizelge 14.2. Elastan ipik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	187
Çizelge 15.1. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	188
Çizelge 15.2. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	188
Çizelge 16.1. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen iletken kompozit iplikli kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.....	189
Çizelge 16.2. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları.....	189
Çizelge 16.3. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen iletken kompozit iplikli kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	189
Çizelge 16.4. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları .....	189

## 1. GİRİŞ

Tekstil malzemeleri genellikle hafif, esnek ve diğer malzemelerle kıyaslandığında birçok açıdan benzersiz olan, bu nedenle de hayatımızın her anında yanımızda olan malzemelerdir. Tekstiller, cildimiz için olduğu kadar çevremiz içinde önemlidir. Modanın yanı sıra konfor ve koruma amaçlı olarak da kullanılmaktadırlar. Giyindiğimiz ve üzerinde yürüdüğümüz tüm tekstil ürünlerinin, mevcut durumlarından çok farklı olarak yakın gelecekte çok fonksiyonlu, uyum sağlayabilen ve cevap verebilen sistemlere dönüşeceği öngörülmektedir. İletişim, hesaplama ve eğlencenin yanı sıra sağlık ve tehdit algılama gibi farklı işlevlere sahip olacaklardır. Giysi haricinde kullanılan tekstil uygulamaları; gözetim ve tespit işlevleri gerçekleştirecek ve halen araştırılmakta olan bazı konseptlerle de tekstil ürünleriyle ilgili anlayışımızı ve beğenimizi tamamıyla değiştirebilecektir (Ghosh ve Dhawan2006).

Mekanik, kimyasal, elektriksel, manyetik veya diğer bir fiziksel kaynak tarafından üretilen uyarımlar veya ortam şartlarını algılayabilen ve reaksiyon veren malzemeler “akıllı malzemeler” olarak tanımlanmaktadır. Akıllı tekstiller tıbbi tekstiller, koruyucu ve askeri teknik tekstiller, taşımacılık teknik tekstilleri gibi birçok alanın kapsamına giren ancak yüklendikleri işlev ve yapıları itibariyle ayrı bir kategoride değerlendirilen bir gruptur.

“Akıllı(smart) tekstiller” tanımı içinde akıllı lifler, akıllı kumaşlar ve akıllı giysiler yer almaktadır. Akıllı tekstiller, gösterdikleri reaksiyonlara göre Zhang ve Tao tarafından üç ana gruba ayrılmışlardır: Pasif akıllılar, Aktif akıllılar, Çok akıllılar (Zhang ve Tao 2001).

Pasif Akıllılar: Sadece ortam şartlarını ve uyarımlarını algılayabilirler. Optik lif yerleştirilmiş kumaşlar ile iletken kumaşlar pasif akıllı tekstil yapılarına örnek olarak gösterilebilir.

Aktif Akıllılar: Ortam şartlarını ve uyarımlarını algılayıp tepki verebilmektedirler. Aktif akıllı malzemeler, pasif akıllı yapılardan bir adım önde olarak sensör yapılarının yanı

sıra tahrik elemanları (aktivatör) adı verilen yapıları da içermektedirler. Aktif akıllı tekstil yapılarına; biçimsel hafızaya sahip, bukalemunsu, su itici, buhar geçirgen, ısı depolayan ve ısı düzenleyen, buhar absorbe eden, ısı üreten kumaşlar veya elektrik ısıtmalı giysiler örnek olarak verilebilir.

Çok Akıllılar: Ortam şartlarını ve uyarılarını algılayıp tepki verirler ve kendilerini yeni durumlara adapte edebilirler. Tekstil endüstrisinin geleceği olarak değerlendirilen çok akıllı tekstil yapıları çevresel ortam şartlarını algılayabilen, içinde bulunduğu duruma göre reaksiyon gösteren ve kendini bu duruma adapte edebilen yapılardır. Akıllı tekstillerin en üst seviyesidir. Geleneksel tekstil-konfeksiyon ürünleri ile malzeme bilimi, yapısal mekanik, sensör-algılayıcı teknolojisi, iletişim, yapay zeka, biyoloji vs. gibi bilim dallarının bir araya gelmeleri ile doğmuştur (Kayacan 2008).

Akıllı tekstillerin üretim tekniklerine göre bir diğer sınıflandırılması da; faz değiştiren materyallerden elde edilen akıllı tekstiller, biçimsel hafızalı materyallerden elde edilen akıllı tekstiller, kromik materyallerden elde edilen akıllı tekstiller, elektronik / iletken tekstillerden, elyaflardan elde edilen akıllı tekstiller ve diğer akıllı kumaşlar, tekstiller olarak yapılmaktadır (Norstebo 2004).

Elektronik donanımların insan yaşamına katacağı pek çok yarar yanında maruz kalınacak elektromanyetik radyasyonu artıracacağı da bilinmektedir. Elektromanyetik dalgalara maruz kalan insanlarda baş ağrısı, halsizlik, kusma, konsantrasyon bozukluğu, hafıza kaybı, reflekslerde zayıflama gibi olumsuzlukların ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Ayrıca uzun dönemde kanser, normal hücre bölünmesi, sinirlerde hasar, beyin hasarları ve düşüklere neden olabilecek olumsuz etkiler görülmektedir (www.safelivingtechnologies.ca, 2011).

İletken lifler kullanılarak oluşturulan pasif akıllı kumaş yapıları, statik elektrikten ve elektromanyetik alanlardan korunma aracı olarak kullanılan iletken kumaşlardır. Aktif akıllı ve çok akıllı giyilebilir elektroniklerin aksine, bu tür kumaşlarda iletken lifler belirli bir bölgede veri iletimi yerine tüm kumaş yapısında görülmektedir.



İletken tekstiller, iletken metal lifler, iletken metal teller, iletken lif ve polimerler, iletken materyal katkılı lif ve polimerler, iletken materyal kaplı iplikler kullanılarak üretilmektedir.

Elektromanyetik ekranlama özellikli örme kumaş geliştirilmesi isimli bu doktora tezi kapsamında öncelikle örme makinelerinde kullanılacak ekonomik iletken iplik üretimi hedeflenmiştir. 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel, 50 µm çaplı bakır tel, 70 µm çaplı bakır tel, 100 µm çaplı bakır tel, 100 µm çaplı nikel kaplı bakır tel ve 100 µm çaplı kalay kaplı bakır tel olmak üzere farklı iletken metal teller ve Ne 30/1, Ne 40/1, Ne 60/2 ve Ne 80/2 numaralardaki pamuk iplikleri kullanılarak iletken kompozit iplikler üretilmiştir.

Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç ve gereçlerden yararlanma ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanması sonucunda yaşam alanlarındaki iyonize olmayan elektromanyetik radyasyon (EMR) yoğunlukları artmaktadır. Cep telefonu kullanımının yaygınlaşması ve baz istasyonu sayısının hızla çoğalması elektromanyetik alan kirliliğinin daha riskli bir seviyeye ulaşmasına neden olmuştur (Türkkan 2012).

Elektromanyetik kirlilikten çocuklar, gençler, hamile kadınlar ve yaşlılar daha çok etkilenmektedir. Hayatımızda daha çok rol oynayan diz üstü ve tablet bilgisayarlar ile adeta küçük birer bilgisayara dönüşen akıllı telefonlar kablosuz internet bağlantısı imkanları ile kullananları yoğun elektromanyetik dalgalara maruz bırakmaktadır.

Bu doktora tez çalışmasında; toplum sağlığı açısından gün geçtikçe daha çok önem kazanan elektromanyetik radyasyona karşı koruma sağlayan kullanımı rahat, konforlu giysi üretimi hedeflenmiştir. Bu amaçla, üretilen kompozit ipliklerden elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan örme kumaşlar üretilmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, üretilen kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE) testleri ASTM D4935 test standardına uygun olarak

düzenlenmiş koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay ölçüm yöntemleriyle (yansız oda şartlarında) gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada örgü yapısına elastan katılmasının, örgüde her sırada kullanılan iplik katları içindeki kompozit iplik sayısının, farklı örgü raporları ile üretimin kumaşların EMSE sonuçlarına etkisi de incelenmiştir. Kompozit ipliğin içindeki metal telin vücuda temasını önlemek amacıyla, çift yüzlü örme kumaşlar da üretilerek elektromanyetik dalgalara karşı koruma etkinliği ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçların endüstriye ve seri üretime uyarlanması önem taşımaktadır. Ham pamuk iplikleriyle üretilen kompozit iplikli örme kumaşların boyanması gerekmektedir. Bu kumaşlar içindeki metal tellerin işletmede seri üretimde boya terbiye işlemleri sırasında sorun yaratabileceği öngörülmektedir. Bu sorun boyalı pamuk ipliği kullanılarak çözülebilir ancak maliyet çok yükselecektir. Tez çalışması kapsamında ikinci bir grup kompozit iplik üretilerek ham ve boyalı pamuk ipliğinden üretilen kompozit iplikler elde edilerek bu ipliklerden örülen kumaşların elektromanyetik dalgalara karşı koruma etkinliği de ölçülmüştür.

Tez kapsamında üretilen kumaşların giyilebilir ürünler olması hedeflenmektedir. Giysilik ürünlerin tüketiciler tarafından yıkanması durumunda performanslarının değişiminin izlenmesi esastır. Bu sebeple, üretilen mamul kumaşların tekrarlı yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal ve elektromanyetik ekranlama özelliklerindeki değişim de incelenmiştir.

Örme kumaş yapılarının hem yatay hem de dikey doğrultuda iletken kompozit iplik içermesi durumunda, elektromanyetik ekranlama etkinliklerinin artması beklenmektedir. Bu sebeple, boyuna çizgili kumaş üretilen tipteki yuvarlak örme makineleri kullanılarak enine, boyuna ve hem enine hem de boyuna çizgi olarak iletken kompozit iplik içeren kumaşlar üretilmiş ve üretilen kumaşların elektromanyetik ekranlama özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

İletken kompozit iplikler içerdikleri metal teller nedeniyle, sert tutumludur. Örülme güçlükleri ve sonucunda tellerde kırılmalar görülebilmektedir. İletken ipliklerin daha yumuşak örnekleri olarak sayılabilecek olan iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler ise yüksek maliyetlidir. Tez çalışması kapsamında iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler ve iletken kompozit ipliklerden örülen kumaşların EMSE değerleri de kıyaslanmıştır.

Elde edilen bilgiler ışında, gündelik kullanıma uygun, giyilebilir formda ürün üretimine yönelik olarak çalışmalarda bulunulmuş ve cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kazaklar üretilmiştir. İletken kompozit ipliklerden üretilen kumaşların gerek kesim gerekse dikiş işlemleri esnasında sorunlar olabileceği göz önüne alınarak, kazakların cep kısımları ek bir dikim işlemine gerek olmayacak şekilde düz örme makinesinde üretilmiştir.

Tez çalışmasının son bölümünde, örme kumaş üretim teknikleri ile elektronik tekstil yapılarının oluşturulmasına yönelik araştırmalar yapılmış ve kayan yazı devresi oluşturulmuştur.

Tez çalışmasının son bölümünde, örme kumaş üretim teknikleri ile elektronik tekstil yapılarının oluşturulmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla, enine yönde bölgesel olarak iletken kompozit iplikler içeren kumaşlar ve beyaz renkte ledler kullanılarak matris display devre şeması oluşturulmuştur. Arduino elektronik platformu ve hazırlanan yazılım kullanılarak ledlerin ayrı ayrı yanıp sönmesi sağlanmış ve kayan yazı devresi olarak çalışan smart tekstil örneği oluşturulmuştur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tez çalışması kapsamında incelenen literatür araştırması sonuçları

- iletken malzemeler,
- elektromanyetizma ve elektromanyetik dalgalardan korunma,
- iletken kumaş ve yüzeylerle ilgili literatürde mevcut çalışmalar,
- iletken kumaş ve yüzeylerle ilgili ticari örnekler,
- elektronik tekstiller ve giyilebilir elektronikler

olmak üzere beş farklı başlık altında sunulmuştur.

### 2.1. İletken Malzemeler

Bir maddenin elektriksel davranışını, o maddenin son yörüngesinde bulunan serbest (valans) elektronların sayısı belirler. Elementler valans elektronların sayısına bağlı olarak; yalıtkanlar, iletkenler ve yarı iletkenler olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Valans yörüngesindeki elektron sayısı dörtten büyük olan maddeler yalıtkan dörtten küçük olan maddeler de iletkenlerdir. Yarı iletkenlerin valans yörüngelerinde ise dört elektron bulunmaktadır.

Doğal kaynaklı tekstil malzemeleri yapıları gereği yalıtkan özelliktedir, yani elektriği iletmemektedir. Diğer taraftan tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik lifler polimerlerden yapılmaktadır. Polimerlerin organik kombinasyonları elektrik akımının geçmesi için gerekli olan serbest elektronları sağlamamaktadır. Sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerlerin tipik özgül direnci  $10^{10}\Omega\text{m}$  seviyesinden daha yüksektir. Bu durum elektriği çok iyi yalıtan bir materyale uygundur. Elbette elektrik izolasyonu dışında herhangi bir elektriksel uygulama için bu tür materyallerin kullanılma ihtimali kesinlikle yoktur (Vassiliadis ve ark. 2004). Çizelge 2.1'de bazı iplik tipleri ve dirençleri verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Bazı iplik tipleri ve dirençleri (% 35 nem) (Asanovica 2007)

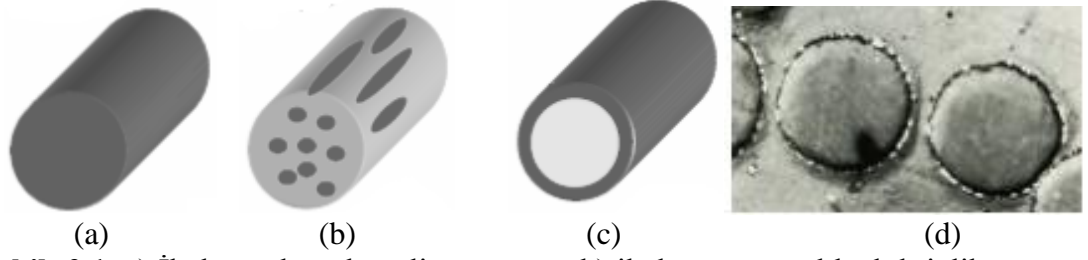
Materyal Kompozisyonu	İplik tipi	Numara (tex)	Büküm (m <sup>-1</sup> )	R (TΩ)
Pamuk (100%)	Penye	12	1045	3,29
Pamuk (100%)	Penye	20	685	1,76
Pamuk (100%)	Penye	25	676	1,35
Pamuk (100%)	Açık Uç Rotor	30	846	2,07
Pamuk (100%)	Açık Uç Rotor	72	542	0,861
Pamuk (100%)	Açık Uç Rotor	20 x 2	925(k <sub>0</sub> ), 541(k <sub>1</sub> )	1,72
Pamuk/PES (50/50%)	Açık Uç Rotor	25	905	4,07
Viskon (100%)	Karde	30	543	5,36
Viskon (100%)	Karde	30	742	4,17
Akrilik (100%)	Penye	25 x 2	499(k <sub>0</sub> ), 456(k <sub>1</sub> )	37,5
Yün (100%)	Ştrayhgarn	75 x 2	292(k <sub>0</sub> ), 162(k <sub>1</sub> )	11,3
Kenevir (100%)	Karde	286	165	0,0676
Kenevir (100%)	Karde	400	194	0,0494
Kenevir (100%)	Karde	800	107	0,0175
Kenevir (100%)	Karde, ağartılmış	139	268	1,02
Kenevir (100%)	Karde, ağartılmış	270	205	0,476
Keten (100%)	Karde	333	192	0,389
Jüt (100%)	Karde	351	130	0,189

İletkenlerin alan direnci  $10^4$ - $10^5$  Ω arasındadır ve hızlı deşarj sağlar, yalıtkanların alan direnci  $10^{12}$  Ω'dan büyüktür ve tam bir statik yük oluşturma kaynağıdır. Bu malzemelerin tam arasında kalan empedans bölgesi, alan direnci  $10^6$ - $10^{11}$  Ω olan malzeme ise antistatik malzemedir (Burunkaya 2008).

İletken tekstiller,

- İletken metal lifler
- İletken metal teller
- İletken lif ve polimerler
- İletken materyal katkılı lif ve polimerler
- İletken materyal kaplı iplikler

olarak sınıflandırılabilir. Şekil 2.1'de iletken tel ya da polimer yapısı, iletken materyal katkılı iplik yapısı, iletken materyal ile kaplanmış iplik yapısı ve iletken materyal ile kaplanmış iplik görüntüsü sunulmuştur.



**Şekil 2.1.** a) İletken tel ya da polimer yapısı, b) iletken materyal katkıli iplik yapısı, c) iletken materyal ile kaplanmış iplik yapısı (Kirsten 2006), d) iletken materyal ile kaplanmış iplik görüntüsü (www.shieldextrading.net, 2009)

### 2.1.1. İletken metal lifler

Tekstil kumaşlarının iletkenliğini geliştirme konusunda yapılmış ilk yaklaşım metalik tellerin ve ince metalik bantların kullanılmasıdır. Metal lifler, ferro alaşımlar, nikel, paslanmaz çelik, titanyum, alüminyum ve bakır gibi birçok iletken malzemeden üretilebilirler. Metal lifler, 1 – 80 µm çapa sahip çok ince filamentlerdir. Çok iyi birer iletken olmalarına rağmen, metalik lifler pahalı, gevrek ve birçok tekstil materyalinden ağırdır, bu durum metalik liflerden homojen karışımlar yapmayı zorlaştırmaktadır (Xue ve ark. 2005).

Yerli ve yabancı üreticiler, tedarikçiler tarafından iletken metal liflerden üretilen iplikler ve iletken metal lif katkıli iplikler ticari olarak satışa sunulmaktadır. Metal iplikler ya da metal lif katkıli iplikler içerdikleri metal lif oranları ve iletkenlik özelliklerine bağlı olarak elektronik tekstillerin ve elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan tekstil yapılarının üretiminde kullanılmaktadır.

### 2.1.2. İletken metal teller

İletken tekstil yapılarının geliştirilmesi amacıyla yapılan akademik ve ticari çalışmaların büyük bir bölümünün metal teller kullanılarak yapıldığı görülmektedir. İletken paslanmaz çelik (inox) teller ve bakır teller bunlar arasında öne çıkan metallerdir.

Farklı çaplardaki iletken metal teller ve pamuk, polyester vb. lif ve iplikler özlü iplik, oyuk iğ vb. farklı yöntemler ile iletken kompozit iplikler haline getirilmektedir. Metal teller, herhangi bir tekstil ipliği olmaksızın bu iş için özel olarak üretilmiş makineler

kullanılarak da örme ya da dokuma kumaş yapıları haline getirilebilmektedir. Ancak bu kumaşlar teknik kullanım açısından değerlendirilmekte ve giysi üretiminde kullanılmamaktadır. Altın ve gümüş simli iplik olarak isimlendirilen ve iletken olmayan metal film katkılı ipliklerin süregelen tekstil akımları içerisinde yer almış olmaları, tekstil üreticilerinin metal katkılı ipliklerle kumaş üretimi aşamasında ön bilgiye sahip olmalarını sağlamıştır.

Paslanmaz çelik tekstilden çok uzak bir hammadde gibi gözüксе bile tekstil hammaddeleri ile mükemmel bir uyum sağlamakta ve moda dünyasının yükselen değerleri arasındaki yerini almaktadır. En yüksek kalite olan 316L paslanmaz çelik kullanılarak üretilen paslanmaz çelik ipliğinin çıplak olarak ya da her numara pamuk, viskon, polyester viskon, polyester, naylon, yün, yün viskon karışımli veya fantezi ipliklerin tümüyle dokuma veya örgü torsiyonunda bükümlü olarak satışı yapılabilmektedir (www.filafililik.com, 2011).

Çelik iplikler mükemmel ve sürekli iletkenlik özellikleri nedeni ile objelerin bazı endüstriyel işlemler esnasında veya birbirleri ile sürtünmeleri veya ayrıştırılmaları esnasında oluşan elektrostatik yükleri iletme ve boşaltma işlevi görürler. Bilindiği üzere insan vücudu çeşitli kimyasal fiziksel ve biyolojik sebeplerden ötürü elektrostatik yüklenmeye maruz kalmaktadır. Örneğin temiz izole edilmiş bir odada bir insanın oda zemininde yürümesi esnasında taşıdığı elektrostatik voltaj potansiyeli 1,5 - 35kV arasında değişmektedir. Böylesi yüksek bir elektrostatik yük potansiyeli elektrostatik elektriklenmeye duyarlı elektronik cihazların çökmesine neden olabilmektedir. 2000 yılından itibaren özellikle ABD'de yapılan araştırma ve deneyler paslanmaz çelik karışımli iplikten mamul kumaşların insan vücudundaki yükü topraklama ile boşalttığını yani anti-elektrostatik olduğunu mıknatıslanmayı yani elektromanyetik etkileşimi de kestiğini somut olarak göstermiştir (www.fiberinoks.com, 2011).

### **2.1.3. İletken lif ve polimerler**

Karbon lifleri iletken özellikte olan liflerdir. Karbon liflerinin üretiminde, organik kökenli hammaddelerin ısıtılması sonucu karbon dışındaki diğer atomlar uzaklaşmakta,

böylece karbon atomlarından oluşmuş filamentler elde edilmektedir. Bu filamentlerin kristalizasyonundan sonra yüksek mukavemetli lifler elde edilmektedir (Yaman ve ark. 2007).

Sürekli karbon lifleri, hafif yapıdaki kompozitlerde, özellikle de polimer matris kompozit yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kesik elyaf karbon lifleri sürekli liflere kıyasla daha ucuzdur ve az miktardaki organik bağlayıcıların kullanıldığı geçirgen keçe yapıların üretiminde kullanılmaktadır. Keçe içerisindeki lifler genelde iki yöne doğru oryante edilmiştir. Bunlar, kağıt üretiminde olduğu gibi yaş halde iken forma sokulmuşlardır. Karbon içeren keçe yapıların uygulama alanları; elektromanyetik alan koruması, ışıktan koruma, topraklama, yakıt hücresi elektrotları, kompozit güçlendirme ve buz kırma-ısıtma amacıyla kullanılan kompozitlerdir. Metal kaplanmış karbon lifleri, yüksek iletkenlik özellikleri nedeniyle bunlar gibi birçok uygulamada kullanılan keçe yapıların üretiminde kullanılmaktadır. Kaplama işleminde en yaygın olarak kullanılan metal ise oksidasyona ve korozyona karşı direnci nedeniyle nikelidir (Kim 2006).

İletken polimerler temel olarak üç temel grup ile sınıflandırılmaktadır. Bunlar: yapısı itibarıyla iletken olan polimerler, kompozit iletken polimerler ve iyonik iletken polimerlerdir (Kar 2005).

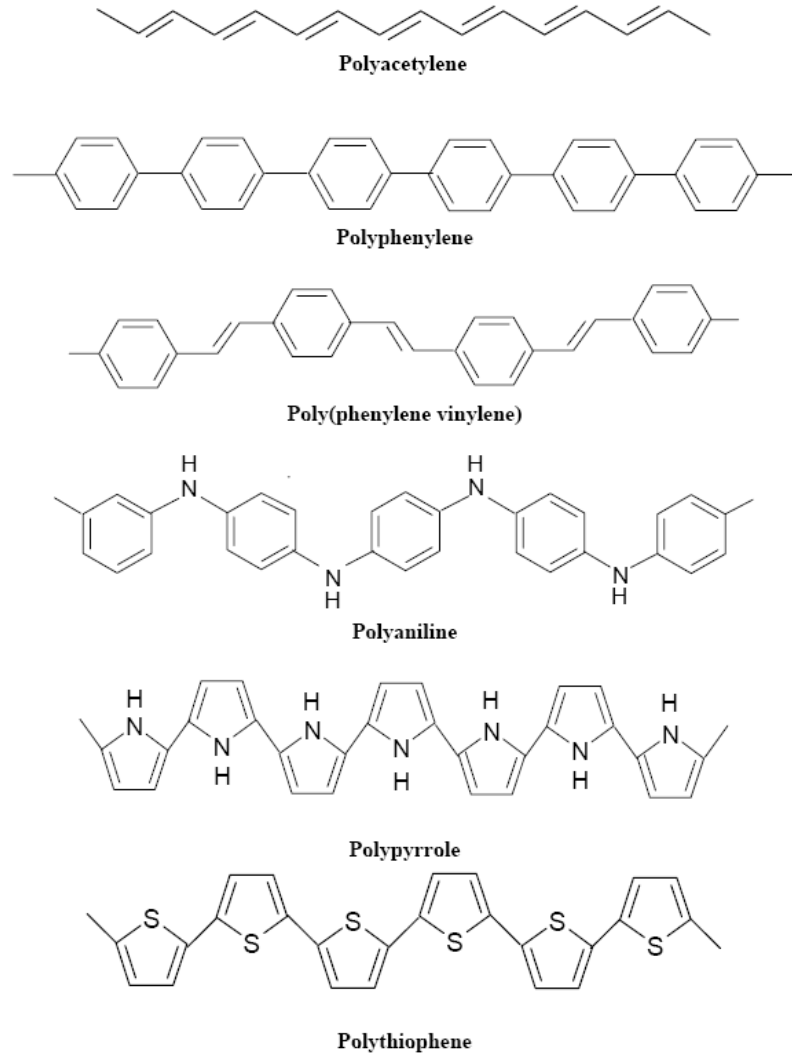
**Çizelge 2.2.** Bazı iletken polimerlerin iletkenlikleri ve dayanımları (Cihaner 2004)

Polimer	İletkenlik (S/cm)	Stabilite	İşleme İmkânları
Poliasetilen	$10^3-10^5$	Kötü	Sınırlı
Polipirol	100	İyi	İyi
Politiyofen	100	İyi	Mükemmel
Polianilin	10	İyi	İyi
Polietilen	1000	Kötü	Sınırlı

İlk defa 1977 yılında iletken polyasetilen'in keşfi ile rapor edilen iletken polimerler nispeten yeni bir malzeme tipidir. Esasen bu buluş, araştırmacının polyasetilen gazından polyasetilen sentezlemesi sırasında yanlışlıkla çok fazla miktarda katalizör eklemesi ve siyah toz parçaları yerine, parlak metalik toz parçalarının ortaya çıkması şeklinde şans eseri ortaya çıkmıştır. Bu yarı iletken malzemenin daha sonra brom ya da iyot buharında



kısmen okside edilmesi ile ve 104 S/cm gibi iletkenlik değerleri vermesi sağlanmış ki, bu da iletkenler sınıfına girmesini sağlamıştır. Bu önemli buluş 2000 yılında tanınmış ve 1977 yılında iletken polyasetileni keşfeden “Alan MacDiarmid”, “Alan Heeger”, ve Hideki Shirakawa”ya kimya dalında Nobel Ödülünü kazandırmıştır. Polyasetilenin keşfinin ardından iletken polimerlerle ilgili olarak pek çok araştırma yapılmış ve birçok yeni iletken polimer sentezlenmiştir. Bunların en önemlileri ve yaygınları PPy (Polipirol), PAn (Polianilin), PTh (Politiyofen)’dir (Kar 2005).



**Şekil 2.2.** Yapısı itibariyle iletken olan polimerler (Adhikari 2004)

İletken polimerler yapıları itibari ile doğal olarak iletken olmalarına rağmen, iplik olarak üretilmeleri ile ilgili araştırmalar devam etmektedir.

#### **2.1.4. İletken materyal katkılı lif ve polimerler**

Polimer materyalin elektrik iletkenliği karbon liflerinin ilave edilmesi ile artırılmaktadır (Yaman ve ark. 2007). Liflerin içerisine karbon ve metal tozu metal, metal oksit ve metal tuzları gibi dolgu maddeleri % 25 veya daha fazla oranda dolgu malzemesi olarak kullanıldığında bazı olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Toyo Bosekik ve ark. 1993, Vassiliadis ve ark., 2004). İletken karbon içeren lifler üretmek için bütün lifleri yüksek konsantrasyonda karbonla yüklemek, bikomponent liflerin iç kısmına karbon eklemek, yüzyüze veya modifiye edilmiş yüz yüze bikomponent liflerin bir bileşenine karbon eklemek, lif yüzeyine karbon eklemek gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir (Xue ve ark. 2005).

PAn (Polianilin), PPy (Polipirol), PTh (Politiyofen)'a dayanarak konvansiyonel liflere iletken polimer eklemek ve kaplamak veya tek ya da karışım halinde iletken polimerler yüklemek mümkündür (Xue ve ark. 2005).

#### **2.1.5. İletken materyallerle kaplanmış iplikler**

İletken materyallerle kaplanmış lif ve iplikler denildiğinde akla ilk gelen yapılar gümüş kaplı lif ve ipliklerdir. Multifilament iplikler ya da pamuk, viskon, keten gibi kesik elyafli iplikler kullanılarak üretilen gümüş kaplı iplikler oldukça ince numaralarda (27/7 dtex, %99 gümüş) satışa sunulmaktadır (www.shieldextrading.net, 2009 ve www.artecs-gmbh.de, 2011).

İletken gümüş iplikler denince saf gümüşten mamul bir tel anlaşılmalıdır. Bunlar gümüş kaplanmış PA 6.6 filament ve hatta kesik liflerdir. PA 6.6. bu ipliğe mukavemet ve elastikiyet kazandırırken gümüş elektriksel iletkenlik sağlamaktadır. Polyamid'in buradaki önemi elyafın yüzey strüktüründen kaynaklanmaktadır. Çünkü bu yüzey tamamen düz olmayıp küçük kovuklara sahiptir. Bu kovuklar gümüşün elyaf üzerine kolayca bağlanmasını sağlamaktadır. Böylece gümüş tabaka elyaf üzerine sağlam bir şekilde tutunmaktadır. Kimyasal metalizasyon yöntemleri ile her lif veya filament

üzerinin 0,0-0,7 µm kalınlığında bir gümüş tabaka ile kaplanması mümkün olabilmektedir (Bertuleit 2008).

Gümüş kendine özgü farklı özelliklere sahip bir metaldir. % 99,6 saflıktaki bir gümüş istenildiği gibi çekilip uzayabilmektedir. Bu yüzden gümüş ancak bakır veya nikel ile alaşım halinde kullanıldığında takı, metal para, kupa veya çatal bıçak takımı yapımında kullanılabilir. Çekilip uzayabilirlik gümüş için çok yararlı bir özelliktir. %30 gümüş içeren bir kumaş son derece yumuşaktır ve istenildiği biçimde esnetilebilir. Gümüş de buna ayak uydurmakta kumaşla birlikte esnemektedir. Buna karşın bakır eğilmezlik göstermekte, çelik kırılman olup, küçük parçalara ayrılmaktadır. Gümüş arzu edilen elektriksel iletkenliğe sahiptir. Gümüşle kaplanmış iplikler çok yönlü kullanım alanlarına sahiptir (Bertuleit 2007 ve 2008).

Elektriksel olarak iletken naylon iplikler normal iplikler gibi dokunup örülebilmekte veya başka ipliklerle birlikte çalıştırılabilmektedir Bu sayede çok çeşitli akıllı tekstil üretmek mümkün olabilmektedir. Mesleki giysilerde ve tıp sektöründe vücut fonksiyonlarının geçici kontrolünde ve haberleşmede gümüş kaplı iplikler mikrosistem tekniğinin tekstillere de entegre edilmesini sağlamaktadır. Tekstiller folyelere kıyasla, düşük materyal kalınlığına rağmen daha esnek, mekanik olarak daha fazla yüke dayanıklı, form alabilir ve hava geçirgen özelliklere sahiptir (Bertuleit 2007).

Gümüş kaplı iplikler aynı şekilde uydu alıcıları, antenler, yürüyen merdivenlerde sinyal iletkenliği yaratmakta ve cep telefonlarının koruyucu şemsiyesi olarak multifonksiyonel giysilere entegre edilebilmektedir. Gümüşün ısıyı iyi iletmesi sayesinde sadece soğuk atmosfer koşullarında kullanılmamaktadır. Gümüşün yüksek ısı iletkenliği ve antibakteriyel fonksiyonu (koku yapan bakterileri yok etme) sayesinde özellikle spor giysilerinde, iç çamaşırlarında ve çoraplarda gümüşlü iplik kullanılmaktadır. Tıp tekniğinde gümüş kaplı ipliklerin sargı bezi olarak da kullanılabilceği yeni keşfedilmiş olup şu anda yoğun taleplerle karşılaşılmaktadır (Bertuleit 2007).

Gümüş kaplı iplikler akım transferi için ısıtılmalı yorganlarda ve hatta giysilerde de kullanılmaktadır. Bu ipliklerin avantajı, tel kordonlara kıyasla daha esnek ve yüksek

mukavemete sahip olmalarıdır. Gümüş kaplı naylon iplikler aşırı yüklendiklerinde gerçi ergimekte ancak yangına neden olmamaktadır (Bertuleit 2007).

Bakır kaplama işlemi uygulanmış ipliklerin dış katmanında iletken özelliğe sahip bakır sülfür tabakası bulunmaktadır. Asıl lif içeriğini akrilik veya naylon lifleri oluşturmaktadır. Metal kaplama veya karbon bileşikleri gibi asıl lif içeriğinden tamamen farklı bir yapı yerine lif ile kimyasal bağ yapmış olan “bakır sülfür” kullanılmaktadır. Bu şekildeki bir yapı, özellikle fiziksel aşınmalara karşı yüksek bir dayanım sağlamaktadır. Sahip olduğu bakır bileşeni sebebiyle elektriksel özelliklerinin yanı sıra özellikle hijyenik veya medikal uygulamalarda antimikrobiyal ajan olarak da kullanılabilir (Kayacan 2008).

Metal kaplı polimer lifler ve metal kaplı karbon liflerle yapılan çalışmalar, bunların çıplak karbon liflere kıyasla elektrik iletkenlik açısından daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. En yüksek manyetik koruma değeri 1,0 GHz için 53dB olarak ölçülmüştür. Çıplak karbon liflerle üretilen yapılara benzer şekilde materyal kalınlığının artmasına bağlı olarak elektromanyetik koruma etkinliğinin arttığı belirlenmiştir. Aynı oranda elektro manyetik koruma oranı sağlayan çıplak karbon içerikli keçe yapınının  $17\text{g/m}^2$  olduğu durum için  $9\text{ g/m}^2$  ağırlıktaki metal kaplı karbon keçelerin yeterli olduğu saptanmıştır (Kim 2006).

### **2.1.6. İletken kumaş ve dokusuz yüzeyler**

İletken lifler kullanılarak oluşturulan pasif akıllı kumaş yapıları, statik elektrikten ve elektromanyetik alanlardan korunma aracı olarak kullanılan iletken kumaşlardır. Aktif akıllı ve çok akıllı giyilebilir elektroniklerin aksine, bu tür kumaşlarda iletken lifler belirli bir bölgede veri iletimi yerine tüm kumaş yapısında görülmektedir.

İletken kumaş ve dokusuz yüzeylerin üretimi, iletken lif, iplik ve kompozit iplikler kullanılarak yapılabilmektedir. Ayrıca iletken olmayan iplikler ile üretilen kumaşlara antistatik maddelerin emdirilmesi, yüzeylerin iletken maddelerle kaplanması gibi çeşitli terbiye işlemleri ile iletkenlik kazandırılması da mümkündür.

### **2.1.6.1. Kumaşlara antistatik maddelerin emdirilmesi**

Üretim işleminin sonuna yaklaşan kumaşa antistatik maddeler (çoğunlukla karbon dolgulu reçineler) emdirilir. Sonuçta elektriği ileten materyaller elde edilir, ancak elektriksel özellikler kararlı değildir ve iletkenlik yeterince yüksek değildir (Vassiliadis ve ark. 2004).

### **2.1.6.2. Kumaşların ve dokusuz yüzeylerin iletken maddelerle kaplanması**

Denemeler iletken polimerler ve çoğunlukla da polypirrol (PPy) kullanılarak yapılmıştır. Bu metot tatmin edici sonuçlar vermekle birlikte, birçok dezavantajlar ortaya çıkarmaktadır. Bu metodun belirtilmesi gereken olumlu yönlerinin bazıları şunlardır:

- Elektrik iletkenliği çok hassas olarak kontrol edilebilmektedir.
- Elektriği ileten materyallerin üretimi çok karmaşık değildir.
- Tek bir işlem safhası ilave edilmektedir (Vassiliadis ve ark. 2004).

Diğer taraftan kaplama işlemi kumaşın yapısını etkilemektedir. İplikler ve lifler bir arada bağlanmaktadır. Kumaşın kullanımı esnasında maruz kalınan deformasyonlar yapının başlangıçtaki yapı geometrisine zarar vermektedir. Lifler arasında ve iplikler arasındaki hareket muhtemelen kaplama materyalinin sürekliliğini kopararak elektriksel direncin artmasıyla veya elektrik akım yolunun kesilmesiyle sonuçlanmaktadır. Diğer bir problem bu kaplama tabakasının tekstil materyalinin rengini ve sonuç olarak görünümünü etkilemesidir (Vassiliadis ve ark. 2004).

İstenilen şekilleri oluşturmak için iletken kumaşlardan belirli desenleri kesmek zorunda kalınırsa örülen tellerin devamlılığı kesileceği için iletkenlik sabit kalmaz. Bununla birlikte bu metot sonuçta elektromanyetik koruma gibi özel uygulamalar için uygun iletken kumaşlar sunmaktadır (Yajima ve ark. 2002).

## 2.2. Elektromanyetizma ve elektromanyetik dalgalardan korunma

İletken tekstil yapılarının antistatik uygulamalar, elektromanyetik ekranlama, elektronik uygulamalar, infrared absorpsiyonu, ya da patlayıcı bölgelerde koruyucu giysi olabilmek gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır.

Statik elektrik; katının katıya, sıvının katıya veya iki sıvının birbirine sürtünmesi sonucu oluşan, genel olarak bir işe yaramayan ve zaman zaman arklar şeklinde boşalan elektrik enerjisidir. Bu boşalma genel olarak kontrol altına alınamaz ve statik elektrikten faydalanılamaz. Ancak; bu kontrolsüz güç çok önemli bir yangın çıkış sebebidir. Endüstriyel ve ticari işlemlerde, yangın riskinden dolayı statik elektriğin büyük bir önemi vardır. Herhangi bir madde statik elektrik ile yüklenmişse, her zaman buna eşit miktar ama zıt işaretli yükler ortamda bulunur. Yüklenmenin sona ermesi ile artık yükler birbirini dengelemeye başlar. Yük boşalması işlemi, yüklü maddenin direncine ve topraklama durumuna bağlıdır. Plastik malzemeler için bu yük boşalması saatler hatta günler alabilirken, gaz/buharlarda yük boşalması (deşarj) diğer sıvı ve katı maddelere göre daha süratli olur. Bu nedenle, gazlarındeşarjı sırasında yangın oluşması ihtimali daha fazladır. Yanıcı gazlar ile işlem yapılırken daha dikkatli olmak gerekir. Ayrı ayrı bulunan pozitif ve negatif yüklerin aniden birleşmesinden yangın ve patlamalar meydana gelebilmektedir. Elektrik yükleri tek başlarına bir patlamaya ve yangına sebebiyet vermezler (Çam 2013, topraklama.com, 2011). Bilim adamlarına göre, günümüzdeki tüm elektronik malzeme arızalarının %25'i ESD (elektrostatikdeşarj) hasarlarından oluşmaktadır. Çalışır durumdaki malzemelerin %50'sinin hasar görmesinin sebebi de ESD olayıdır. Dünyadaki ESD malzeme arızalarının maliyeti günümüze kadar yaklaşık olarak toplam 25 trilyon dolar olarak tespit edilmiştir. Elektronik laboratuvarında kullanılması gereken malzemeler, elektrostatik yük oluşturmamalı, üzerimizdeki statik yükü uygun standartlardadeşarj edebilmelidir. Bu tecrübelerden yola çıkılarak elektronik malzemelerle çalışma yapılan tüm ortamlarda antistatik malzemeler kullanılarak statik yüke karşı tedbir alınmalıdır (MEGEP, 2007).

Elektrik enerjisi çağımızın en önemli enerji kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç

ve gereçlerden yararlanma da her gün biraz daha artmaktadır (Şekil 2.3). Bu ihtiyaçların karşılanması amacı ile yaşam alanlarındaki elektrik ve elektromanyetik alan yoğunlukları da artmaktadır. Elektrik ve elektromanyetik alanlar doğada kendiliğinden de ortaya çıkmaktadır. Doğal elektromanyetik alan, yer küre etrafında kuzey-güney doğrultusunda mevcut olup kuşlar ve balıkların yön bulmalarına yardımcı olan ancak gözle görülemeyen dalgalardan oluşmaktadır. Doğal elektrik alan ise atmosferde meydana gelen yıldırım, şimşek oluşumları ile lokal olarak ortaya çıkmaktadır (www.emrkoruma.com, 2013).



**Şekil 2.3.** Yaşam alanlarındaki elektromanyetik alan kaynakları, (a) konut içi, (b) konut dışı (www.emf-info.ch, 2013)

Bir iletken üzerinden geçen akım şiddeti ve gerilim seviyesine bağlı olarak, bu iletkenin bulunduğu ortama elektrik alan ve manyetik alan yayılmaktadır. Ev ve işyerlerinde yaşamı kolaylaştırıcı olarak kullanılan elektrikli cihazların tümü birer elektromanyetik alan kaynağıdır (Çizelge 2.3). Elektromanyetik alanlar hassas elektronik cihazlar üzerinde etki yaparak bu cihazların doğru çalışmasını engellemekte, parazit oluşturup göstergeleri bozarak hatalı değer okunmasına neden olabilmektedir (elektroteknoloji.com, 2011 ).

**Çizelge 2.3.** Elektrikli ev aletlerinin neden oldukları elektrik alan şiddetleri (Ekiz 2007)

Elektrikli Cihaz	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
Çalışma gerilimi = (110 – 220)V, çalışma frekansı = 60 Hz, uzaklık = 30 cm	
Elektrikli Battaniye ve Mikrodalga Fırın	250
Su Isıtıcısı	130
Dizüstü Bilgisayar (Kablosuz Bağlantı Açıkken)	100
Müzik Seti	90
Bilgisayar Monitörü Arkası (Tüplü)	80
Bilgisayar Monitörü Önü (Tüplü)	25
Ütü Ve Buzdolabı	60
Mikser	50
Ekmek Kızartıcısı ve Saç Kurutma Makinesi	40
Televizyon ve Kahve makinesi	30
Elektrikli süpürge	16
Kablosuz modem	5 - 10

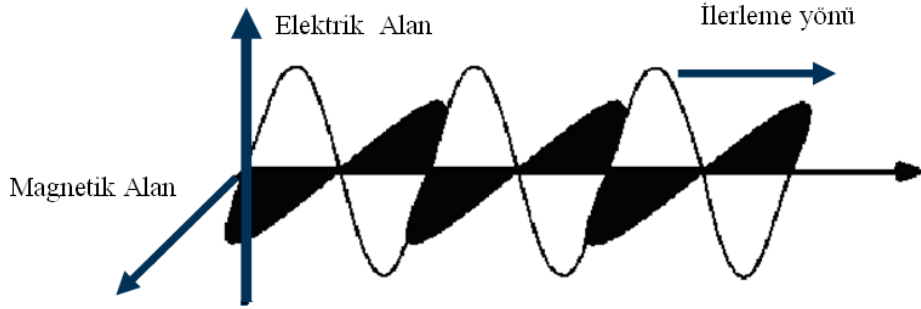
### 2.2.1. Elektromanyetizma

Elektromanyetik dalga, elektrik alan ve manyetik alandan oluşur.

$$\text{Elektrik alan yoğunluğu: } E = V/m \text{ (Volt /metre)} \quad (2.1)$$

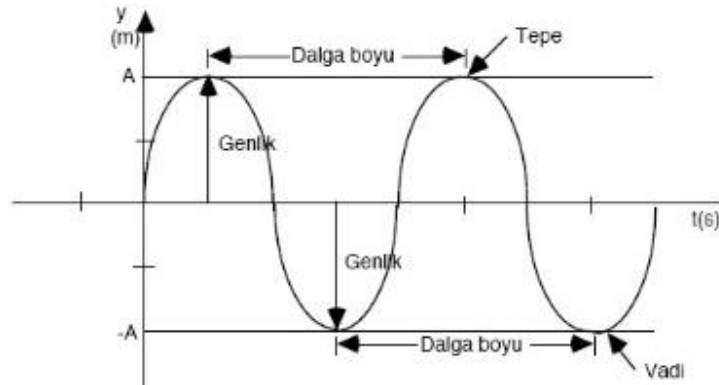
$$\text{Manyetik alan yoğunluğu: } H = A/m \text{ (Amper/metre)} \quad (2.2)$$

$$\text{Güç yoğunluğu: } S = W/m^2 \text{ (Watt/metre kare)} \quad (2.3)$$



Şekil 2.4. Elektrik ve Manyetik alan (Özdemir 2009)

Elektromanyetik dalgalar dalğanın; dalga boyu, frekansı ve hızı ile tanımlanır. Dalga boşlukta ve madde içinde yayılabilen ritmik bir olaydır. Bir ipile yaratılan dalga, bir tepe ve bir vadiye sahiptir. Her dalga belli bir dalga boyuna sahiptir. Bir tepeden bir tepeye veya bir vadiden bir vadiye olan toplam mesafeye bir dalga boyu adı verilir (Şekil 2.5).

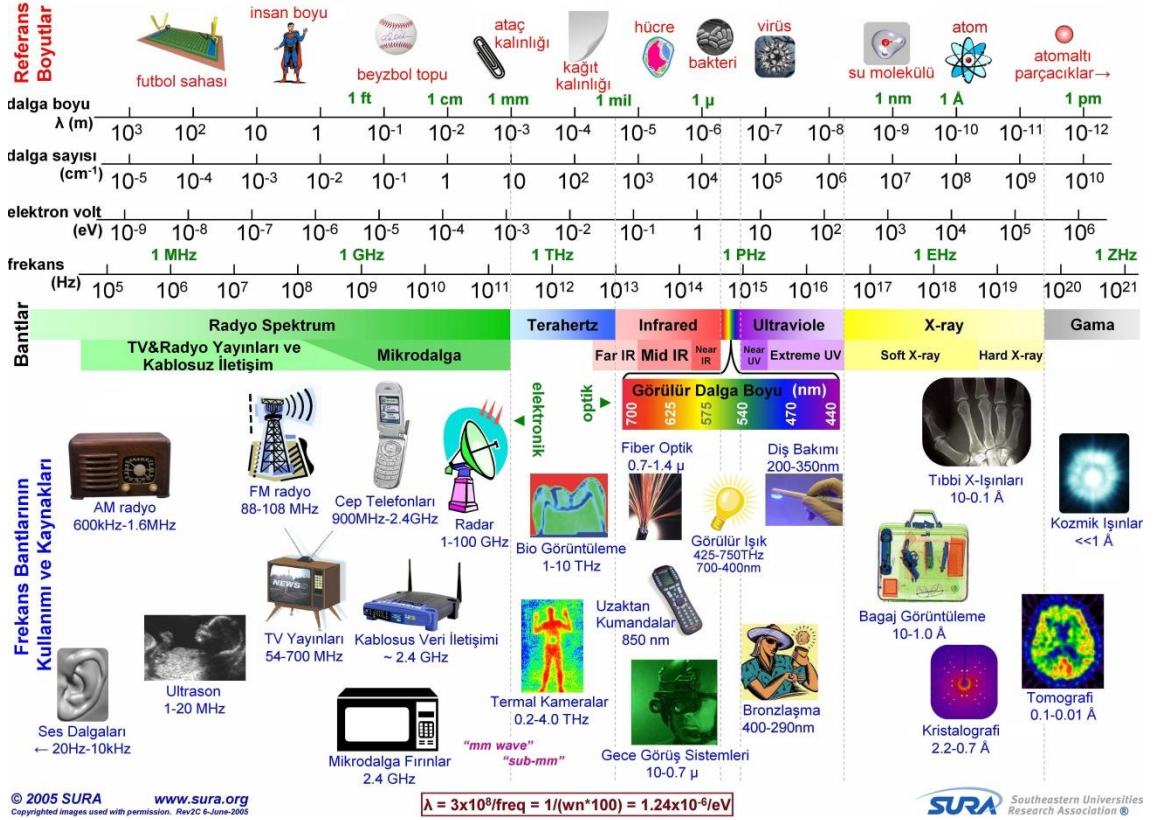


Şekil 2.5. Dalga yapısı ve özellikleri

Elektromanyetik spektrum gamma ışınlarından radyo dalgalarına kadar bilinen tüm elektromanyetik dalgaları içeren dizilimdir. Elektromanyetik spektrum içinde dalga boyları  $10^{10}$  ile (elektrik dalgaları)  $10^{-16}$  metre (kozmetik ısımlar) arasında değişmektedir. Bundan dolayı, çok düşük elektromanyetik dalga frekansları ile çok yüksek kozmetik



ışınların frekansları arasında frekanslar değişim gösterir. En yüksek frekanslı dalgalar, en büyük enerjiye sahiptirler (www.emrkoruma.com, 2013).



Şekil 2.6. Elektromanyetik Spektrum (www.sura.org, 2005)

Gamma Işınları: 0,01 nanometreden daha küçük dalga boylu ısınlar olup bir atom çekirdeğinin çapından daha küçük dalga boylu dalgalar içerirler. Elektromanyetik spektrum içinde en yüksek enerjili ve frekanslı bölgede yer alırlar.

X Işınları: 0.01 ile 10 nanometre arasında dalga boyuna sahip ısınlardır (bir atomun boyu kadar).

Morötesi (UV) Radyasyon: 10 ile 310 nanometre arasında dalga boyuna sahip ısınlardır (yaklaşık olarak bir virüs boyutunda). A, B ve C olmak üzere üç kısımda incelenirler. Kısa dalga boylu morötesi ısınlara zararlı olabilirler.

Görünür Işık: 400 ile 700 nanometre dalga boyları arasındaki ısınları kapsar (bir molekül ile tek hücreli arası boydadırlar). Işık olarak tanımlanmakta olan elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümü insan gözü ile görülebilir. Bu bölümde mor ile başlayan ve kırmızıyla biten renkler vardır.

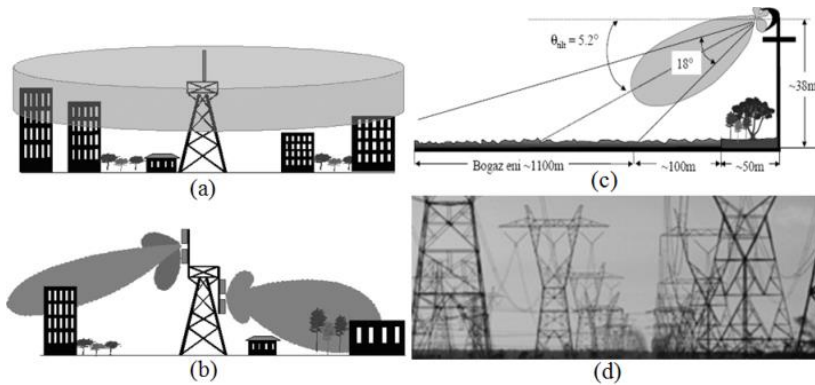
Kızılötesi (IR) Radyasyon: 710 nanometreden 1 milimetre arası dalga boylarına sahip ısınları kapsar (iğne ucu ile küçük bir tohum kadar boyları vardır).

Mikrodalga Radyasyonu: 1 mm ile 1 metre arası dalga boylarına sahip ısınları kapsar. Radarlarda kullanılan çok kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarıdır. Aynı zamanda mikrodalga fırınlarda ve kablo gerektirmeyen uzak mesafe iletişimlerde kullanılır.

Radyo Dalgaları: 1 milimetreden uzun dalgalarıdır. En uzun dalga boyuna sahip olduklarından en düşük enerjiye ve sıcaklığa da sahipler. Radyo dalgaları her yerde bulunabilir: Bu dalgaların kaynakları elektrik titreşimleridir. Telefon, televizyon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanımı sağlar (Palamutçu 2009).

Elektromanyetik kirlilik günlük hayat içerisinde çevremizde mevcut olan elektro manyetik dalgaların yoğunluğu ile oluşan bir kirlilik olarak kabul edilmektedir. Elektro manyetik kirlilik olarak tanımlanan bu çevrenin oluşmasının nedenleri;

- TV ve radyo yayınları: AM, FM, TV
- İletişim yayınları: Telekom, uydu, GPS, radar
- Elektrik dağıtımı: elektrik iletim hatları, elektrikli trenler
- Yüksek gerilim hatları
- Yüksek frekanslı endüstriyel, medikal, araştırma cihazları: X-Ray, ısıtıcılar (Palamutçu 2009)



**Şekil 2.7.** Elektromanyetik alan kaynakları; a-b) GSM vericileri (Özdemir 2009), c) Radarlar (Sevgi 2001), d) Yüksek Gerilim Hatları (Ekiz 2007)

Türkçe'ye, ışına veya yayınım olarak ta çevrilen radyasyon, enerjinin dalga (ya da parçacık) biçiminde uzayda yayılması olarak tanımlanır. Atomlardan ya da moleküllerden elektron kopmasına iyonlaşma denir. GSM sisteminde kullanılan

900Mhz frekansındaki elektromanyetik dalgalar (radyo dalgaları) iyonlaştırmayan ışıma yaparlar. Bu, nükleer radyasyon ile karıştırılmamalıdır (Özdemir 2009).

Radyo dalgası ve mikrodalga bölgesinde yani 0 - 300GHz bölgesini kapsayan bu bölgenin içerisindeki aktif olan sistemler, 50 ya da 60Hz'lik enerji nakil hatları, FM bandındaki radyo ve VHF-UHF televizyon yayınları, 2.45GHz mikrodalga fırınlar ve 800-950MHz ve 1800MHz hücresel telefonlar ve baz istasyonlarıdır. Ancak burada unutulmaması gereken bazı bilgilere de değinmek gerekmektedir.

- RF (radyo frekansı) alıcı ve verici BTS (baz istasyonu) antenleri tarafından yayılır. Dolayısı ile oluşan elektrik alanı ve elektromanyetik alanlar antenlerin paternlerince oluşur ve yayılırlar.
- Cep telefonundan ilk arama esnasındaki oluşan elektrik alanı, call set up konumuna geldiğinde yani konuşma BTS'e atıldıktan sonra ortalama 80V/m'den 1 V/m 'ye düşer.
- Türkiye'de uygulanan elektrik ve elektromanyetik alan değerleri, Telekomünikasyon Kurumu tarafından belirlenmiş olup; her bir RF kaynağı için 10,26V/m olarak belirlenmiştir. Bu değer ülkemizde ICNIRP (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Korunma Komisyonu) ve dünya standardı olan 41,2 V/m değerinden 4 kat daha düşük ve güvenlidir.
- EM (elektromanyetik) dalgalar kaynaktan (antenden) uzaklaştıkça enerjilerini daha geniş bir yüzeye yayarak etkilerini azaltırlar. Bu azalma uzaklık ve frekans ile orantılıdır.
- Baz istasyonlarının antenlerinden yayılan EM dalga ışıması radyoaktif elementlerin neden olduğu ışımaya benzemez.
- Cep telefonu kullanıcıları için; aslında baz istasyonuna yakın olmak, uzak olup telefonların daha yüksek güç sarf ederek elektrik alanı oluşturmasından daha faydalıdır. Cep telefonları kullanıcıları ilk arama esnasında baz istasyonundan uzaklaştıkça cep telefonunun elektrik alanı değeri daha da artar.
- Özet olarak cep telefonu kullanıcıları baz istasyonlarına ne kadar yakınsa ve sinyali iyi alabiliyorsa o kadar daha az elektik ve elektromanyetik alana maruz kalır (Özdemir 2009).

Bursa-Nilüfer Belediyesinin 2007 yılında tamamladığı “Nilüfer Elektromanyetik Alan Kirliliği Projesi” Nilüfer ilçesindeki elektromanyetik kirlilik düzeyi tespit edilmiştir. Proje kapsamında, ilçedeki elektromanyetik kirlilik düzeyi tespit edilmiş, yapılan tespit ve ölçüm sonuçlarına göre risk değerlendirmesi yapılmış, elektromanyetik kirlilik düzeyini geriletecek önlemler hayata geçirilmiş ve uygulama sonuçları paylaşılmıştır. Projenin sonuçları Çizelge 2.4’te verilmiştir. İnsan sağlığı açısından elektrik alan şiddeti için sınır değer 5000V/m, manyetik alan şiddeti ise 80A/m olmasına rağmen, ilçede pek çok noktada bu sınır değerlerin aşıldığı gözlenmiştir (Ekiz 2007).

**Çizelge 2.4.** “Nilüfer Elektromanyetik Alan Kirliliği Projesi” kapsamında yapılan elektromanyetik alan kirliliği ölçüm sonuçları (sınır değerler üzerindeki ölçümler)

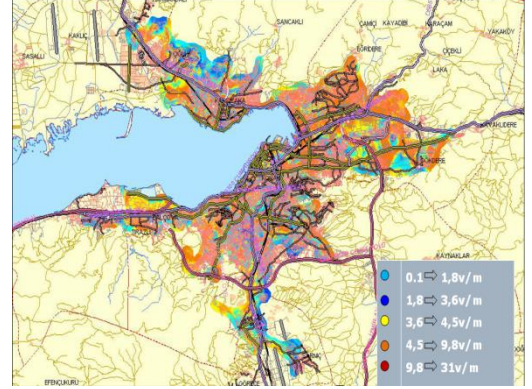
Ölçüm Yeri	Yakınındaki Kaynaklar	Elektrik Alan Şiddeti(V/m)
Nilüfer Ataevler Spor Kulübü önündeki otopark	YGH	9100
Ataevler mahallesi - Ata Çarşısı önü	YGH	6450
Feriha Uyar Kız Meslek Lisesi Basket Sahası	YGH	6180
Feriha Uyar K.M.L.Bahçedeki bankların yanında hattın altında	YGH	6210
Ataevler Mahallesi Karaman Parkı yürüyüş yolu üzeri	YGH	9170
Ataevler Mahallesi Karaman Parkı üst tarafı kavşak	YGH	6240
Basın Kültür Sarayı önü cadde kenarı	YGH	7500
Basın Kültür Sarayı giriş kapısı önü	YGH	6800
Ataevler Mh. İlkbahar Sitesi karşısı iletim hattı altı tepe üstü	YGH	8400
Ataevler Mh.Nil Sk. iletim hattı altı	YGH, Trafo Baz İst.	8310
Minareli Çavuş Mh.Mezra Sk. tarafındaki hattın altı	YGH	6000
Minareli Çavuş Mh.Manav Sk. Tarafındaki hattın altı	YGH	5000
Minareli Çavuş Mh.iki iletim hattı arasında	YGH	8900
Minareli Çavuş Mh.Manav Sk. Açıldığı cadde kaldırımı	YGH	8000
Minareli Çavuş Mh. Manav Sk. Girişi köşede No:24 önünde	YGH	6000
Beşevler Mh.İletim hattı altı	YGH	10000
Beşevler Mh.Dervişevler karşı tarafı yol(hattın diğer tarafı)	YGH	5500

*YGH: Yüksek Gerilim Hattı*

İl ve ilçelerin elektromanyetik kirlilik düzeyinin tespit edilmesi amacıyla yapılan çalışmalara verilebilecek diğer bir örnek de Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu İzmir Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanan İzmir Elektromanyetik Kirlilik Haritası’dır (Çizelge 2.5).

**Çizelge 2.5.** İzmir bölge baz istasyon sayısı ve İzmir elektromanyetik kirlilik haritası (Aşıl 2010)

İl Adı	Aktif İstasyon	Kontrol Edilen
İzmir	2284	2137
Afyon	291	257
Aydın	432	366
Balıkesir	553	490
Burdur	157	123
Denizli	383	373
Isparta	184	175
Kütahya	220	181
Manisa	387	351
Muğla	901	880
Uşak	121	98
<b>Bölge Toplamı</b>	<b>5901</b>	<b>5431</b>



### 2.2.2. Elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerine etkileri

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 artısında hızlanma veya yavaşlama, nefes alma sıklığında değişim gibi kardiyolojik etkiler, sinüzit, bronşit, astım gibi solunum yolu sorunları, ciltte tahriş, kasıntı, yanma, yüzde kızarıklık gibi dermatolojik etkiler, göz yanması, görme bozukluğu gibi etkiler ve sindirim sorunları, ağrı, burun kanamaları, bağırsıklık sisteminde zayıflama, saç dökülmesi, kulak çınlaması, koku alma duyusunda bozulma gibi olumsuzlukların ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Ayrıca uzun dönemde kanser, normal hücre bölünmesi, sinirlerde hasar, beyin hasarları ve düşüklere neden olabilecek olumsuz etkiler görülmektedir (www.safelivingtechnologies.ca, 2011).

Tartışılan konuların başında baz istasyonları ve cep telefonlarının başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara neden olup olmadığı, oluyorsa hangi değerler için bu tehlikenin söz konusu olduğu, vb. gelmektedir. Tıp uzmanları, biyofizikçiler hemen her türlü etki üzerinde çalışmalarını aralıksız sürdürmektedirler. Sürdürülen çalışmalar arasında; kanser etkileri, baş ağrısı, uyku düzensizliği, psikolojik etkileri, genetik etkiler, embriyolara etkileri, kan bariyerlerine etkileri, sinir sistemine etkileri, çocukların gelişimine etkileri, hamile kadınlara etkileri bulunmaktadır (Sevgi 2001).

Radyo dalgaları ve mikrodalgalara maruz bırakılan deney hayvanlarında (kobay, fare, tavşan, kedi, sıçan) gözlenen etkilerden bazıları aşağıda verilmiştir. Bu çalışmalar 0,45 GHz-1,9 GHz aralığındaki cep telefonu etkilerini yansıtmaktadır.

- İmmünolojik Etkiler: Eritrositlerde ve lenfoblastlarda artış (3,1 GHz; günde 120 dk/6 gün); T ve B lenfositlerde artış (0,026 GHz; günde 15 dk/1 gün); Blastogenesis'de artış.
- Sinir Sistemine Etkiler: Hipotalamusta norepinefrin düşüklüğü (1,6 GHz; günde 10 dk/1 gün); Hipotalamusta dopamin düşüklüğü (1,6 GHz; günde 10 dk/1 gün); Hipotalamusta nöron büyümesi (1,7 GHz; 22 gün); Beyin hücreleri sıcaklığında artış (2,45 GHz; günde 2,5-7 dk/1 gün) ; EEG frekanslarında değişim; kan-beyin bariyeri geçirgenliğinde artış (1,3 GHz; günde 20 dk/1 gün); Miyelin dejenerasyonu (3 GHz; günde 180 dk/90 gün); Glial hücre proliferasyonu (3 GHz; günde 180 dk/90 gün).
- Hematolojik Etkiler: Hematokrit seviyesinde artış (24 GHz; günde 180 dk/1 gün); Beyaz kan hücrelerinde azalma (24 GHz; günde 180 dk/1 gün); Lenfosit seviyesinde yükselme (0,425 GHz; günde 240 dk/47 gün); Lökosit seviyesinde düşme (24 GHz günde 180 dk/1 gün) ; Eritrosit sayısında düşme (2,45 GHz; günde 5 dk/1 gün).
- Kardiyak Fonksiyonlara Etkiler: Kalp hızında düşme (0,96 GHz; günde 60 dk/1 gün); Bradikardi (0,96 GHz; günde 5-10 dk/1 gün); EKG de değişimler (2,4 GHz; günde 20 dk/10 gün)
- Nöroendokrin Sisteme Etkiler: Troid hormonu seviyesinde yükselme (3 GHz günde 180 dk/48 gün); Serum thyroxine seviyesinde düşme (2,45 GHz; günde 240/480 dk/1 gün); Adrenal bezde ağırlık artışı (2,45 GHz; günde 5 dk/6 gün)
- Büyüme ve Gelişim Etkileri: Vücut- beyin ağırlığında azalma (2,45 GHz; günde 300 dk/16 gün); Fetus ağırlığında azalma (2,45 GHz; günde 100 dk/12 gün); Doğum sonrası ölümden artış (2,45 GHz; günde 10 dk/1 gün).
- Genetik Etkiler: Akciğer hücrelerinde kromozom aberasyonu (0,019 GHz; günde 30 dk/1 gün); Sperm hücrelerinde kromozom translocation (9,4 GHz; günde 60 dk/10 gün); Mutasyon da artış (9,4 GHz; günde 0,03 dk/1 gün); Doku nekrozu (1,6 GHz; günde 100 dk/1 gün)

- Klinik Kimya ve Metabolizma Etkileri: Serum glikoz seviyesinde artış (2,45 GHz; günde 120 dk/1 gün); Ürik asit seviyesinde artış (2,45 GHz; günde 120 dk/1 gün); Metabolik hızda azalma (2,45 GHz; günde 30 dk/1 gün); ATP seviyesinde azalma (0,591 GHz; günde 0,5 dk/1 gün).
- Testisler Üzerindeki Etkiler: Testiküler dejenerasyon (9,27 GHz; günde 4,5 dk/295 gün); Testiküler lezyon (10 GHz; günde 5 dk/1 gün).
- Oküler Etkiler: İntraküler sıcaklıkta artış ve katarakt gelişimi (www.tedankara.k12.tr, 2011).

Atalay (1990) çalışmasında, elektromanyetik alanlara maruz bırakılan deney hayvanlarından elde ettiği sonuçları şu şekilde özetlemiştir:

- Solunum hızında artma (20dak/1gün)
- EKG'de değişiklikler (20dak/10gün)
- Lökosit sayısında azalma (180dak/1gün)
- Beyin hücre sıcaklığında artış (7dak/1gün)
- Troid hormonunda artış (180dak/48gün)
- Fetüs ağırlığında azalma (100dak/12gün)
- Testiküler lezyon (5dak/1gün)
- Doğum sonrasında ölüm oranında artma (10dak/1gün)

İnsan vücudu farklı elektriksel özelliklere sahip çeşitli dokulardan oluşmuş karmaşık bir sistemdir. Vücudu destekleyen kemiklerin oluşturduğu dış zarfı olan iskeletin direnci yumuşak dokularda 5000 ohm-cm ye ulaşabilmektedir. İnsan vücudunun elektriksel akıma karşı direnci daha çok deri üzerinde oluşur. Bu da derinin ıslak veya kuru olmasına göre değişir. Elektrik akımı kalp üzerinden geçtiği takdirde 0,02miliamper şiddetinde bir akım ölümcül olabilmektedir. İnsan vücudunda elektrik akımı akması için mutlaka bir prize ya da akım geçen bir iletkene dokunması gerekmez. Şiddetli bir elektrik alanı bulunan bir yerde bulunduğu takdirde de vücudun düşük direnç kollarından akım geçebilmektedir. Şiddeti yüksek bir elektrik alan içine bir insan girdiğinde yalıtkan ayakkabı giymiyorsa vücudu topraklanmış bir elektrot gibi davranır. Sağlık açısından 5kV/m şiddetinde alan güç frekansları için eşik bir değer olarak tanımlanır. Daha yüksek seviyede elektrik alanı olan bölgelere etkilenme bölgesi denir.

Çalışır vaziyette olan şalt sahalarında faaliyet gösteren personel sahaya girmeden önce elektriksel alanın ölçülerek etkilenme bölgesinin sınırları kontrol edilmelidir. Çok şiddetli olan bölgelerde personel özel giysilerle çalışmalı ve çalışma süresi alanın şiddetine göre kısıtlanmalıdır. Ekranlayıcı giysilerle hareket yeteneğinin azalması ve sıcak havalarda rahatsızlık vermesi nedeniyle kişi yerine çalışacak bölge özel korumaya (ekranlama) alınarak da uygun çalışma ortamı sağlanabilir. Bu tip sabit ekranlar metal ağlarla örülmüş kafes şeklinde ve mobil olabilir (Çerezci 2008).

### 2.2.3. Elektromanyetik ekranlama

İstenmeyen elektromanyetik dalgaların olumsuz etkilerinin azaltılması amacı ile yapılan elektromanyetik koruma işlemleri elektronik cihazların uygun ortam şartlarında çalışabilmeleri için son derece önemlidir (Palamutçu 2009).

Elektromanyetik ekranlama terminolojisinde kullanılan kısaltmalar ve anlamları şu şekildedir:

EMI (Electromagnetic Interference / Elektromanyetik Engelleme): Elektromanyetik soğurucu ekranlar istenmeyen elektromanyetik dalgaları zayıflatır ve böylece istenmeyen elektromanyetik girişimi çözer.

EMC (Electromagnetic Compability / Elektromanyetik Uyumluluk): Cihazların hatasız çalışabilmeleri ve çalışırken de başka cihazların performanslarını düşürmemeleri istenir. EMC problemlerinde iki tip girişim (elektrik dipolü=güçlü elektrik alan, manyetik dipol= güçlü manyetik alan) söz konusudur. Ekranlama yapısı tasarlanırken bunların hangisine ya da her ikisine de ihtiyaç duyulduğu belirlenmelidir.

EMSE / SE (Electromagnetic Shielding Effectiveness / Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği): Metalik bir yüzeye çarpan elektromanyetik dalganın bir kısmı geri yansırken diğer kısmı da ortamdaki geçerken zayıflar. Bu tip kayıpların (yansıma ve absorpsiyon) ekranlama etkinliğini belirler.

Elektromanyetik koruma (kalkanlama) işlemleri bir cihazdan içeri (veya dışarı) doğru giren (çıkan) kaçak alanların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Elektromanyetik koruma, elektrik-elektronik mühendisliği terminolojisinde “ekranlama” terimi ile



açıklanmaktadır (Sevgi 2004). Elektromanyetik enerjinin tanımlanmış bir bölgeye girişini tamamen veya kısmen engellemek ya da tanımlanmış bir kaynak bölgesi sınırları içinde kontrol altında tutmak amacıyla yapılan işlem ekranlama adını alır (Arı ve Özen 2008).

Ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak ekranlama etkinliği (kaynak ile kurban arasında ekran yok iken ki alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine oranı ) kullanılmaktadır. EMSE, kaynak ile kurban arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Yüksek EMSE iyi ekranlama etkinliği, negatif EMSE ise çınılama (rezonans) yani ekranlama bir yana işaretin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir (Sevgi 2004).

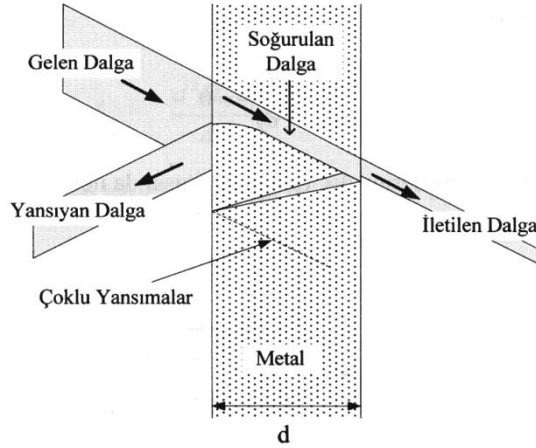
$$EMSE = 20 \log_{10} (E_{\text{önce}} [\text{volt/m}] / E_{\text{sonra}} [\text{volt/m}]) [\text{dB}] \quad (2.4)$$

$$EMSE = 20 \log_{10} (H_{\text{önce}} / H_{\text{sonra}}) [\text{dB}] \quad (2.5)$$

$$EMSE = 10 \log_{10} (P_{\text{önce}} [\text{watt}] / P_{\text{sonra}} [\text{watt}]) [\text{dB}] \quad (2.6)$$

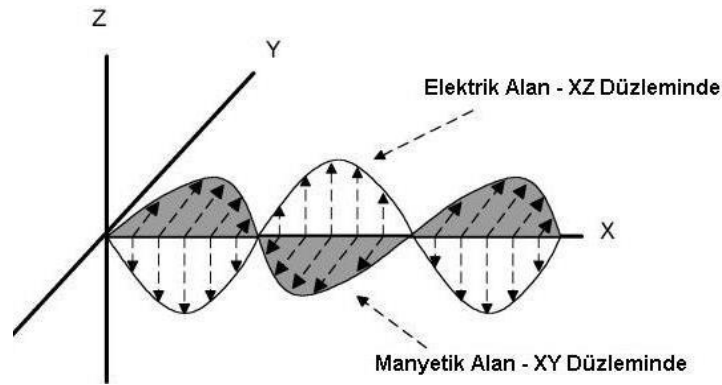
Formülde, “E” elektrik alan şiddetini, “H” manyetik alan şiddetini, “P” gücü, “önce” ve “sonra” alt indisleri, ekranlama kalkını yokken ve varken aynı noktada ölçülen elektrik ya da manyetik alan genliğini ifade etmektedir (Özyalçın ve ark. 2003).

Şekil 2.8’de d kalınlığındaki bir duvarda ekranlama etkisini oluşturan bileşenler görülmektedir. Kalınlığı d olan kayıplı duvarda elektromanyetik dalgalar üç şekilde zayıflatılmaktadır. Birincisi duvardan yansımalar, ikincisi duvar içindeki zayıflamalar (yutulma) ve üçüncüsü ise duvar içerisindeki ardışık yansıma kayıplarıdır. Ekranlama performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerine, çalışma frekansına ve dikkate alınan kaynaklara bağlıdır (Palamutçu 2009).



**Şekil 2.8.** Kalınlığı  $d$  olan bir duvarda ekranlama etkinliği bileşenleri (Arı ve Özen 2008)

Pratik uygulamalarda ekranlar üzerinde bağlantı noktaları, anahtarlar, ölçü aletleri, havalandırma, kablo bağlantıları vb. nedenlere bağlı olarak açıklıklar ve delikler bulunabilmektedir. Bu açıklıklar ve delikler ekranda süreksizliklere neden olmakta ve ekranlama etkinliğini azaltmaktadır. Özellikle manyetik alanın ekranlanmasında bu açıklıklar nedeniyle kaçaklar meydana gelir. Bir ekran üzerinde bu şekilde mevcut süreksizlik noktaları nedeniyle oluşan kaçak miktarı temel olarak üç ana faktöre bağlıdır. Bunlar, açıklık boyutu, dalga empedansı ve kaynak frekansıdır (Arı ve Özen 2008).



**Şekil 2.9.** Elektrik ve Manyetik alan (glendash.com, 2013)

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. Ortamda elektrik akımı olmaksızın voltaj varlığı elektrik alan oluşumu için yeterli olup

akımın varlığı ile elektrik alanın büyüklüğü değişmezken ortamdaki manyetik alanın büyüklüğü güç harcamasına bağlı olarak artmaktadır (www.who.int, 2011).

Manyetik geçirgenlik, bir cisim ya da ortamdaki manyetik akının, kendisinin doğuran manyetik alanın şiddetine oranıdır. Birimi henry/metre [H/m]'dir. Uzay boşluğunun (vakum) manyetik geçirgenliği  $\mu_0$  simgesiyle gösterilir ve değeri  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  [H/m] olup manyetik sabit adını alır. Bağlı manyetik geçirgenlik ( $\mu_r$ ) ise  $\mu / \mu_0$  oranıdır. Çoğu maddenin bağlı manyetik geçirgenliği sabit bir değer gösterir. Bu değer 1'den küçükse maddeye diyamanyetik, 1'den büyük ise paramanyetik madde denir. Ferromanyetik maddelerin manyetik geçirgenlikleri çok yüksektir ve manyetik alanın şiddetine bağlı olarak değişir. (birdunyabilgi.net/manyetik-gecirkenlik, 2011)

**Çizelge 2.6. Elektrik ve Elektromanyetik alanların özellikleri (www.who.int, 2011).**

<b>Elektrik alan</b>	<b>Manyetik alan</b>
1-Elektrik alan şiddeti voltaja bağlı olarak artar.	1-Manyetik alan şiddeti akım arttıkça artar.
2-Ölçü birimi (V/m)'dir.	2-Ölçü birimi (A/m)'dir. Ayrıca microtesla ( $\mu T$ ) veya millitesla (mT) birimleri de kullanılır.
3-Cihazların açma kapama düğmeleri kapalı konumda bile olduğunda elektrik alan oluşur.	3-Manyetik alan oluşumu için ortamda elektrik akımı oluşması gerekir. Yani cihazın açık konumda olması gereklidir
4-Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.	4-Manyetik alan şiddeti mesafe arttıkça azalır.
5-Bina yapı malzemelerinin büyük çoğunluğu elektrik alan için yalıtım etkisi yapabilir.	5-Manyetik alan şiddetini azaltan malzeme sayısı son derece sınırlıdır.

**Manyetik Ekranlama:** Pratik olarak düşük frekanslarda ( $f < 30$  MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artar. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir.

**Elektriksel Alan Ekranlama:** Pratik olarak yüksek frekanslarda ( $f > 30$  MHz) önemlidir. Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır). Delikler ve açıklıklar frekansa bağımlı olarak önemlidir. Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar ekranlamayı etkiler.

Ekranlama amacıyla seçilecek malzemeler üç grupta toplanabilir:

- Yüksek performanslı malzemeler: Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış ve tamamen metal kaplı kutu (80-120 dB ekranlama etkinliği)
- Standart performanslı malzemeler: İletken metal tabakalar ya da Metal parçacıklı plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği)
- Zayıf performanslı malzemeler: Metalleştirilmiş kumaş yapılar iletken kâğıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği) (Sevgi 2004).

**Çizelge 2.7.** Tipik ekranlama değerleri (E:EM alan, P: EM güç) (Sevgi 2004).

Ekranlama (SE)	Ediş / E iç	P dış / P iç	Açıklama
10 dB	%32	%10	Kötü
20 dB	%10	%1	Alt Sınır
30 dB	%3,6	%0,1	Ortalama
60 dB	%0,1	%0,0001	İyi
90 dB	%0,0031	%0,001 ppm	Çok iyi
120 dB	%0,0001	%0,000001 ppm	Olağan üstü

Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için Çizelge 2.7'deki ekranlama seviyeleri verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 30 dB ekranlama etkinliği ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Pratikte birçok sorunu 40 dB ekranlama etkinliği çözebilir. Askeri sistemlerde 100-120 dB ekranlama etkinliği istenebilmektedir. Telefon kabloları için şartnamelerde istenen değerler 80-90 dB civarındadır (Sevgi 2004).

Elektromanyetik ekranlama elemanı olarak kullanılacak tekstil malzemelerinin sahip olması gereken özellikler, Fonksiyonel ve Teknik Tekstillerin Akreditasyon ve Sertifikasyon Uygunluğunun Değerlendirilmesi Komitesi tarafından Çizelge 2.8'de belirtilmiş ve sınıflandırılmıştır. Buna göre; Sınıf I: Profesyonel kullanım (tıbbi ekipman, karantina malzemesi, elektronik malzeme üreticileri için profesyonel güvenlik üniforması, elektronik kit veya diğer yeni uygulamalar), Sınıf II: Genel kullanım (gündelik giyim, ofis üniforması, hamile elbisesi, önlük, elektronik tüketim ürünleri ve iletişim ile ilgili ürün ya da diğer yeni uygulamalar) (FTTS-FA-003, 2005).

**Çizelge 2.8.** Elektromanyetik ekranlama elemanı olarak kullanılacak tekstil malzemelerinin sınıflandırılması (FTTS-FA-003, 2005)

Tip	Derece	Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (dB)	Kategori	Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (%)
Sınıf I Profesyonel Kullanım	AAAAA	SE > 60dB	Mükemmel	ES > 99,9999%
	AAAA	60dB ≥ SE > 50dB	Çok İyi	99,9999% ≥ ES > 99,999%
	AAA	50dB ≥ SE > 40dB	İyi	99,999% ≥ ES > 99,99%
	AA	40dB ≥ SE > 30dB	Orta	99,99% ≥ ES > 99,9%
	A	30dB ≥ SE > 20dB	Vasat	99,9% ≥ ES > 99,0%
Sınıf I Genel Kullanım	AAAAA	SE > 30dB	Mükemmel	ES > 99,9%
	AAAA	30dB ≥ SE > 20dB	Çok İyi	99,9% ≥ ES > 99,0%
	AAA	20dB ≥ SE > 10dB	İyi	99,0% ≥ ES > 90%
	AA	10dB ≥ SE > 7dB	Orta	90% ≥ ES > 80%
	A	7dB ≥ SE > 5dB	Vasat	80% ≥ ES > 70%

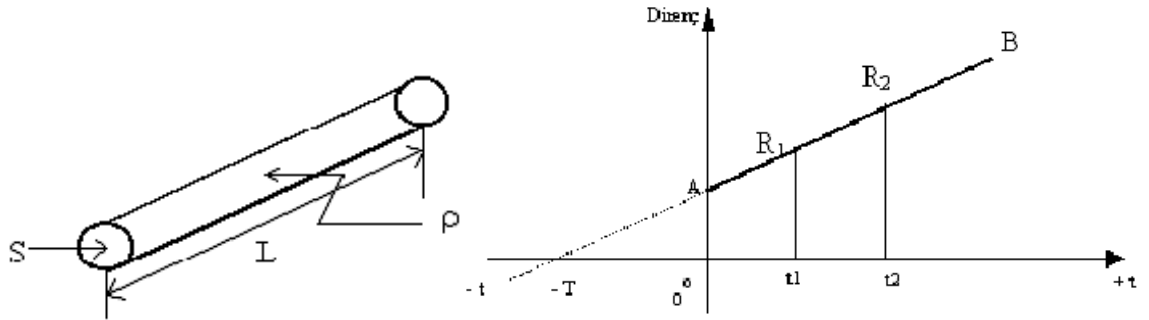
Elektromanyetik ekranlama (EMSE) işlemi temel olarak Faraday Kafesi yasasını temel aldığından kullanılan iletkenin etki değeri iletkenlik değeri ile doğrudan ilişkilidir. İletken malzemelerin öz direncinin hesaplanmasında etkili olan parametreler, uzunluğu ve kesit alanıdır. Bununla beraber, değişen sıcaklığa bağlı olarak da malzemenin öz direnci değişim gösterir.

$$R = \frac{L}{S} \cdot \rho \quad (2.7)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{T + t_1}{T + t_2} \quad (2.8)$$

Formüllerde kullanılan semboller, anlamları ve birimleri şu şekilde sıralanabilir:

- R : İletkenin direnci [ $\Omega$ ]
- L : İletkenin uzunluğu [m]
- S : İletkenin kesiti [ $\text{mm}^2$ ]
- $\rho$  : İletkenin öz direnci [ $\Omega$ ]
- $R_1$  : Direncin  $t_1$  sıcaklığındaki değeri
- $R_2$  : Direncin  $t_2$  sıcaklığındaki değeri
- T : Metalin katsayısı
- $t_1$  : Birinci sıcaklık
- $t_2$  : İkinci sıcaklık



**Şekil 2.10.** Öz direncinin hesaplanmasında etkin olan parametreler, öz direncinin sıcaklıkla değişimi (Arı ve Özen, 2008)

**Çizelge 2.9.** Bazı metallerin ısı iletkenlik katsayıları (Toprak, 2010)

Metal	T, Katsayısı
Kurşun	218
Gümüş	243
Bakır	235
Alüminyum	236
Çinko	250
Pirinç	650

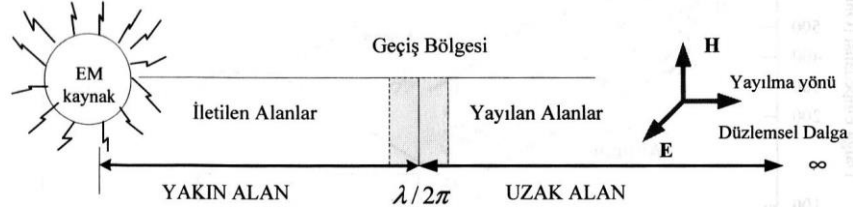
Bir kaynaktan elektromanyetik ışınım sonucu oluşan girişim, elektrik alan E ışınımı ve manyetik alan H ışınımı ile gerçekleşir. Alıcı sistem elektromanyetik kaynağa yakın ise (yakın alan) elektrik alan ve manyetik alan ayrı olarak ele alınır. Alıcı sistem kaynaktan uzakta ise (uzak alan) elektromanyetik ışınım E ve H alanlarının birleşimi olarak ve elektromanyetik ışınım olarak tanımlanır. Bir kaynaktan yayılan alan kriterleri, kaynağa olan mesafeye göre değişir (Arı ve Özen, 2008).

**Çizelge 2.10.** Elektromanyetik dalga yayılımında etkin ortam parametreleri (Arı ve Özen, 2008)

Ortam Sabiti	Bağıntı	Açıklama
Dielektrik Sabiti	$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ [F/m]	$\epsilon_r$ : Bağıl Dielektrik Sabiti $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ [F/m]
Manyetik Geçirgenlik Sabiti	$\mu = \mu_r \mu_0$ [H/m]	$\mu_r$ : Bağıl Manyetik Sabiti $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]
İletkenlik Sabiti	$\sigma = \sigma_r \sigma_0$ [H/m]	$\sigma_r$ : Bakıra Göre Bağıl İletkenlik Sabiti $\sigma_0 = 5,8 \cdot 10^7$ [H/m]
Boş uzaydaki EM'nin hızı	$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$	Madde ortamında EM'nin hızı $v_m = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon}}$

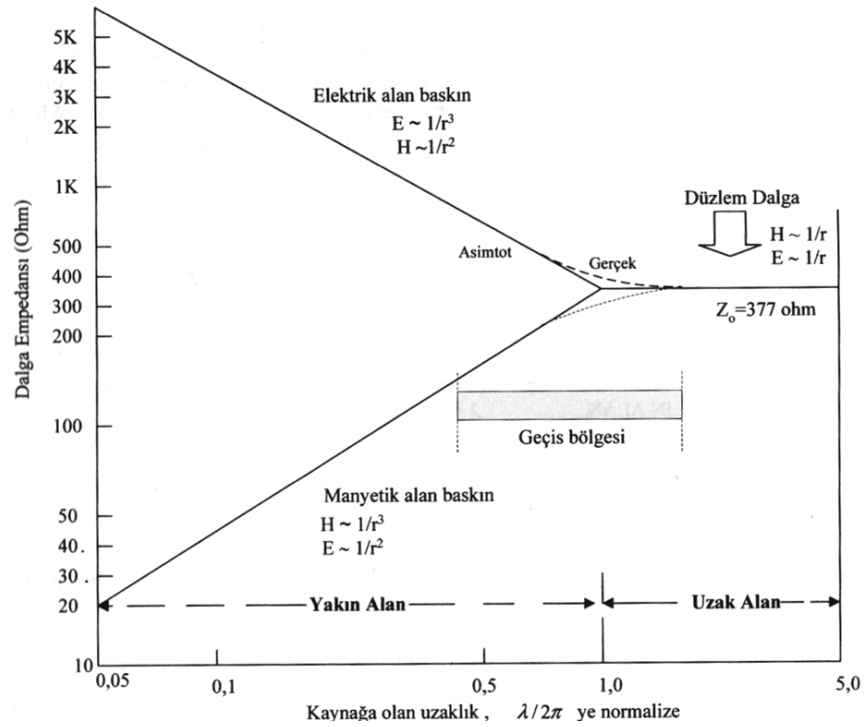
Elektrik alan  $E$ 'nin manyetik alan  $H$ 'a oranı dalga empedansı olarak tanımlanır. Uzak alan bölgesinde bu oran, ortamın karakteristik empedansı adını alır.

$$Z_0 = \eta_0 = E / H = 120 \pi = 377 [\Omega] \quad (2.9)$$



**Şekil 2.11.** Elektromanyetik radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı (Arı ve Özen, 2008)

Yakın alan bölgesinde ( $r < \lambda / 2\pi$ )  $E/H$  oranı kaynağın özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Kaynak yüksek akım, düşük gerilim karakterli ise yakın alan bölgesinde manyetik alan  $H$  baskındır ve  $E/H < 377 [\Omega]$  olur. Bu bölgede kaynaktan uzaklaştıkça  $H \sim 1/r^3$  ve  $E \sim 1/r^2$  ile azalır. Kaynak düşük akım, yüksek gerilim karakterli ise yakın alan bölgesinde elektrik alan  $E$  baskındır ve  $E/H > 377 [\Omega]$  olur. Bu bölgede kaynaktan uzaklaştıkça  $H \sim 1/r^2$  ve  $E \sim 1/r^3$  ile azalır (Arı ve Özen, 2008).



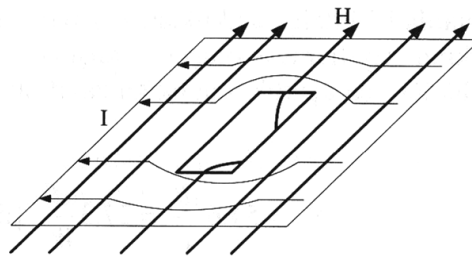
**Şekil 2.12.** Dalga empedansının kaynaktan uzaklığa ve  $E$  veya  $H$  alanlara göre değişimi (Arı ve Özen, 2008)

Toplam ekranlama etkinliği (SE) ifadeleri uzak alan ve yakın alanda pratik kullanım için üç grupta sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2.11).

**Çizelge 2.11.** Toplam ekranlama etkinliği (SE) ifadelerinin uzak ve yakın alan için hesaplanmasında kullanılan eşitlikler (Arı ve Özen, 2008)

Uzak Alan		Yakın Alan	
Düzlemsel Dalga $\eta = 377\Omega$	Elektrik Alan Baskın $\eta > 377\Omega$	Manyetik Alan Baskın $\eta < 377\Omega$	
$S_A=131,8 \cdot d \cdot \sqrt{f[\text{Hz}] \cdot \sigma_r \cdot \mu_r}$	$S_A=131,8 \cdot d \cdot \sqrt{f[\text{Hz}] \cdot \sigma_r \cdot \mu_r}$	$S_A=131,8 \cdot d \cdot \sqrt{f[\text{Hz}] \cdot \sigma_r \cdot \mu_r}$	
$S_R=168,2 + 10 \cdot \log(\sigma_r / f \cdot \mu_r)$	$S_{RE}=321,74 + 10 \cdot \log(\sigma_r / \mu_r \cdot r^2 \cdot f^3)$	$S_{RH}=14,6 + 10 \cdot \log(f \cdot r^2 \cdot \sigma_r / \mu_r)$	
$S_{MR}=0$	$S_{MR}=0$	$S_A \geq 0$ ise $S_{MR} \approx 29,6 + 10 \cdot \log(f \cdot \mu_r \cdot \sigma_r \cdot d^2)$	
$SE= S_A+S_R$	$SE= S_A+S_R$	$SE= S_A+S_R+ S_{MR}$	

Buradan da görüldüğü gibi soğurma kaybı  $S_A$ , ekran kalınlığı  $d$  ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca pratik uygulamalarda ekranlar üzerinde bağlantı noktaları, anahtarlar, ölçü aletleri, havalandırma, kablo bağlantıları vb. nedenlere bağlı olarak açıklıklar ve delikler bulunabilmektedir. Bu açıklıklar ve delikler ekranda süreksizliklere neden olmakta ve ekranlama etkinliğini azaltmaktadır. Özellikle manyetik alanın ekranlanmasında bu açıklıklar nedeniyle kaçaklar meydana gelir. Bir ekran üzerinde bu şekilde mevcut süreksizlik noktaları nedeniyle oluşan kaçak miktarı temel olarak üç ana faktöre bağlıdır. Bunlar, açıklık boyutu, dalga empedansı ve kaynak frekansıdır (Arı ve Özen, 2008).



**Şekil 2.13.** Üzerinde bir açıklık bulunan ekranda manyetik alan kaçağının oluşumu (Arı ve Özen, 2008)

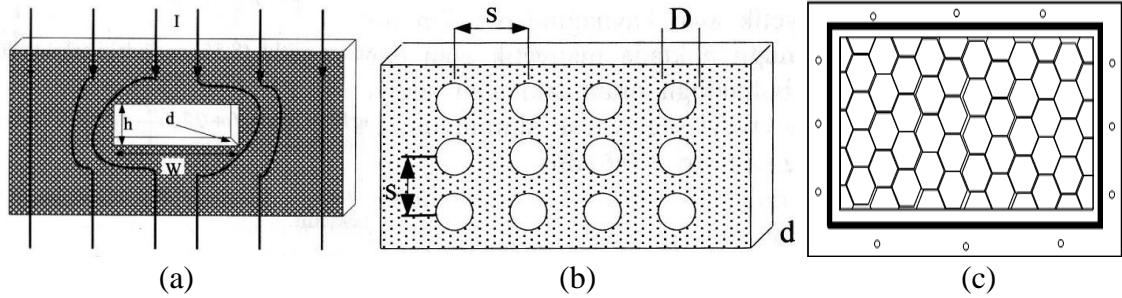
Kalınlığı  $d$  olan bir ekranlama elemanı üzerinde büyük kenarı  $W$  yüksekliği ise  $h$  olan, dikdörtgen şeklinde bir açıklığın olması durumunda, açıklık nedeniyle meydana gelen soğurma kaybı ve yansıma kaybı şu şekilde formüle edilmiştir. (Arı ve Özen, 2008)



$$S_A = 27,3.(d / W) \quad (2.10)$$

$$S_R = 20.\log ( c / 2.W.f ) \quad (2.11)$$

$$EMSE = S_R + S_A = 20.\log ( c / 2.W.f ) + 27,3.(d / W) \quad (2.12)$$



**Şekil 2.14.** a) Ekran üzerinde dikdörtgen yapıda bir açıklık olması durumunda akım dağılımı, b) havalandırma amaçlı çok sayıda açıklığa sahip ekran (Arı ve Özen, 2008), c) Bal peteği şeklinde açıklık modeli (Sevgi, 2004).

Birçok radyo frekansı ekran uygulamalarında havalandırma amacıyla ekran üzerinde düzenli delik yapılar oluşturulur. Bu düzenlemeye bağlı olarak ekran verimi azalır. Bu azalma miktarı EMG kaynağının dalga boyu, açıklık boyu ve açıklık sayısına bağlıdır. Kesim frekansından küçük frekanslarda,  $s < \lambda/2$  için ekranlama etkinliği eşitliği şu şekilde ifade edilir:

$$SE = 20.\log ( c / 2.D.f ) - 10.\log N \text{ [dB]} \quad (2.13)$$

Burada N ekrandaki açıklık sayısı, D ise açıklık boyutudur (Arı ve Özen, 2008). Radyo frekansı uygulamalarında havalandırma amacıyla ekranda petek şeklinde açıklıkların kullanılması durumunda ekran etkinliği şu şekilde ifade edilir:

$$SE = 20.\log ( c / 2.D.f ) - 10.\log N + 27,3 ( h / D ) \text{ [dB]} \quad (2.14)$$

Burada N ekrandaki petek sayısı, D petek boyu ve h ise petek derinliğidir (Arı ve Özen, 2008).

Özellikle binalarda, içlerinde yüksek güçlü trafoların bulunduğu odalarda soğutma ve ekranlama aynı anda gerçekleşmek istendiğinde bal peteği yaklaşımı kullanılabilir. Havalandırma panelindeki delik sayısına, derinliğe ve delik çaplarına bağlı olarak ampirik formülden ekranlama etkinliği hesaplanabilir. Bu tip örneklerde 100 dB civarında ekranlama etkinlikleri sağlamak olasıdır. Ancak formülün kesim frekansının

oldukça (birkaç kat) üstünde geçerli olduğu unutulmamalıdır. Yüksek zayıflama elde edebilmek için iki koşul vardır:

1. Ekran kalınlığı, açıklık çapının en az iki katı olmalıdır.
2. Açıklığın büyük kenarı ekran kalınlığının 1/6'sından küçük olmalıdır.

Açıklık malzemesinin direnci çeşitli parçalar arasındaki dirençler de dâhil olmak üzere küçük olmalıdır (bunun anlamı ızgaralı yapılar yerine delikli levhalar tercih edilmelidir). Boş bir açıklığın ya da deliğin içine hiç bir zaman bir iletken yerleştirmemelidir. Bu durumda, kılavuzun kesim frekansı değiştirilmiş olur (Sevgi, 2004).

**Çizelge 2.12.** Bazı malzeme ve ortamların bağıl elektrik geçirgenlik, bağıl manyetik geçirgenlik ve iletkenlik sabitleri (Candan 2005, Arı ve Özen 2008)

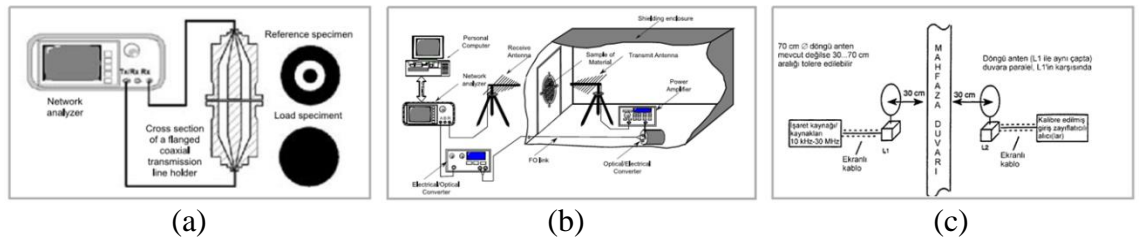
Malzeme / Ortam	$\epsilon_r$ [F/m] Bağıl Elektrik Geçirgenlik Sabiti	$\mu_r$ [H/m] Bağıl Manyetik Geçirgenlik	$\sigma$ [S/m] İletkenlik Sabit	$\sigma_r$ [S/m] Bağıl İletkenlik Sabit
Gümüş		1		1,05
Bakır		0,99999	$5,80 \cdot 10^7$	1
Altın		1		0,7
Alüminyum		1,000021	$3,54 \cdot 10^7$	0,6103
Pirinç		1		0,26
Bronz		1		0,18
Teneke		1		0,15
Kurşun		1		0,08
Nikel		1		0,2
Paslanmaz Çelik (430)		500		0,02
Çelik (SAE 1045)		1.000		0,1
Mumetal (1kHz)		20.000		0,03
Süper İletken (1kHz)		100.000		0,03
Demir	1	4000	$1 \cdot 10^7$	
Vakum (Uzay)	1	1	0	
Hava	1,0000001	1	0	
Porselen	5,7	1	$2 \cdot 10^{-13}$	
Polietilen	2,3	1	$1 \cdot 10^{-5}$	
Su	80	1	$1 \cdot 10^{-3}$	
Deniz suyu	81	1	5	

## 2.2.4. Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçüm yöntemleri

Ekranlama (kalkanlama), elektromanyetik alan yoğunluğunun, ekranlama materyalinin kurulumundan önceki ve sonraki ölçüm oranları ile tanımlanır. Ekranlama etkinliğinin ölçümü karmaşık bir işlem olup ölçüm standartları konusunda çeşitli belirsizlikler bulunmaktadır (Palamutçu 2009). Mevcut kontrolsüz yöntemlerin yerini alarak, farklı koruma seviyelerindeki ölçümleri yapılabilecek yeni bir standarda ihtiyaç duyulmaktadır (Ogunsola 2010).

IEEE Std 299-1997, ASTM D4935-10, TS EN 50147-1 ve MIL-STD-285 standartları tekstil yüzeyleri gibi düzlemsel materyallerin elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümlerinde kullanılmaktadır.

Mil-Std-285, ekranlama etkinliğini ölçmek için ABD’de askeri amaçlı olarak 1956’da yayınlanmıştır. En çok tercih edilen yöntemlerde biri olmakla beraber bu standart iptal edilerek yerine IEEE-STD-299-1997 standardı geliştirilmiş ve yapılan son düzenlemelerle IEEE-STD-299-2005 olarak değiştirilmiş, ancak değişiklik olarak sadece kararsız ölçümle ilgili bir bölüm eklenmiştir. EN50147-1 standardı TSE tarafından TS EN50147-1 olarak 1996’den 2005 yılına kadar kullanılmış daha sonra iptal edilip yerine Nisan 2005’te onaylanmış olan, TS EN 50147-1 Yankısız Odalar - Bölüm 1: Ekran Zayıflatmasının Ölçülmesi TS EN 50147-1, standardı getirilmiştir.



**Şekil 2.15.** a) ASTM D4935-99 test düzeneği, b) MIL-STD 285 test düzeneği (Wieckowski 2006), c) TS EN 50147-1 test düzeneği

ASTM D4935-99 standardı 2005 yılında iptal edilmiştir, ancak 2010 yılında tekrar güncellenerek kullanıma açılmıştır. ASTM D4935, iptal edilmiş olduğu dönemde bile pek çok çalışmada kullanılan bir ölçme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Düzlemsel malzemelerin elektromanyetik ekranlama etkinliğini ölçmek için

geliştirilmiş bir standarttır. Bu standardda göre yaklaşık 5¼” (13,3 cm) çaplı disk şeklinde hazırlanmış olan malzeme sinyal jeneratörü ve alıcı arasındaki özel olarak tasarlanmış bir koaksiyel iletim hattı arasına yerleştirilerek ölçüm yapılmaktadır. Elektromanyetik ekranlama etkinliği referans dalga gücü değeri ile numuneden geçen elektromanyetik dalga gücü arasındaki değişim ile ölçülmektedir. Bu yöntemde yapılan ölçümlerde frekans ölçüm bölgesi 1,5 GHz ’in üzerine çıkamamaktadır. Dolayısıyla bu yöntem cep telefonlarının çalışma alanlarından olan 900MHz bölgesi için kullanılabilen ancak 1800MHz bölgesi için kullanılmamaktadır.

Elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümünde kullanılan bir diğer yöntem iptal edilmiş bir standart olan MIL-STD 285 standardına benzer ölçüm odacıkları yöntemidir. Bu yöntemde iki ayrı yalıtımlı odacık (veya bir yalıtımlı odacık) içine alıcı ve verici antenler yerleştirilmekte ve ölçüm yapılacak olan numune iki odacık arasındaki bir pencereye yerleştirilmektedir. Test standardında bir sinyal kaynağında üretilen sinyal verici anten ile atmosfere yayılmakta ve alıcı anten tarafından alınan sinyalin büyüklüğü ölçülmektedir. Sinyal üretimi için bir sinyal jeneratörü ve amplifikatör, alınan sinyalin büyüklüğünü ölçmek belirlemek için de bir spektrum analiz cihazı kullanılmaktadır. Yalıtımlı odalar sayesinde yalnızca sinyal jeneratörünün ürettiği sinyaller ölçülmekte, ortamda bulunan diğer cihazlardan kaynaklanan sinyallerin (cep telefonları, bilgisayarlar, radyo dalgaları, güneş ışınları, vb.) ölçüm sonuçlarını etkilemesi engellenmiş olmaktadır.

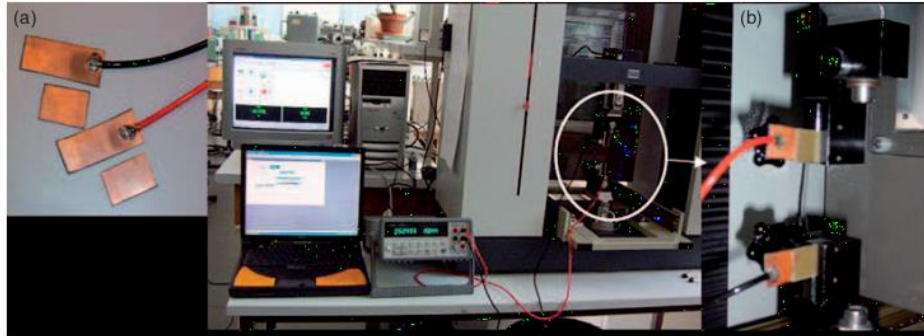
TS EN 50147-1 standardında elektrik alanı ve manyetik alan zayıflatma deneyleri (referans ölçmeler) tanımlanmaktadır. Ölçümler, antenler tam olarak birbirlerinin karşısına yerleştirilerek ve birbirlerinden Şekil 2.15’te gösterilen mesafeye duvar kalınlığı da eklenerek elde edilen bir mesafeyle ayrılmışken yapılmalıdır. Manyetik alanlar bir duvar paneline paralel ve doğrudan birbirlerinin karşısındaki döngü antenlerle ölçülmelidir. Manyetik alanlar için tavsiye edilen deney frekansları 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz ve 20 MHz’dir.

### 2.3. İletken ve/veya EMSE Özelliğine Sahip Kumaş ve Dokusuz Yüzeylerle İlgili Literatürdeki Çalışmalar

İletken kumaş ve dokusuz yüzeylerin üretimi, iletken lif, iletken iplik ve iletken kompozit iplikler kullanılarak yapılabilmektedir. Bu bölümde, iletken tekstil yapılarının üretimine ve iletkenlik-elektromanyetik ekranlama özelliklerinin tespitine yönelik olarak yapılmış literatürdeki çalışmalar tanıtılmıştır.

Tappura ve Nurmi (2003) yaptıkları araştırmada, iletken lifler içeren kumaşlarla elektrostatik şarj dağılımını incelemiş ve bu sürecin açıklanması için bilgisayar modelleri hazırlamışlardır.

Devaux ve ark. (2007) çalışmalarında iletken ipliklerin elektriksel direncini ölçmüştür. Ölçümler Agilent 34401A multimetre kullanarak 20–25°C, %60–65 bağıl nem altında ölçülmüştür. Ölçümler 1-20cm aralığında farklı uzunluklardaki ipliklere 20 defa tekrarlanmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Ölçümün gerçekleştirildiği elektromekanik cihazda, iletken lifleri multimetreye iki elektrot ile temas ettirilmiştir.



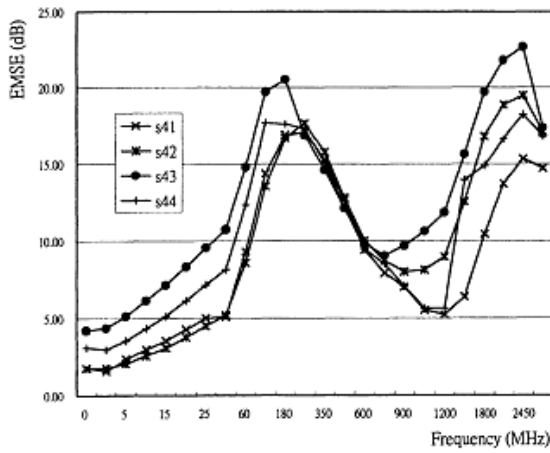
**Şekil 2.16.** Elektromekanik özellikler ölçüm cihazı, a) bakır elektrotlar, b) elektromekanik test cihazı başı (Devaux ve ark. 2007)

Geetha ve ark.(2009) çalışmalarında elektromanyetik ekranlama özelliklerinin tespitinde kullanılan metotlar, elektromanyetik ekranlama işlemlerinde kullanılan metaller, metal içeren plastik materyaller, iletken polimer ve kompozitleri tanıtmıştır. Çalışma kapsamında, elektromanyetik ekranlama etkinliği tespitinde kullanılan “Açık alan ya da serbest uzay”, “Ekranlanmış kutu”, “Ekranlanmış oda” ve “Koaksiyal (eşeksenli) iletim hattı” metotları tanıtılmıştır.

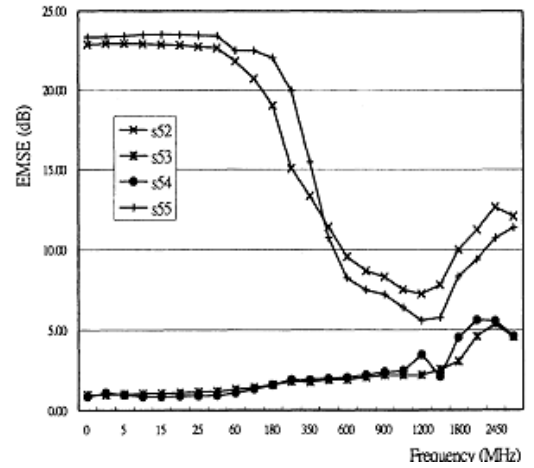
Bedeloğlu ve ark. (2010), elektriksel olarak iletken tekstil yapıları, üretim yöntemleri ve kullanım alanları ile ilgili olarak yayınladıkları derleme çalışmalarında, elektriksel iletkenlik, tekstillerde elektriksel iletkenlik ölçümü, iletken tekstiller, iletken lifler, iletken iplik ve kumaş elde edilmesi ile ilgili olarak yapılmış olan çalışmaları tanıtmıştır.

### **2.3.1. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip örme kumaşlar**

Cheng (2000), örme kumaş yapıların elektromanyetik ekranlama özelliklerini incelemiştir. Bu amaçla paslanmaz çelik lif, paslanmaz çelik tel ve kesikli polyester lifleri kullanılarak iletken karışım iplikler ve özlü iplikler üretmiştir. 8 µm çap ve 50mm uzunluktaki çelik tel lifleri ve polyester lifleri, ring iplik üretim hattının çekim işlemi safhasında karıştırılmış ve yaklaşık olarak %20-30 paslanmaz çelik lif içerecek şekilde 2 farklı numarada karışım iplik üretilmiştir. İkinci grup iletken iplik olarak ise open-end rotor iplik makinesinde paslanmaz çelik lif, paslanmaz çelik tel (50 µm çaplı) ve kesikli polyester lifleri kullanılarak 2 farklı numarada iletken iplik üretilmiştir. Üretilen diğer bir özlü iplik ise tekstüre polyester ve kesikli polyester liflerinden meydana gelmekte ve metal içermemektedir. RL (10,63 sıra/cm, 6,69 çubuk/cm), 1x1 Rib (6,30 sıra/cm, 5,51 çubuk/cm) ve 2x1 Rib (10,24 sıra/cm , 5,91 çubuk/cm) örgülerdeki kumaşların üretim işlemleri E14 ve E16 yarı otomatik yuvarlak örme makinelerinde gerçekleştirilmiş ancak çalışmada hangi kumaşın hangi makinede üretildiği tam olarak belirtilmemiştir. 15 farklı kod ile tanıtılan örme kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri HP 5752A model network analizatör ve 100mm çaplı Elgal Set 19A model koaksiyel adaptör kullanılarak 300 kHz – 3000MHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Paslanmaz çelik lif içeren örme kumaşların EMSE değerleri, artan frekans değeriyle birlikte önce artmakta daha sonra 1,2 GHz'e kadar azalmakta ve daha sonra ise tekrar artmaktadır. Paslanmaz çelik tel içeren örme kumaşların EMSE değerleri ise artan frekans değeriyle birlikte 1,2 GHz'e kadar azalmakta ve daha sonra tekrar artmaktadır. Yazarın logaritmik ölçekte hazırlamış olduğu EMSE test sonuçları Şekil 2.17'de verilmiştir.



(a)



(b)

**Şekil 2.17.** a) Çelik karışımı kesik elyaf ipliklerden üretilen kumaşların, b) çelik tel içeren ipliklerden üretilen kumaşların EMSE test sonuçları (Cheng 2000)

Mühl ve Obelenski (2004), atkılı ve çözümlü örme kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama özelliklerini incelemiştir. Yazarlar, ipliklerin ilerleme doğrultusunun atkılı örme kumaşlarda enine yönde, çözümlü örme kumaşlarda ise boyuna yönde olması nedeniyle iletken ipliklerin kumaş doğrultusunun sadece bir yönünde olacağını ve kumaşların sadece o doğrultu yönünde EMSE sağlayacağını belirtmişlerdir. Kumaşların hem enine hem de boyuna yönde iletken olması amacıyla, iletken metal tel içeren iplikler kullanılarak atkı yatırımı çözümlü örme kumaş yapıları ve gümüş kaplı kesik elyaf PA iplikler kullanılarak atkılı örme kumaş yapıları üretilmiştir. EMSE testleri IEEE-STD 299 standardına uygun olarak 800 MHz – 3,0 GHz frekans değerleri arasında yapılmıştır. Sonuç olarak, sadece bir yönde EMSE sağlayan çözümlü örme kumaşların atkı yatırımı sayesinde diğer yönde de EMSE sağladığı belirtilmiştir. Yine sadece bir yönde EMSE sağlayan atkılı örme kumaşlarında iletken kaplı iplik kullanımı ve bu ipliklerin düşey yöndeki galvanik iletkenlikleri sayesinde her iki yönde EMSE sağladığı belirtilmiştir.

Lin ve ark. (2007), metal tel içeren özlü iplikler kullanılarak üretilen ribana kumaşların EMSE özelliklerini araştırmıştır. Özlü ipliklerin üretiminde 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel, 50 µm çaplı bakır tel, viskon elyaf ve polyester/viskon (65/35) elyaf kullanılmıştır. Kumaşların üretimi otomatik düz örme makinası kullanılarak yapılmıştır. Yazarlar, makine inceliğini belirtmemiş ancak ilmekler arası boşlukların 1-1,2 mm olduğunu belirtmiştir. EMSE ölçümleri koaksiyel iletim hattı test düzeneği kullanılarak

30 MHz - 3 GHz frekans değerleri arasında yapılmıştır. Sonuç olarak kumaşların, 30 MHz - 100 MHz frekans değerleri arasında 8~15 dB arasında olan EMSE değerlerinin 900 MHz frekans değerinin üzerinde 2~8 dB seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Stegmaier ve ark. (2008), hazırlamış oldukları pencere boşluğu bırakılmış yansımaz oda test düzeneği ile gümüş kaplı ipliklerle üretilmiş örme kumaşların 250 MHz - 3 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE özelliklerini incelemiştir. Kumaşların üretildiği örme makinesinin inceliği ve kumaşların sıra, çubuk sıklığı değerleri çalışma kapsamında sunulmamıştır. Sonuçta, anten düzlemine yatay ve dikey olarak konumlandırılan kumaşların yaklaşık olarak 29 dB ve 5dB EMSE sağladıkları tespit edilmiştir.

Perumalraj ve Dasaradan (2009), rme kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama özellikleri incelemiştir. 100 m, 110 m ve 120 m çaplı bakır teller kullanılarak üretilen zli iplikler ile RL, Rib ve interlok kumaş tiplerinde toplam 9 kumaş üretilmiştir. EMSE lmleri ASTM D4935-1999 test standardına uygun olarak hazırlanan pencere boşluğu bırakılmış yansımaz oda test düzeneğine göre 20 MHz - 18 GHz frekans değerleri aralığında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan zli ipliklerin numarası ya da kullanılan örme makinesinin tipi ya da inceliği ile ilgili herhangi bir bilgiye yer verilmemiştir. Benzer şekilde, çalışma kapsamında üretilen kumaşların ilmek iplik uzunluğu, çubuk sıklığı, sıra sıklığı ya da gramaj değerlerine makalede yer verilmemiş, kumaşların sadece sıklık faktörleri ve kalınlıkları belirtilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen kumaşlar dhilinde, bakır tel kalınlığı artıkça EMSE değerlerinde azalma görüldüğü belirtilmiştir. Bunun sebebi, kalınlığı arttıkça bakır tellerin eğilmeye karşı daha dirençli olması ve kumaş yapısı içerisinde açıklıklar meydana gelmesi şeklinde açıklanmıştır. 20 MHz – 18.000 MHz frekans değerleri arasında Interlok rg kumaşların RL ve Rib kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği belirtilmiştir. Ayrıca interlok ve Rib kumaşların 750 MHz – 1000 MHz frekans aralığında 46-63 dB EMSE değerleri gösterdiği belirtilmiştir. Kumaşların kalınlık değerlerinin ise 20 MHz – 18 GHz frekans değerleri arasında EMSE üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır. EMSE değerleri kumaşların sıklık faktörü



açısından incelendiğinde ise sıklık faktörü arttıkça EMSE değerlerinde de artış olduğu belirtilmiştir. Yazarlar sonuç kısmında ise şunları belirtmiştir: 700 MHz – 1000 MHz frekans değerleri arasında örme kumaşlar 30-63dB EMSE değeri vermişlerdir. Kumaşların sıra sıklığı ve çubuk sıklığı değerleri ile sıklık faktörleri arttıkça EMSE değerlerinin 20 MHz – 18 GHz frekans değerleri arasında artış gösterdiği belirlenmiştir. Yazarlar bu kumaşların endüstriyel uygulamalarda, güç iletim hatlarında, cep telefonu, tv yayınları ve alıcılarında, kalp pili uygulamalarında, otomotiv elektronik parçalarında, uçakların elektronik kontrol sistemlerinde, telekomünikasyon uygulamalarının soğutma sistemlerinde, senkronik jeneratörlerin voltaj regülatörlerinde kablosuz iletişimde, askeriyeğin gizli oda uygulamalarında ve askeri çadırlarda kullanılabilceğini belirtmiştir.

Soyaslan 2009 yılında tamamladığı doktora tez çalışması kapsamında, elektromanyetik koruma etkinliğine sahip atkılı örme kumaş ve kompozitler geliştirmiştir. Elektromanyetik koruma sağlayacak kumaşlar iki farklı amaç için üretilmiştir. Birincisi, elektromanyetik alana maruz kalan kişiyi koruyacak giysilik kumaşlar, ikincisi ise endüstriyel kullanımlar için kompozit oluşturmaya yönelik kumaşlardır. Giysilik kumaşların oluşumunda pamuk ipliği ve bakır tel, kompozit kumaşların oluşumunda ise aramid, polipropilen (PP) ve bakır tel kullanılmıştır. İletken iplikler, iplik katlama makinesinde oluşturulmuştur. İletken iplikler, E7 incelikli düz örme makinesinde örülerek örme kumaşlar elde edilmiştir. Kompozit numuneler, laboratuvar tipi sıcak pres kullanılarak elde edilmiştir. Tüm numunelerin elektromanyetik koruma etkinlikleri, ASTM D 4935 koaksiyel iletim hattı test düzeneği kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler 27-3000 MHz frekans aralığında yapılmıştır. Numunelerin elektromanyetik koruma performanslarının belirlenmesine yönelik olarak, giysilik kumaşlarda; örgü yapısı, ilmek sıklığı, kullanılan iletken miktarı ve kompozitlerde; örgü yapısı, kumaş kat adedi, laminasyon açısı ve iletken miktarı parametreleri incelenmiştir. Örülen kumaşlar; farklı denemeler için düz örgü, atkı yatırımı düz örgü, 1x1 Rib örgü, atkı yatırımı 1x1 Rib örgü, yarım selanik örgü, çift çelik örgü, yatak kaydırmalı örgü, boşluklu örgü ve atkı yatırımı boşluklu örgü olmak üzere dokuz farklı yapıdan oluşmuşlardır. İletken örme kumaşlarda 10 dB'den az, kompozitlerde ise 10-50 dB arasında EMSE değerleri elde

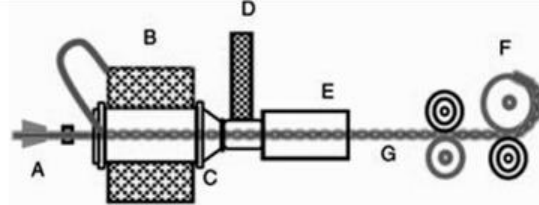
edildiği belirtilmiştir. Atkılı örme kumaş takviyeli kompozit yapıların, EM korumaya yönelik uygulamalar için kullanılabilir değerlere sahip oldukları belirtilmiştir.

Volski ve Vandenbosch (2009) çalışmalarında iletken iplikler içeren değişik tipteki kumaş ve kompozitlere yer vermiştir. Mekanik özelliklerini modellemek amacıyla geliştirilen yazılım kullanılarak, kumaş ve kompozitlerin topolojileri açıklanmıştır. Daha hızlı elektromanyetik analiz yapabilmek amacıyla topoloji özel bir dönüştürme programı kullanılarak basitleştirilmiştir. Elektromanyetik analizlerde kullanılan iletken ipliklerin farklı olası yaklaşımları tartışılmıştır. Analizler kendi içindeki integral eşitlikleri kullanılarak, moment metoduna (MoM) göre iletken ipliklerin içinden geçen elektrik akımını hesaplamaktadır. Havada uçan dalganın hareketine göre de elektromanyetik ekranlama etkinliği hesaplanmıştır. Teori ve deneysel çalışma arasındaki benzerlik bu yaklaşımın sağlamlığını doğrulamaktadır. Elektromanyetik yazılım araçları dokuma kumaş veya kompozitlerin elektromanyetik özellikleri hakkında daha bir çok ilave bilgi sağlayabilir. Günümüzde, değişik yöntemlere dayanan birçok farklı elektromanyetik yazılım aracı seçenekleri mevcuttur. En popüler yazılım araçları “Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu”(FDTD), “Sonlu Elemanlar Metodu” (FEM) ve “İntegral Denklem Metodu” (IEM) dayanmaktadır. Diferansiyel denklem yöntemlerinin birçoğunun (FDTD, FEM) özü itibari ile isteğe bağlı geometrilerin açıklanmasında çok güçlü olmasına rağmen, bunlar çok sıklıkla anten ve elektronik devre problemleri gibi modeller için optimize edilmektedir. Yeni uygulamalar için uygulanmasında çok deneyimli bir kullanıcı gerektirir. Ayrıca bu yazılım araçları bazen çok pahalıdır. Çalışma bünyesinde öncelikli olarak dokuma ve örme kumaş yapısı ipliklerin dairesel kesitleri de dikkate alınarak üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. Daha sonra bu üç boyutlu yapı dikey kesit olarak dikdörtgensel parçalar halinde modellenerek analiz yapılmıştır. Türetilen formüller ile de kumaş üretimi öncesinde yapının elektromanyetik ekranlama etkinliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, gerçek kumaş yapıları üretilmiş ve bu kumaşların ekranlama etkinliği değerleri ile matematiksel model ile türetilen değerler karşılaştırılmıştır. Kumaşların ekranlama etkinliği testleri için koaksiyel iletim hattı modeline uygun olarak tasarlanmış bir ekipman kullanılmıştır. 100 MHz - 1,5 GHz’lik bir frekans jeneratörü ile üretilen frekans, 10dB’lik bir hafifleticinin ardından

ElectroMetrics (EM2701A) model bir eş eksenli adaptöre geçtikten sonra ikinci bir 10dB'lik hafifleticiden geçerek HP8510C model network analizatörüne ilerlemekte ve ekranlama etkinliği değeri tespit edilmektedir. Değerlendirmeler sonucunda dokuma kumaşlar için modelleme ile elde edilen sonuçlar ile gerçek kumaş yapıları arasında benzerlik sağlandığı ancak örme kumaşlar için aynı durumun söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Yazarlar, teori ve deneysel çalışma arasındaki benzerliğin bu yaklaşımın sağlamlığını doğruladığını belirtmiştir.

Lin ve ark. (2010), araştırmalarında bambu kömürü içeren tekstüre polyester iplik ve paslanmaz çelik tel kullanılarak üretilen özlü iplikler ile örme kumaşlar üretmiş ve bu kumaş ve ipliklerin fiziksel özellikleri incelemiştir. Özlü iplikler, 40µm incelikteki paslanmaz çelik telin etrafı 75denye/72f/2 tekstüre iplik ile kaplanarak yapılmıştır (Şekil 2.18). İplik üretimi esnasında polyester iplik çelik tel üzerinde cm'de 2,3,4,5,6,7 tur olacak şekilde farklı şekilde bükülmüştür. Kumaş örme işlemi E20 incelikteki yuvarlak örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kumaş örme işleminin ardından kumaşlara 1-6 kat laminasyon uygulanmıştır. Uzak mesafe kızılötesi yayılımı ölçümleri için HOTEK EMS 302M model test cihazı kullanılmıştır. Deney düzeneğinde numune boyutları 6,8 x 6,8 πcm<sup>2</sup> olarak hazırlanmış ve 34<sup>0</sup>C'de ölçüm yapılmıştır. Anyon (eksi yük) yoğunluğu ölçümleri için ITC-201A tip test cihazı kullanılmıştır. Deney düzeneğinde numune boyutları 300 mm x 200 mm x 200 mm olarak hazırlanmıştır. Deneyle sonucunda; özlü iplikler için yapılan mukavemet test sonuçları polyester ipliğin büküm sayısının artmasına bağlı olarak mukavemetin arttığını göstermiştir. Aynı büküm miktarı için dışta kalan polyester ipliğin büküm hızı arttırıldığında mukavemetin azaldığı görülmüştür. Özlü ipliklerin büküm miktarı arttığında kopma uzaması artmıştır. Aynı büküm miktarı için büküm hızındaki değişiklik belirgin bir veri vermemiştir. Örme kumaşlar için yapılan kopma mukavemeti test sonuçları göstermiştir ki tüm kumaşların çubuk doğrultusundaki kopma mukavemetleri yüksek sonuçlar vermiştir. Çelik tel içeren kumaşların değerlerinin %100 polyester örme kumaşlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 4 tur/cm büküme sahip kumaşların enine ve boyuna yönde optimum mukavemet değerleri verdiği belirtilmiştir. Örme kumaşlar için yapılan kopma uzaması değerleri incelendiğinde enine yöndeki uzama miktarının boyuna doğrultuya kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Çelik tel içeren kumaşların içermeyenlere

kıyasla enine yönde daha yüksek uzama gösterdiği belirtilmiştir. 6 tur/cm büküme sahip kumaşların enine ve boyuna yönde optimum uzama değerleri verdiği belirtilmiştir. Uzak mesafe kızılötesi yayılımı ölçümleri incelendiğinde 2 kat laminasyon uygulanan kumaşların en iyi değerleri verdiği görülmüştür.



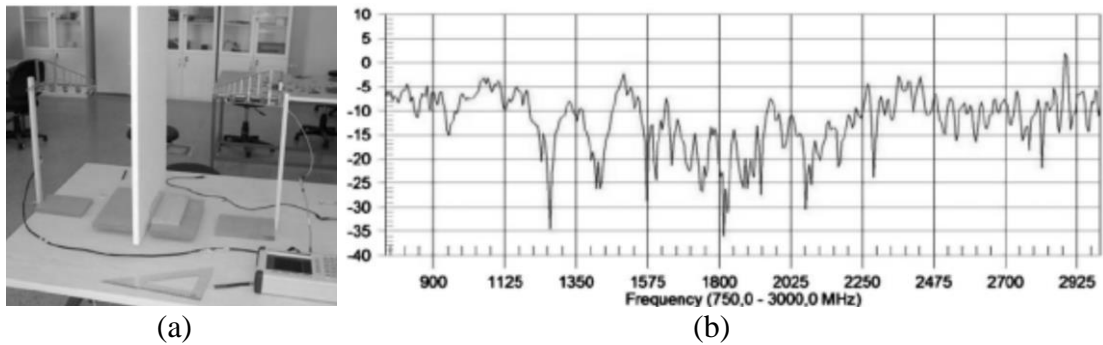
**Şekil 2.18.** Rotor büküm makinesinin şematik gösterimi, a) iplik gözü, b) bambu kömürü içeren tekstüre polyester iplik, c) rotor büküm, d) tahrik kayışı, e) taşıma, f) özlü iplik, g) bobin sarma (Lin ve ark. 2010)

Palamutçu ve ark.(2010), 50 µm bakır tel, 100 µm bakır tel ve pamuk/gümüş(90/10) karışımı iletken iplik kullanmışlardır. İletken materyaller pamuk iplik ile bükülerek Pamuk/Bakır (89/11), Pamuk/Bakır (62/38), Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2), Pamuk/Bakır (50/48/2) iplikler oluşturulmuştur. Daha sonra da bu iplikler kullanılarak üretilen dörder adet RL örme ve çözgüsü %100 pamuk atkısı iletken iplikli bezayağı dokuma kumaşın elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerini incelemişlerdir. Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri, aralarında numunenin yerleştirileceği 20x20 cm pencere açılmış olan dış ebatları 150x60x60 cm olan iki adet ekranlı odanın birleştirildiği bir düzenek ile ölçülmüştür. Ölçümler 860-960 MHz ve 1750-1850 MHz frekans aralığında yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda, 860-960 MHz frekans aralığı için 0,05mm tel içeren dokuma kumaşların diğer dokuma kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Dokuma kumaşların 1750-1850 MHz aralığındaki ölçüm sonuçlarının ise birbirine benzer olduğu ancak Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2) iplikli kumaşların diğerlerinden daha düşük değerler gösterdiği belirtilmiştir. Örme kumaşlar için yapılan testlerde de hem 860-960 MHz hem de 1750-1850MHz frekans aralığı için ölçüm değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. Bu iki ölçüm aralığı için dokuma kumaşların örme kumaşlara göre daha yüksek EMSE değeri verdiği görülmüştür. Bu ölçümlerin ardından kumaşlar, bir birine 90<sup>0</sup> olacak şekilde iki kat olarak birleştirilmiş ve ölçümler tekrarlanmıştır. Dokuma kumaşlar için 860-960 MHz frekans aralığında yapılan ölçümlerde Pamuk/Bakır (89/11), Pamuk/Bakır (62/38),

Pamuk/Bakır(50/48/2) iplikler ile üretilen kumaşların çift kat ölçümlerinin tek kat olarak yapılan EMSE ölçümlerinden daha düşük olduğu, sadece Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2) iplikli kumaşların çift kat olarak yapılan ölçümlerinin tek kat olanlara kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 1750-1850MHz frekans aralığındaki ölçümlerde ise Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2) iplikli kumaşların en yüksek sonuçlar verdiği ve tüm çift katlı kumaşların tek katlılara kıyasla daha yüksek EMSE değeri verdiği belirtilmiştir. Örme kumaşlar için 860-960 MHz frekans aralığında yapılan ölçümlerde Pamuk/Bakır (89/11), Pamuk/Bakır (62/38), Pamuk/Bakır (50/48/2) iplikler ile üretilen kumaşların çift kat ölçümlerinin tek kat olarak yapılan EMSE ölçümlerinden daha yüksek olduğu, sadece Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2) iplikli kumaşların çift kat olarak yapılan ölçümlerinin tek kat olanlara kıyasla daha düşük (dokuma kumaşların tam tersi) olduğu belirtilmiştir. 1750-1850 MHz frekans aralığındaki ölçümlerde ise Pamuk/Bakır/Gümüş (78/20/2) iplikli kumaşların en yüksek sonuçlar verdiği ve tüm çift katlı örme kumaşların tek katlılara kıyasla daha yüksek EMSE değeri verdiği belirtilmiştir.

Çeken ve ark.(2011), örme kumaş yapıların elektromanyetik ekranlama özelliklerini incelemiştir. Birde bir atlamalı RL, tek toplama amerikan lakost, çiftli pike ve interlok örgü yapısındaki kumaşların üretimi E12 düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kumaşların üretiminde metal tel kullanımı için iki farklı yöntem tercih edilmiştir. Kumaşların üretimi esnasında 35 µm, 50 µm, 100 µm paslanmaz çelik ve 100 µm bakır teller kullanılmıştır. 100 µm incelikteki metal teller çıplak halde kullanılmış ve örme işlemi esnasında 171 dtex (154 denye) akrilik iplik ile birlikte besleme yapılarak kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. 35 µm ve 50 µm paslanmaz çelik teller ise pamuk lifleri ile kaplanarak özlü iplikler üretilmiş ve örme işlemi bu iplikler ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen 16 kumaşın sadece sıra ve çubuk sıklığı değerleri verilmiş, ilmek iplik uzunluğu, gramaj ya da kalınlık değerleri belirtilmemiştir. EMSE ölçümleri Anritsu MS2711D model spektrum analizatör ile serbest uzay ölçüm metoduna uygun olarak düzenlenen ekipman ile 750 MHz – 3000 MHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.19.a). Sonuçta, 100 µm bakır telli kumaşların 100 µm paslanmaz çelik telli kumaşlardan özellikle yüksek frekans değerleri için daha yüksek EMSE değerleri verdiği belirtilmiştir. Makale içerisinde kumaşların ilmek iplik uzunluğu değerleri verilmemesine rağmen, 100 µm bakır telli kumaşların ilmek iplik

uzunluklarının daha fazla olmasına rağmen EMSE değerlerinin daha iyi olduğu ve bu durumun bakırın daha iletken olmasıyla ilgili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca 100 µm paslanmaz çelik telli kumaşların daha geniş bir frekans bandı için daha efektif EMSE sonuçları verdiği belirtilmiştir. EMSE değerlerinde, kumaş yapısında kullanılan metalin iletkenliğinin yanı sıra örgü içerisindeki iletken ipliğin izlediği rotanın, kalınlığın, belirli bir alan için genel iletkenliğin ve malzemenin önemli olduğu belirtilmiştir. Birde bir atlamalı RL ile tek toplama amerikan lakost kumaşların EMSE değerleri karşılaştırılmış ve amerikan lakost kumaşların daha geniş bir frekans bandı için daha efektif EMSE sonuçları verdiği belirtilmiştir. Materyal yöntem kısmında kumaşların ilmek yoğunlukları açık olarak verilmemekle beraber, birde bir atlamalı RL ile tek toplama amerikan lakost kumaşların ilmek yoğunluklarının genelde aynı olduğu hatta bazı amerikan birde bir atlamalı RL kumaşların daha fazla ilmek yoğunluğuna sahip olduğu belirtilmiştir. Buna rağmen tek toplama amerikan lakost kumaşların daha yüksek EMSE değerleri vermesinin, ipliklerin kumaş yapısı içerisinde çapraz olarak konumlanmasından ve iletken ipliklerin temas noktalarının daha fazla olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Çiftli pike ve interlok kumaşların karşılaştırmasında ise önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir. Genel olarak tek plaka ve çift plaka kumaşların karşılaştırması yapıldığında ise çift plaka kumaşlarda daha fazla iletken iplik kullanılmasına rağmen belirgin bir fark görülmediği belirtilmiştir. Aynı örgü tipi için farklı tipteki ipliklerle üretilen kumaşların benzer EMSE değerleri gösterdikleri belirtilmiştir.



**Şekil 2.19.** a) Çeken ve ark. (2011) hazırlamış olduğu EMSE test düzeneği, b) 35 µm çelik telli lakost kumaşların EMSE test sonuçları

Çeken ve ark.(2012), arka yüzünde %100 oranında paslanmaz çelik telli iletken iplik içeren tek plaka örme kumaşların EMSE değerlerini incelemişlerdir. Sıra sıklıkları

3,5-6 sıra/cm ve çubuk sıkları 3-4,5 çubuk/cm arasında değişen altı adet kumaşın üretimi E7 incelikteki elektronik düz örme makinesi kullanılarak yapılmıştır. EMSE ölçümleri serbest uzay ölçüm metoduna uygun olarak düzenlenen ekipman ile 750 MHz - 3000 MHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.19.a). Sonuç olarak kumaşların EMSE değerlerinin 0-25 dB değerleri arasında değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Örtlek ve ark. 2011 yılında yayınladıkları çalışmalarında, iletken kompozit iplik kullanılarak üretilen örme kumaşların EMSE özelliklerini incelemiştir. İletken materyal olarak 20 µm çaplı paslanmaz çelik tellerin kullanıldığı, Ne 24 numara özlü ipliklerin üretilmiştir. RL (11,8 sıra/cm, 14,0 çubuk/cm) ve pike (10,0 sıra/cm, 12,5 çubuk/cm) örgü kumaşların üretimi E28 incelikteki örme makinesi ile yapılırken, ribana (18,5 sıra/cm, 11,0-12,5 çubuk/cm) kumaşların üretimi E18 incelikteki örme makinesi kullanılarak yapılmıştır. Kumaşların EMSE testleri için ASTM D4935 standardına uygun olarak hazırlanmış koaksiyel iletim hattı test düzeneği kullanılmıştır. Sonuçta, paslanmaz çelik tel içeren RL kumaşların 140 MHz - 920 MHz frekans değerleri arasında 10 dB ve üzerinde EMSE sağladığı görülmüştür. Örtlek ve ark. 2012 yılında yayınladıkları araştırmalarında, aynı kumaşların EMSE özelliklerini pencere boşluğu bırakılmış yansız oda test düzeneği (30 MHz - 9,93 GHz) kullanarak incelemiştir. Sonuçta, anten düzlemine yatay olarak konumlandırılan RL kumaşların 94 MHz - 641 MHz frekans değerleri arasında 30 dB ve üzerinde EMSE sağladığı tespit edilmiştir.

Örtlek ve ark. (2012), numune tipi yuvarlak örme makinesi kullanarak ürettikleri RL kumaşların EMSE ve konfor özelliklerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, Ne 50, Ne 60, Ne 70 numara pamuk iplikleri ve 18 µm, 35 µm, 50 µm çaplı paslanmaz çelik teller kullanılarak oyuk iğ sistemi ile dokuz farklı iletken kompozit iplik üretilmiştir. Kumaşların üretildiği örme makinesinin inceliği ve kumaşların sıra, çubuk sıklığı değerleri çalışma kapsamında sunulmamıştır. EMSE testleri ASTM D4935 standardına uygun olarak hazırlanmış koaksiyel iletim hattı test düzeneği ile yapılmıştır. Sonuçta, artan frekans değerlerine bağlı olarak birçok RL kumaşın EMSE değerinin: 100 MHz (15 dB ve üzerinde) ile 1,25 GHz (5 dB ve üzerinde) frekans değerleri arasında azalma

eğiliminde olduğu daha sonra 1,5 Ghz (7 dB ve üzerinde) frekans değerine kadar ise artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Ciesielska-Wróbel ve Grabowska (2012), E7 incelikteki düz örme makinesi kullanarak ürettikleri 3 farklı örme kumaş yapısının EMSE özelliklerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, iletken iplik olarak 30 Tex incelikteki pamuk/bakır (10/90) ve 300 Tex incelikteki %100 paslanmaz çelik iplikler kullanılmıştır. Sıra sıklıkları 4,4 sıra/cm, 4,4 sıra/cm, 4,6 sıra/cm ve çubuk sıklıkları 3,0 çubuk/cm, 3,3 çubuk/cm, 3,3 çubuk/cm olan kumaşların EMSE ölçümleri, elektrik alan probu (30 Hz - 6 GHz) ve manyetik alan probu (10 Hz - 1 GHz) kullanılarak yapılmıştır.

### **2.3.2. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip dokuma kumaşlar**

Lowell ve McIntyre (1978) iletken lif içeren kumaş ve halıların statik yük boşaltım mekaniğini incelemiştir. Bu yazıda karbon kaplı liflerin ve iletken özlü liflerin halılara elektrostatik şarj dağılımı açısından etkisi incelenmiştir.

Dordevic'in US 5103504 A numaralı patentinde (1990), iletken iplikli (pamuk ve çelik lif karışımı) kumaşlar ile 10GHz'lik dalga boyu için 20-40dB'lik korumanın garanti edildiğini belirtmiştir.

Kacprzyk ve Domagala (1997) halılardaki elektrostatik şarj dağılımıyla ilgili bir model geliştirmiştir.

Su ve Chern (2004), farklı tip paslanmaz çelik tellerin yapı içindeki yoğunluğu, iplik geometrisi ve dokuma örgü tiplerinin kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini araştırmıştır. İletken materyal olarak iki tip paslanmaz çelik kullanılmıştır. Bunlar, 8 µm çaplı ve 38-80mm uzunluğundaki paslanmaz çelik lif ve 50 µm çaplı paslanmaz çelik teldir. İlk olarak birçok farklı tipte iletken hibrid iplik üretilmiştir.

#### *Katlı iplikler:*

- Paslanmaz çelik tel, iki kat 250d/75f polyester iplik ile bükülmüş (S-iplik)
- Paslanmaz çelik tel, 3 kat Ne30 polyester iplik ile bükülmüş (T-iplik) ve katlı iplikler üretilmiştir.



Özlu iplikler:

- Paslanmaz çelik tel, kesik elyaf iplik ile kaplanarak özlu iplikler üretilmiştir.

Kaplı iplikler:

- Kesik elyaf iplik paslanmaz çelik tel ile kaplanarak kaplı iplikler üretilmiştir.

Karışım İplikler:

- Paslanmaz çelik lifler ile polyester lifler birlikte bükülerek, Ne30 paslanmaz çelik/polyester kesik elyaf karışım iplikler üretilmiş ve bunlar daha sonra 2 kat bükülmüştür.

Bu farklı tipteki hibrid iplikler ile Çizelge 2.13'te tanıtılan dokuma kumaş yapıları üretilmiştir.

**Çizelge 2.13.** Su ve Chern'in (2004) ürettikleri dokuma kumaşlar

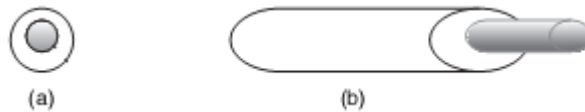
Kumaş	İplik Tipi	Paslanmaz Çelik Oranı	Sıklık/inç	Dokuma Tipi	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
W1	Kaplı iplik	%40	54 x 38	Bezayağı	200,0
W2	Özlu İplik	%40	54 x 38	Bezayağı	200,0
W3	Katlı İplik	%40	54 x 38	Bezayağı	200,0
W4	Katlı İplik	%40	54 x 38	2/ 2 Dimi	200,0
W5	Katlı İplik	%40	54 x 38	3/ 1 Dimi	200,0
W6	Karışım İplik	%20	54 x 38	Bezayağı	160,0

Testler, ASTM D4935 test standardına uygun olarak düzenlenmiş olan, Advantest R3132 tip analizöre sahip koaksiyel iletim hattı test düzeneğinde 9KHz-3GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, paslanmaz çelik tel ile 250d/75f polyester ipliğin beraber bükülü olduğu kumaşların, kesik elyaf ipliklerin de yapıya eklendiği duruma göre daha iyi EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Hem çözümlü hem atkı yönünde paslanmaz çelik tel içeren kumaşların sadece atkı yönünde paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha iyi EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Kaplı iplikler, özlu iplikler ve katlı iplikler üretilmiş kumaşların EMSE değerlerinin benzer eğilim gösterdiği, frekans arttıkça EMSE değerlerinin de arttığı daha sonra da azaldığı görülmüştür. Özlu iplik, katlı iplikten o da kaplı ipliklerden daha iyi değerler vermiştir. Bu durum analiz edilmiş ve aynı mesafe için özlu iplikteki paslanmaz çelik telin uzunluğunun daha kısa olması nedeniyle elektriksel direncin daha az olduğu ve bu sayede diğer ikisinden daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. 8 µm çaplı kesik elyaf şeklindeki paslanmaz çelik tel ile üretilen kumaşlar ile 50 µm paslanmaz çelik tel ile üretilen kumaşların karşılaştırıldığı durumda ise frekansın 2000MHz'e kadar olduğu durumda paslanmaz çelik telli kumaşlarında daha yüksek EMSE değeri

verdiği ancak 2000MHz den sonra ise kesik elyaf şeklindeki paslanmaz çelik telli kumaşların daha yüksek EMSE değeri verdiği görülmüştür. Dokuma kumaşların örgü yapıları karşılaştırıldığında bezayağı ve 2/2 dimi kumaşların 3/1 dimi örgüdeki kumaşlara göre daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Sonuçta bezayağı kumaşların optimum değerler verdiği tespit edilmiştir.

Roh ve ark. (2008), 40 µm çapında çıplak bakır, 47 µm çapında polyesterimid kaplı bakır ve 35 µm çapında paslanmaz çelik tel kullanarak ürettikleri 3 farklı polyester kompozit iplik ve %100 polyester iplik ile ürettikleri dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerini incelemiştir. Sadece çıplak bakır, sadece polyesterimid kaplı bakır, sadece çelik ve %100 polyesterden oluşan kumaşların yanı sıra atkı çözgü yönlerinde bunların farklı oranlarda karışımlarında oluşan toplamda 16 farklı dokuma kumaş üretmişlerdir. Kumaşların 30-1500 MHz frekans aralığındaki ekranlama etkinliği testleri için, ASTM D4935-99 standardına uygun olarak düzenlenmiş koaksiyel iletim hattı modeline uygun bir ekipman kullanılmıştır. Paslanmaz çelik içeren kumaşların EMSE değerlerinin 300-400 MHz aralığında, bakır tel içerenlerinse 1 GHz civarında düşüş gösterdiği görülmüştür.

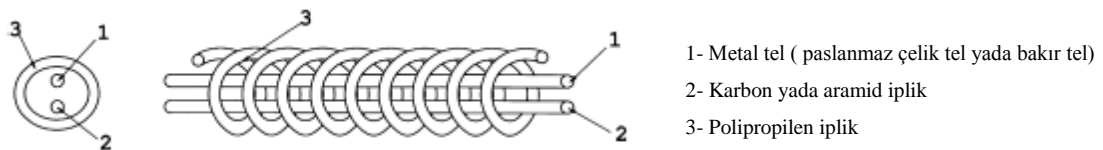
Ramachandran ve Vigneswaran 2009 yılında yayınladıkları çalışmalarında, 38 SWG (British Standard Wire Gauge) incelikte bakır teli dref-3 tekniğini kullanarak 3 farklı oranda (90/10-80/20-67/33) kaplayarak, sadece atkısı metal iplikli ve hem atkısı hem çözgüsü metal iplikli dokuma kumaşlar üretmişlerdir. 560 MHz ile 9,22 GHz arasındaki frekanslarda ASTM 4935-99 test standardına göre yaptıkları deneyler sonucunda 10 dB ile 32 dB aralığında değişen ekranlama etkinliği değerlerine ulaşmışlardır. Hem atkısı hem çözgüsü bakır tel içeren kumaşların ekranlama etkinliği değerlerinin sadece atkısı bakır telli kumaşlara göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Ekranlama etkinliğinin her iki kumaş tipi içinde 560MHz değerinden itibaren yükseldiği 800-900MHz aralığında zirve yaptığı daha sonra da tekrar azalma gösterdiği belirtilmiştir.



**Şekil 2.20.** Dref -3 tekniği ile bakır telin pamukla kaplanmış hali (Ramachandran ve Vigneswaran 2009)

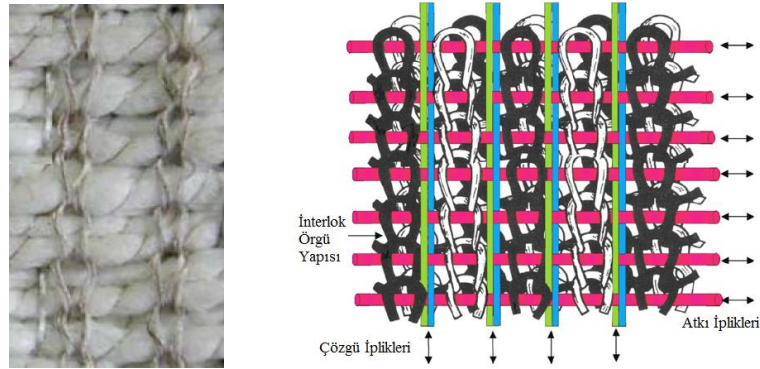
### 2.3.3. İletken ve/veya EMSE özelliğine sahip örme-dokuma kompozitler ve dokusuz yüzeyler

Cheng ve ark. (2002), örme takviyeli kompozit yapıların elektromanyetik ekranlama özellikleri incelemiştir. İletken materyal olarak paslanmaz çelik (100 µm) ve bakır tel (100 µm), güçlendirme elemanı olarak da karbon (3k) ve aramid 49 (1420denye/1000filaman) iplikleri kullanılmıştır. Karbon iplik ve metal tellerin çok sert olmaları ve örme iğneleri üzerinde oluşturdukları yüksek sürtünme nedeniyle iğne kırılmalarına ve bozulmalarına neden olması nedeniyle karbon iplik ve metal tellerin polipropilen iplik (1200 denye ve 300 denye) ile sarıldığı belirtilmiştir (Şekil 2.21). Oluşan matris yapısı ile iğne deformasyonunun azaldığı ve bu yeni iplik tipine de karıştırılmamış iplik adı verildiği belirtilmiştir. Kumaş üretim işlemleri E5 incelikteki düz örme makinesinde iki kat iplik aynı anda beslenerek RL, RL atkı yatırımı ve RL iki atkı yatırımı örgüler olmak üzere 8 farklı kumaş yapısı üretilmiştir. Örme takviyeli kompozit yapıların üretimi, üst üste konulan 4 kat kumaşın 200<sup>0</sup>C sıcaklıkta, 3-5dak süre ile 8-10kg/cm<sup>2</sup> basınca maruz bırakılması suretiyle yapılmıştır. Atmosfer şartlarında soğutulan kompozit yapıların kalınlıklarının yaklaşık olarak 3mm olduğu belirtilmiştir. 10cm x 10cm boyutlarında hazırlanan yapıların EMSE ölçümlerinin ASTM ES7-83 standardına uygun olarak hazırlanmış koaksiyel iletim hattı modeli ile 350 MHz - 3000 MHz frekans aralığında gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Sonuçta, kompozit materyal içerisinde bulunan bakır, paslanmaz çelik tel ve karbon lif miktarı ve örme kumaşın yapısı, ilmek yoğunluğu ve ilmek ve atkı yatırımında kullanılan ipliklerin numarasının yapının EMSE değerleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir. A2 kodlu (SS/PP(2)ilmek ve PP/C/SS(2) atkı yatırımı) kompozit yapıların en yüksek EMSE değerlerini verdiği söylenmiştir. Kompozit yapıların genel olarak yüksek frekanslarda daha iyi EMSE gösterdiği bununla beraber, bakır tel ve karbon lif içeren kompozit yapıların düşük frekans değerlerinde, paslanmaz çelik tel içeren kompozit yapıların ise yüksek frekans değerlerinde daha iyi EMSE değerleri verdiği belirtilmiştir.



Şekil 2.21. Cheng ve ark. (2002) üretmiş olduğu iletken kompozit ipliğin yapısı

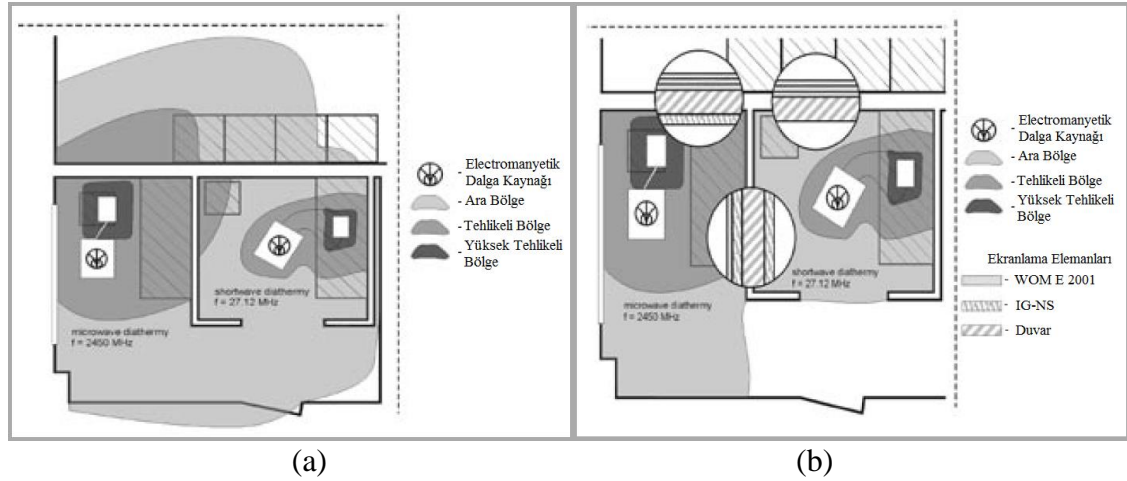
Chen ve ark. (2004 ve 2008), bakır (80 µm) ve paslanmaz çelik (80 µm) teller kullanılarak modifiye edilmiş E 3,5 incelikteki düz el örme makinesinde örme-dokuma kompozit kumaş yapıları üretmiş (Şekil 2.22) ve bunların farklı açılarda birkaç kat şeklinde birleştirildikten sonra ekranlama etkinliklerini ölçmüştür. Çalışmalarda tek kat malzeme için ekranlama etkinliğinin ortalama 10 dB olduğu, en iyi ekranlama etkinliğinin ise yapının  $0^0/30^0/0^0/30^0$  açılar oluşturacak şekilde 4 kat olarak birleştiği durumda 55,3 dB (Chen ve ark. 2004) ve  $0^0/30^0/0^0/30^0/0^0/30^0$  açılar oluşturacak şekilde 6 kat olarak birleştirildiği durumda 56,1 dB olduğu (Chen ve ark. 2008) belirtilmiştir.



**Şekil 2.22.** Chen ve ark. (2004, 2008) ürettikleri örme-dokuma kompozit kumaş

Aniolczyk ve ark. (2004), fizyoterapi odalarının iletken tekstil materyalleri kullanılarak elektromanyetik dalgalara karşı korunmasına yönelik olarak yaptıkları çalışmalarında, ticari adı Nitril-Static olan ve metal tuzları içeren PAN lifler (3,3dtex/60mm) kullanmışlardır. Çalışma kapsamında iki tip dokusuz yüzey üretilmiştir. Bunların biri %75 oranında iletken PAN %25 polyester kullanılmış olan dikerek birleştirilmiş dokusuz yüzey (Ağırlık: 108 g/m<sup>2</sup>, Kalınlık: 0,75 mm, İletkenlik Direnci: 1,5x10<sup>4</sup> Ω), diğeri de %100 iletken lifler ile iğneleme yöntemiyle oluşturulmuş dokusuz yüzeydir (Ağırlık: 285 g/m<sup>2</sup>, Kalınlık: 3,70 mm, İletkenlik Direnci: 2,8x10<sup>3</sup> Ω). EMSE ölçümleri MILD-STD-285'e ve IEEE Std 299 standardına uygun olarak 1 GHz'e kadar olan frekanslarda gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde iğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeyin dikerek birleştirilmiş dokusuz yüzey olanlara kıyasla daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Dikerek birleştirilmiş dokusuz yüzey tekniğiyle üretilen dokusuz yüzeyler kendi aralarında karşılaştırıldığında 3 kat olarak yapılan ölçümlerin, 2 kat olanlardan onunda tek olandan daha yüksek EMSE değeri

verdiği görülmüştür. Dikerek birleştirilmiş dokusuz yüzey tekniğiyle üretilen yüzeylerin fizyoterapi odasının duvarlarına birden fazla yöntemle kaplandıktan sonra yapılan ölçümler sonucunda (duvar içine/duvar dışına, tek kat/çift kat) yapı içindeki elektromanyetik dalga miktarında belirgin azalma olduğu belirtilmiştir. Yazarların EMSE test sonuçlarına uygun olarak hazırladıkları çizimler Şekil 2.23'te sunulmuştur.



#### 2.3.4. İletken materyallerle kaplanmış tekstil yapıları

İletken lifler içeren ya da iletken polimerle kaplanmış kumaşlar, polyanilin ve polyasetilen gibi, elektromanyetik alan maruziyetine karşı etkili bir korunma sağlamaktadır (Ghosh ve Dhawan2006).

Ebneth ve Fitzky'i patentlerinde (1981), katmanlar halindeki metalize tekstil yapılarını anlatmışlar ve 10MHz-1000GHz aralığındaki elektromanyetik dalgaların ekranlanmasında 30-40dB'lik geçirgenliğe ulaşmışlardır.

Kuhn ve ark. (1995), polipirrol kaplı polyester kumaşların EMI koruma özelliklerini incelemiştir.

Dhawan ve ark. (2002), polyester kumaşlar ile polianilin kaplı(iletken) polyester kumaşları karşılaştırmış ve elektrostatik şarj dağılımı açısından aralarında istatistiksel fark olduğunu belirtmiştir.

Kim ve ark.(2002), polipirol kaplı polyester kumaşlar geliştirmişler ve nispeten daha düşük dirence sahip yüzeydeki bu kumaşlar ile elektromanyetik alan etkisine karşı koruma sağlamışlardır.

Schwarz (2007), tekstil materyallerinin vücut parametrelerini hisseden ve algılayan aygıtlar olarak kullanılması üzerine birçok araştırma yapıldığını, bu nedenle de iletkenlik özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiğini, bunun da metal gibi elektro iletken materyallerin tekstil yüzeyleri üzerine yatırılmasıyla sağlanabildiğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada, ürün gibi vücut sıvılarına karşı korozyon direnci ve mükemmel biyolojik uyumluluğu nedeniyle altın seçilmiş ve sentetik lifler üzerine elektroliz işlemi yoluyla ince bir katman şeklinde yumuşak altın kaplanmıştır. Polyamid iplikler üzerine altın kaplama işlemi yapıldığı ifade edilmiş ve sonuçta oluşan ipliklerin yüzey morfolojilerini, mekanik özelliklerini ve elektriksel dirençlerini incelenmiştir. Testler sonucunda kaplama işleminin ipliklerin mukavemet özelliklerini değiştirmedeği ancak kaplı ipliklerin daha sert olması nedeniyle modüllerinin daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. Altın kaplı polyamid ipliklerin iletkenliğinin  $3,2 \times 10^{-7}$  olarak ölçüldüğü ve çok iyi değerler verdiği belirtilmiştir. Bu değerın çıplak altına ( $2,44 \times 10^{-8}$ ) çok yakın olduğu yorumu yapılmıştır.

Rehnby ve ark. (2008), dokuma kumaşlar üzerinde iletken yüzeyler elde etmek için mevcut olanakları incelemiştir. Polianilin, polityofen ve polipirol iletken polimerler polimerik kaplama yapıştırıcıları ile karıştırılmış ve bu karışım laboratuvar tipi kaplama ekipmanları ile 20cm x 30cm boyutlarındaki ve daha büyük ölçekli sürekli kaplama hattı ile 50cm x 50m boyutlarındaki 110gr/m<sup>2</sup> ağırlığa sahip polyester dokuma kumaş (bezayağı) yüzeyine uygulanmıştır. Kumaşların iletkenlik özellikleri eş merkezli bir prob ile Metrosol 2000 direnç ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.24). Ölçümler sonucunda daha az oranda iletken polimer karışımı ile kaplanan kumaşların dirençlerinin, daha fazla oranda iletken polimer ile kaplanan kumaşlara kıyasla daha

yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra daha fazla iletken polimer ile (%4,7 polyanilin ihtiva eden, %3,7 polipirol ihtiva eden ve %1 polityofen iletken karışımlar) ile kaplanan kumaşlardan polianilin içerenlerin  $10^4\Omega$ , polipirol içerenlerin  $10^{10}\Omega$  ve polityofen içerenlerin  $10^8\Omega$  yüzey direnci gösterdiği tespit edilmiştir.



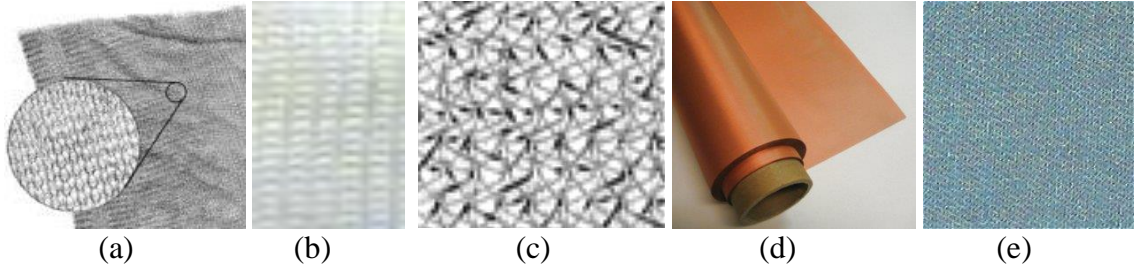
**Şekil 2.24.** Eş merkezli prob ve MetroSol 2000 direnç ölçüm cihazı (Rehnby ve ark. 2008)

## 2.4. İletken Kumaş ve Dokusuz Yüzeylerle İlgili Ticari Örnekler

Elektromanyetik ekranlama özelliğine sahip kumaş ve dokusuz yüzeyler yerli ve yabancı firmalar tarafından ticari olarak satışa sunulmaktadır.

Less EMF Inc. (www.lessemf.com, 2010) isimli Amerika firması, üretmiş olduğu atkılı örme, çözümlü örme ve dokuma kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip olduğunu belirtmektedir. Firmanın üretmiş olduğu:

- %100 oranında 80 µm çaplı 316L kalite paslanmaz çelik tel kullanılarak interlok örgü yapısında üretilen atkılı örme kumaşlar (Şekil 2.25.a) 800 MHz'de 26 dB, 1900 MHz.'de ise 15 dB EMSE sağlamaktadır.
- 40 µm çaplı bakır tel kullanılarak interlok örgü yapısında üretilen atkılı örme kumaşlar (Şekil 2.25.b) 1 MHz - 2,5 GHz frekans değerleri arasında 40 dB EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı 20 Denye trilobal PA iplik ile üretilen çözümlü örme kumaşlar (Şekil 2.25.c) 30 MHz - 3 GHz frekans değerleri arasında 50dB EMSE sağlamaktadır.
- Polyester ve pamuk liflerinin 1 µm çaplı süper ince çelik teller ile harmanlamasıyla üretilen iplikler ile dokunan 2/2 dimi kumaşlar (Şekil 2.25.d) 10 GHz frekans değerlerine kadar 40 dB EMSE sağlamaktadır.
- Bakır ile kaplanmış bezayağı dokuma kumaşlar (Şekil 2.25.e) 30 MHz - 3 GHz frekans değerleri arasında 80 dB EMSE sağlamaktadır.



**Şekil 2.25.** Less EMF Inc. (www.lessemf.com, 2010) firması tarafından üretilen atkılı örme, çözümlü örme ve dokuma kumaş yapıları



Metal Textiles Corp. (www.metexcorp.com, 2013) isimli Amerika firması, üretmiş olduğu üzeri bakır, nikel ve bakır ve nikel kaplı polyester tekstil yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip olduğunu belirtmektedir. Firmanın üretmiş olduğu:

- Dokuma kumaşlar 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında 68 - 88 dB EMSE sağlamaktadır.
- Örme kumaşlar 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında 48 - 55 dB EMSE sağlamaktadır.
- Dokusuz yüzeyler 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında 60 - 85 dB EMSE sağlamaktadır.

Öztek Tekstil firması (www.itkib.org.tr, 2006); % 99,9 saf gümüş kaplı Textherm kumaşı ile cep telefonlarının yaydığı zararlı radyasyon dalgalarını engelleyen kumaşı (Şekil 2.26) tamamen yerli teknoloji kullanarak ürettiğini belirtmektedir.

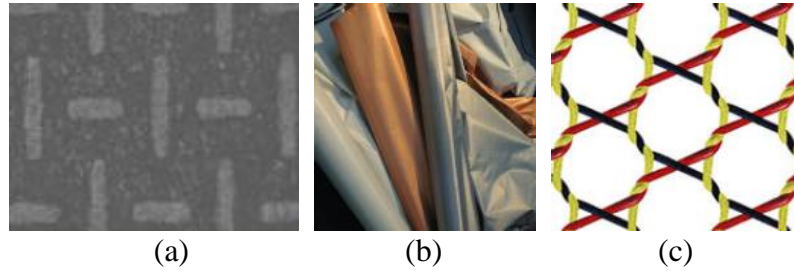


**Şekil 2.26.** Öztek Tekstil firmasının üretmiş olduğu Textherm kumaş

Shieldex Trading GmbH (www.shieldextrading.net, 2009) isimli Almanya firması, üretmiş olduğu dokusuz yüzey, örme ve dokuma tekstil yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip olduğunu belirtmektedir. Firmanın üretmiş olduğu:

- 15 g/m<sup>2</sup>, 38 g/m<sup>2</sup> ve 54 g/m<sup>2</sup> ağırlıklardaki, gümüş kaplı PA dokusuz yüzeyler 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında ortalama 40 dB, 45 dB ve 60 dB EMSE sağlamaktadır.
- 100 g/m<sup>2</sup> ağırlıktaki bakır ve gümüş kaplı PA dokusuz yüzeyler 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında ortalama 80 dB EMSE sağlamaktadır.

- 90 g/m<sup>2</sup> ağırlıklardaki kalay, bakır ve gümüş kaplı PA dokusuz yüzeyler 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında ortalama 90 dB EMSE sağlamaktadır.
- 95 g/m<sup>2</sup> ağırlıklardaki nikel, bakır ve gümüş kaplı PA dokusuz yüzeyler 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında ortalama 90 dB EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı PA dokuma kumaşlar 30 MHz - 10 GHz frekans değerleri arasında ortalama 60 dB EMSE sağlamaktadır.
- 27 g/m<sup>2</sup>, 30 g/m<sup>2</sup> ve 35 g/m<sup>2</sup> ağırlıklardaki, gümüş kaplı PA örme kumaşlar 30 MHz - 1 GHz frekans değerleri arasında ortalama 30 dB, 60 dB ve 60 dB EMSE sağlamaktadır.

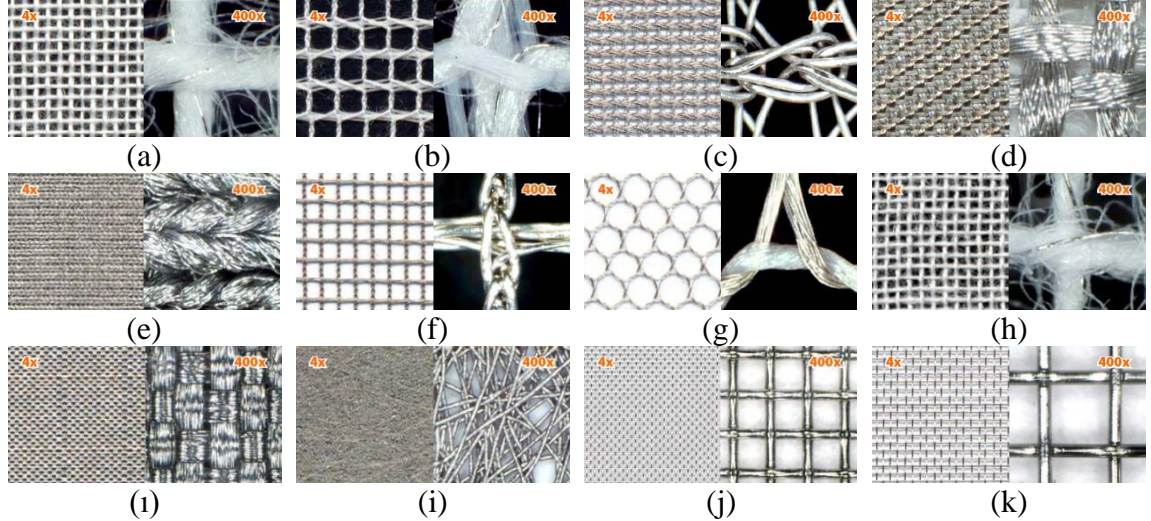


**Şekil 2.27.** Shieldex Trading GmbH ([www.shieldextrading.net](http://www.shieldextrading.net), 2009) firması tarafından üretilen a) dokusuz yüzey, b) örme ve c) dokuma tekstil yapıları

Yshield GmbH & Co. Kg ([www.yshield.com](http://www.yshield.com), 2013) isimli Almanya firması, üretmiş olduğu atkılı örme, çözümlü örme ve dokuma kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip olduğunu belirtmektedir. Firmanın üretmiş olduğu:

- % 82 pamuk, % 17 bakır, % 1 gümüş içeren dokuma kumaşlar (Şekil 2.28.a) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 25 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- % 78 polyester, % 21 bakır, % 1 gümüş içeren çözümlü örme kumaşlar (Şekil 2.28.b) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 10 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı PA iplikler ile üretilen çözümlü örme kumaşlar (Şekil 2.28.c) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 40 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.

- Ön yüzü pamuk ipliği arka yüzü gümüş iplik ile dokunan çift yüzü kumaşlar (Şekil 2.28.d) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 50 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı elastan iplikler ile üretilen örme kumaşlar (Şekil 2.28.e) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 45 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı PA iplikler ile üretilen çözümlü örme kumaşlar (Şekil 2.28.f) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 30 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Gümüş kaplı PA iplikler ile üretilen çözümlü örme kumaşlar (Şekil 2.28.g) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 20 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- % 70 pamuk, % 20 polyester, % 10 paslanmaz çelik içeren dokuma kumaşlar (Şekil 2.28.h) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 15 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Bakır, nikel ve koruyucu ile kaplanmış polyester dokuma kumaşlar (Şekil 2.28.i) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 100 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Bakır, nikel ve koruyucu ile kaplanmış polyamid dokusuz yüzeyler (Şekil 2.28.i) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 70 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- Bakır, nikel ve koruyucu ile kaplanmış polyester dokuma kumaşlar (Şekil 2.28.j) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 50 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.
- 80 µm çaplı paslanmaz çelik teller ile dokunan yapılar (Şekil 2.28.k) 30 MHz - 4 GHz frekans değerleri arasında 40 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır.



**Şekil 2.28.** Yshield GmbH & Co. Kg ([www.yshield.com](http://www.yshield.com), 2013) firması tarafından üretilen atkılı örme, çözgülü örme ve dokuma kumaş yapıları

Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kumaşların yanı sıra, bu kumaşlar kullanılarak üretilen; tişört (Şekil 2.29.a) (<http://oursure.com/>, 2013), bluz (Şekil 2.29.b), sivetşört (Şekil 2.29.c), bere (Şekil 2.29.d), hamile elbisesi (Şekil 2.29.e) (<http://www.lessemf.com/>, 2013), hamile korsesi (Şekil 2.29.f), iç çamaşır (Şekil 2.29.g), cep telefonu kılıfı (Şekil 2.29.h), bebek karyolası cibinliği (Şekil 2.29.i) (<http://www.sweetcolors.com.tr/>, 2013), cibinlik (Şekil 2.29.i) (<http://www.swiss-shield.ch/>, 2013), bebek şapkası (Şekil 2.29.f) (<http://bonusteknik.com/>, 2013) gibi ürünler de ticari olarak satışa sunulmaktadır. İnternet üzerinden satışa sunulan ürünlerin birçoğunun elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerinin belirtilmediği görülmektedir.



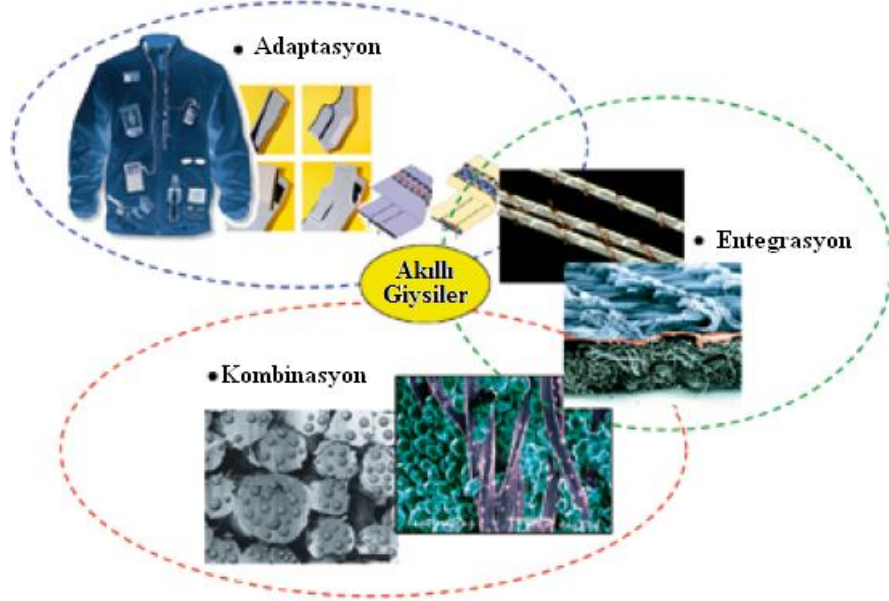
**Şekil 2.29.** Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan bazı ürünler

## 2.5. Elektronik Tekstiller ve Giyilebilir Elektronikler

Elektronik tekstiller ya da elektrotekstil, elektronik yeteneklerle bütünleştirilmiş tekstil ürünleri olarak tanımlanabilirler. Buradaki bütünleşmenin seviyesi, basit yapılı tekstil ürünlerinin oluşturulması için pasif elektronik cihazların kullanılmasından başlayıp, daha yüksek seviyedeki elektronik yeteneklere sahip cihazların bütünleştirilmesine kadar olabilmektedir. Günümüzde her yerde bulunan tekstil ürünleri geniş kullanım alanları ve düşük ağırlık vb. gibi diğer istenen özellikleri sayesinde sensör ya da elektronik cihazların ekonomik bir şekilde yerleştirilmesi için uygun platform yaratmaktadır. Son zamanlarda yapılan araştırmalar ve diğer tüm göstergelere göre, bu çok aktif bir alandır ve artarak devam edecektir (Ghosh ve Dhawan 2006).

Günümüzde akıllı tekstillerin içerisinde ayrı bir grup olarak sınıflandırılan “Elektronik Tekstillerin” ve “Giyilebilir Elektroniklerin” görsellik sağlayan, veri iletimi yapabilen, ölçümler yaparak bunları yorumlayan, hatta kullanıcıyı uyaran örnekleri ticari olarak üretilmeye başlamıştır. Elektronik tekstillerle ilgili akademik çalışmalar, prototip ya da ticari ürünler için değişmeyen ve en önde gelen parametre iletken materyallerin kullanımınıdır.

Elektronik tekstillerin üretilmesinde temel alınan üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar, elektronik malzemelerin tekstil materyallerine adapte edilmesi, entegre edilmesi ve kombine edilmesi şeklinde sınıflandırılabilir. Elektronik ekipmanların adapte edilmesi yöntemiyle üretilen elektronik tekstil ürünlerinin birçok işlevi aynı anda gerçekleştirebildiği görülmektedir. Ancak yapı içerisindeki kablo karmaşası ve ince giysilerde kullanılamaması bu tip ürünlerin dezavantajı olarak nitelendirilebilir. Elektronik ekipmanların ve iletken malzemelerin kumaş yapısı içerisine entegre edilmesi ile elde edilen ürünlerde ise bu dezavantaj büyük oranda aşılmakta ve kullanıcıya daha rahat bir kullanım imkanı sağlanmaktadır. Kombinasyon yöntemiyle elde edilecek ürünler ise bu sınıflandırmada en üst sıralamada bulunmakta ve polimer kimyası üzerine yapılacak çalışmalara dayanmaktadır.



**Şekil 2.30.** Elektronik tekstilleri sınıflandırılması (www.kaizenken.jp, 2004)

Giyilebilir elektronikler akıllı(smart) tekstillerin bir alt kolu olmakla beraber, içerdikleri sensörler, tahrik elemanları ve kontrol birimlerine göre pasif akıllı, aktif akıllı ve çok akıllı olabilmektedir. Giyilebilir elektroniklerin; görsellik kazandıran (pasif akıllı), sensörlerle veri toplayarak bilgisayara aktaran (aktif akıllı) ve sensörlerle veri toplayarak analiz eden ve kişiyi uyaran (çok akıllı) örnekleri, yaygın olmamakla beraber ticari olarak üretilmeye başlamıştır.

Günümüz elektrotekstil ürünlerinin durumu hem üretim ve hem de geliştirilmesi açısından elektroniklerin ve tekstil malzemelerinin birbirine entegrasyonu şeklinde olmaktadır. Elektroniklerin tekstil ürünlerine yahut kumaşlara entegrasyonun daha yaygın olduğu görülmektedir. Bu tanımlama içerisinde karşımıza birçok örnek çıkmaktadır. Bunlar veri yolları ve elektronik aletlerin eklenerek taşınması şeklinde basit örnekler olabilmektedir. Bu örneklerde lif/polimer entegrasyonu kısmen daha azdır. Bu konseptlerin birçoğu üzerindeki araştırmalar hâlihazırda devam etmektedir. Biyomedikal algılama içeren, giyilebilir bilgisayarlar ve geniş alan sensör uygulamaları gibi birçok alanda elektronik tekstiller geliştirilmektedir. Bu alanda devam eden araştırmalar ve gelişim faaliyetleri gerçek bir multidisipliner çalışmadır. Devam eden temel araştırmaların, malzeme/polimer bilimleri ve farklı mühendislik disiplinlerinin sonuçlandıracağı: göze batmayan elektronik cihazlar, sensörler, piller ve güneş pillerinin lif/polimer seviyesindeki tekstil yapıları ile tam entegrasyonu ile sağlanacağı



öngörülmektedir. Bu teknolojinin elinde tuttuğu olanaklar neredeyse sınırsız görünmektedir (Ghosh ve Dhawan 2006).

Elektronik tekstil uygulamalarına yönelik olarak incelenen çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Şu ana dek üretilen giyilebilen bilgisayarların çoğunlukla oldukça hacimli parçalardan oluştuğu görülmektedir. Tekstil malzemeleri ise bu sistemler içerisinde kablo, minyatür elektronik gereçler vb. için bir taşıyıcı platform görevi yapmaktadır (Kayacan 2008). ICP solar technologies ve Scottevest firmaları tarafından üretilen ve 2004 yılında tanıtılan güneş enerjili ceket, dijital cihazlarla bağlantılı yapılması durumunda cihazların şarj edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Güneş enerjili ceket, arkasında bulunan güneş enerjisi paneli ile güneş ışınlarını enerjiye çevirmekte ve elde edilen bu enerjiyi ceketin arkasındaki bataryalara depolanmaktadır. Depolanan enerji, ceketle bağlantılı olan mp3 çalar, cep telefonu gibi aletlerin şarj edilmesi için kullanılmaktadır.



**Şekil 2.31.** a)Giyilebilen bilgisayar örneği(Rantanen 2001), Scottevest b)mont, c)ceket (www.scottevest.com), d)iSolarX teknolojisiyle elektronik cihazları şarj eden çanta

Esnek ısıtma pedleri, elektrikli battaniyeler ve ceketler gibi birçok termal uygulamada iletken lifler kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik mikrolifler ve ipliklerin dokunmasıyla meydana getirilen kumaşların kullanıldığı battaniye ve ceketler Polartech (www.polartecheat.net, 2011) tarafından geliştirilmiştir. İletken yapıların direnç etkisiyle ısınması prensibine dayanan bu yapılarda, kumaş yapısı içerisinde düzenli bir şekilde yayılmış olan iletken lifler ısı kaynağı gibi davranmaktadır. Ayrıca, Northface (www.ubergizmo.com, 2006) tarafından da elektrik kabloları içeren ısıtıcı ceket geliştirilmiştir.



**Şekil 2.32.** a) Northface firmasının üretmiş olduğu üç kademeli ısıtıcı ceket (www.ubergizmo.com, 2006), b) Polartech firmasının ürettiği ısıtıcı ceketin şematik görüntüsü (www.polartecheat.net, 2011)

Sensör ve ledlerin (FLED) kombinasyonu ile vücut hareketlerinin (EKG, kalp ritmi, solunum hızı, vücut ısısı, oksimetri-kandaki oksijen oranı) izlenmesi ve vital sinyal alınması ya da kritik sınıra gelme durumunda kırmızı sinyaller ve ses ile kullanıcıyı ayrıca kablosuz iletişim ile de kişi ya da kurumları uyarın ve kol üzerine yerleştirilmiş tuşlar ile kolay kullanım özelliği sağlanmış elektronik montlar (Şekil 2.33) geliştirilmiştir (Gonzalez 2009).

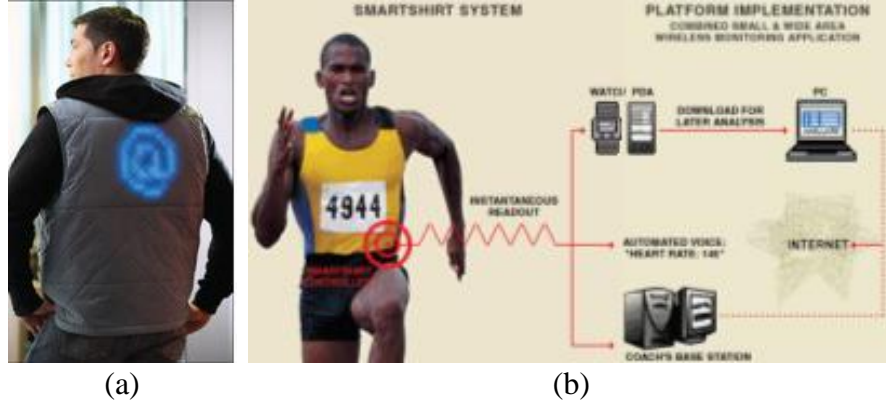


**Şekil 2.33.** Elektronik mont (Gonzalez 2009)

İletken ipliklerden elektroniklere kadar olan uygulamalardaki en önemli gelişmelerden biri iletken ipliklerin kumaşlara örme ve dokuma teknikleri ile network yapılar halinde dâhil edilmesidir. Elektriksel veya optik iletken liflerin düzenlenmesi ve belirli bir şekilde dokunması sayesinde, kumaşın farklı bölgelerine konumlandırılmış farklı cihazlar arasındaki iletişimin elektriksel ve optik sinyallerin iletimi ya da uzaktan kablosuz iletişim sağlanabilir hale gelmiştir (Ghosh ve Dhawan 2006). Philips

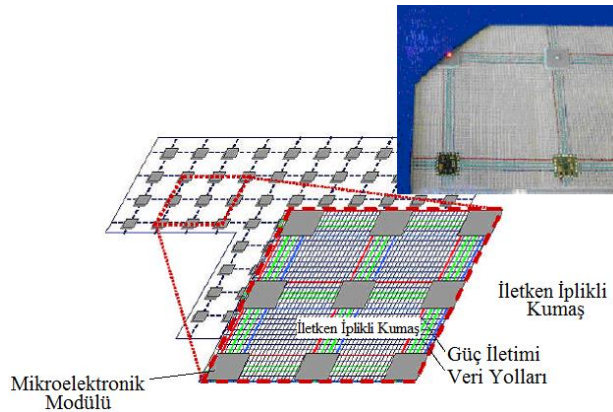


firmasının geliştirdiği Lumalive teknolojisi ile renkli ışık yayan tekstil ürünü (Zhou 2008) ve profesyonel sporculara yönelik olarak hazırlanan ve kullanıcının konum ve yer değiştirmesinin kablosuz iletişim ile izlenmesine olanak sağlayan elektronik giysi (Gonzalez 2009) Şekil 2.34’te gösterilmiştir.



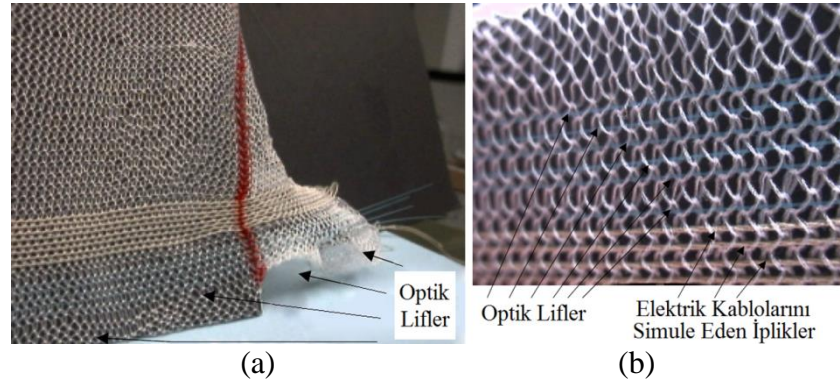
**Şekil 2.34.** a) Lumalive teknolojisi ile renkli ışık yayan tekstil ürünü (Zhou 2008), b) kullanıcının konum ve yer değiştirmesinin kablosuz iletişim ile izlenmesine olanak sağlayan elektronik giysi (Gonzalez 2009)

Kumaş yapısı içerisine yatırılan iletken/optik lifler, ve dijital aygıtlar ile yahut örme ve dokuma kumaş örgüsü içerisinde bırakılan boşluklara yerleştirilen data kabloları ve işlemcileri ile tekstil ürünlerine farklı amaçlara hizmet edecek şekilde fonksiyonellikler kazandırılmaktadır. Bunlar kimi zaman sağlık fonksiyonlarını inceleyip analiz etmek, kimi zaman kullanıcıya bilgi vermek ya da eğlence ve iletişim araçlarını daha kolay kullanabilmek amacıyla olabilmektedir. Deguillement (2003), dokuma kumaş yapısı içerisinde kullandığı iletken iplikler ile işlemciler arasındaki veri ve güç iletimini sağlamıştır (Şekil 2.35).



**Şekil 2.35.** İşlemciler arasında bağlantıyı sağlayan iletken ipliklerin dokuma kumaş yapısı içerisindeki yerleşimi (Deguillement 2003)

Photonics firması (www.photonicslabs.com, 2008), askeri savaş sistemleri teknolojilerindeki ilerlemeler doğrultusunda yapmış olduğu bir proje kapsamında; askerler tarafından kullanılacak giysi, dokuma ya da diğer tekstil esaslı malzemelerin içine elektrik ve optik iletken ağlar, minyatür sensörler ve elektronik cihazların entegrasyonu için yöntem ve üretim süreçleri geliştirmektedir. Mevcut bağlantı kabloları çoklu bakır tellerden oluşan oldukça ağır kablolar olup silah ve bilgisayarla olan bağlantıları askeri giysinin üzerinden açıktan yapılmaktadır. Askeri giysi veya seçilen ekipman içerisine entegre edilen düşük ağırlıklı teller ve fiberoptik bağlantılar, maliyet tasarrufu sağlamanın yanı sıra oldukça büyük bir oranda sağlayacakları ağırlık tasarrufu ile asker için büyük bir avantaj sağlayacaktır. Geliştirmiş oldukları sistem, sahadaki asker için gerekli bilgi ve farkındalık sağlayacak şekilde çeşitli elektronik iletişim ve görüntüleme cihazları ile donatılmıştır. Geliştirilen teknolojiler, optoelektronik tekstiller için temel oluşturacak ve gelecekte birçok sanayi, biyomedikal, havacılık ve askeri uygulama için kullanılabilir olacaktır. Altı adet optik lifin düz bir çizgi doğrultusunda entegre edildiği örme tekstil yapısı Şekil 2.36.a’da ve altı adet optik lif ve elektrik kablolarını simüle eden dört adet ince iplikten oluşan örme tekstil yapısı Şekil 2.36.b’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.36.** Photonics firması tarafından üretilen optik lifler içeren örme tekstil yapıları (www.photonicslabs.com, 2008)

Çok akıllılar sınıfına dahil edebileceğimiz en güzel örnek, 2004 yılının Eylül ayında İtalya'nın Milano kentinde bulunan San Raffaele Hastanesinde uygulanmaya başlayan “Wealthy” elektronik giysi sistemidir (Şekil 2.37). Giysi sayesinde, kişinin sağlık bilgilerinin (kişinin fiziksel aktivite hızını, vücut sıcaklığını, terleme durumunu, kalp

ritmini) GPRS sistemi ile hastaneye göndermesi sağlanmış ve hastaların sağlık kontrolü hastane dışından da online olarak izlenebilir hale gelmiştir (Paradiso 2006).



**Şekil 2.37.** Wealthy elektronik giysi sistemi ile hastaların sağlık kontrolünün hastane dışından da online olarak izlenebilmesi (Paradiso 2006)

Li ve ark. (2009), 1,58  $\Omega$ /cm dirence sahip Nm40/2 numara gümüş kaplı iletken iplikler kullanarak akıllı giysi üretimi üzerine yaptıkları çalışmada; E14 incelikli düz örme makinesinde intersia örme tekniğini kullanmışlar ve vücut üzerindeki akupunktur noktalarına elektrik akımı gönderen bir giysi tasarlamışlardır (Şekil 2.38).



**Şekil 2.38.** İletken ipliklerin intersia örme tekniği ile kumaş yapısı içerisine dâhil edilmesi (Li ve ark. 2009)

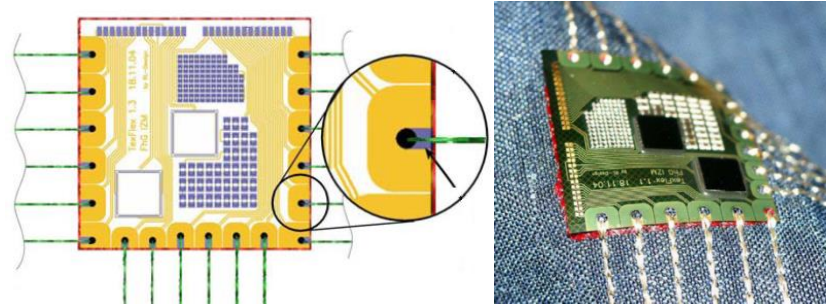
De Rossi ve ark. (1999), Pisa Üniversitesinde tekstil yüzeyleri ile yaptıkları gerilme hissedici çalışmalar ile öncü çalışmalar ortaya koymuştur.

Post ve ark.(2000), iletken tekstillerde desenlendirme aracı olarak elektronik nakış sistemlerinin dolayısıyla sayısal kontrollü dikiş sistemlerinin kullanılmasını ve elektronik tekstillerin üretimini açıklamıştır. Çalışmada; kumaş klavye, basınç sensörleri vb. tekstil tabanlı devre uygulamalarının üretimi açıklanmıştır (Şekil 2.39).



Şekil 2.39. Nakış işlemi ile e-tekstillerin üretimi (Post ve ark. 2000)

Linz ve ark. (2005), esnek elektronik modüllerin tekstil yüzeyleri üzerine nakış işlemi ile entegre edilmesi üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır (Şekil 2.40). 25x25 cm boyutlarındaki elektronik modül, çift kat 117/17dtex gümüş kaplı polyamid iplik kullanılarak denim kumaş üzerine entegre edilmiştir. Üretim işlemi yarı otomatik nakış makinesi kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2.40. Esnek elektronik modüllerin nakış işlemi ile tekstil yüzeyleri üzerine entegre edilmesi (Linz ve ark. 2005)

Elektriksel devrelerin tekstil yapılarının içerisine katılması elektronik tekstillerin başlıca yapı taşlarından biridir. Baskı tekniği ile kumaşa eklenen esnek elektrik devreleriyle ilgili bazı yayınlar bulunmaktadır. DeAngelis ve ark. (1995), Pittman ve Kuhn (1991), Gregory ve ark. (1990) ve Kuhn ve Kimbrell'in (1987) patentlerinde, belirli bir tercihe göre dizayn edilmiş iletken polimer filmlerin dokuma ve örme kumaş yapılarıyla bütünleştirilmesi ve iletken tekstillerin hazırlanması anlatılmaktadır (Ghosh ve Dhawan 2006).

Lebby ve ark. (1998) tarafından hazırlanmış olan bir patentte; elektronik ünite ve iletken liflerden dokunmuş kol bandından oluşan ayrıca güç kaynağı entegre edilmiş olan,



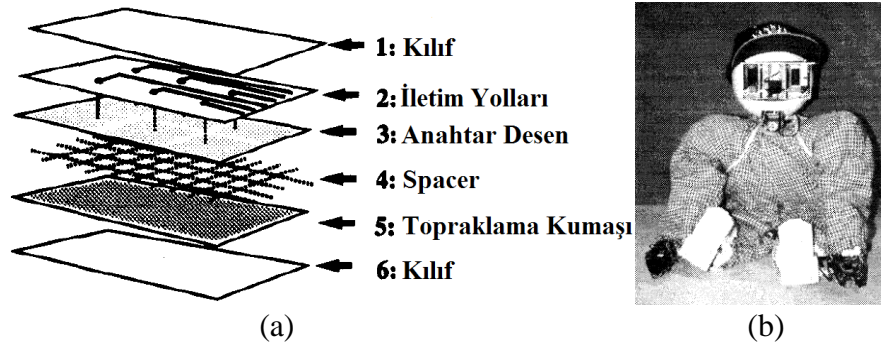
iletişim özelliğine sahip bir kol saati tanıtılmıştır. Buradaki kol bandında, iletken ve iletken olmayan lifler birbirine dik açı oluşturacak şekilde ızgara biçiminde dokunmuştur. İletken lif/iplikler; elektronik birimler, güç kaynağı ve kol bandına eklenmiş olan diğer tüm ekipmanlar arasında bağlantı kuracak şekilde kablolanmıştır. Ayrıca iletken dokuma kumaş anten gibi davranabilmekte ve sinyal iletimine ve alınmasında kullanılabilir.

Dhawan ve ark. (2004) dokunmuş elektrik devrelerinin üretimi ile ilgili bir yazılarında, dokuma devrelerde bulunan sinyal yolu üzerindeki ara bağlantı ve kesişim noktalarının bağlantı kesintilerine etkisi üzerine çeşitli potansiyel yöntemleri araştırmışlardır. Çalışmalarında, ara bağlantıların etkili bir direnç kaynağı olduğunu bulmuşlardır. Burada, alt-üst ve paralel temas için iki farklı direnç kaynağını incelemişlerdir. İlginç bir şekilde, sinyal iletimi sırasındaki bağlantı kesintilerindeki önemli etkinin paralel temastan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Kumaş yapılı devrelerin tasarımında önemli olan diğer bir sorunda sinyal bütünlüğü (hat karışması paraziti) sorundur. Dhawan ve ark., iletken teller arasındaki mesafe azaldıkça hat karışması paraziti sorunun arttığını göstermiştir. Devrelerin oluşturulmasında, çift kat bükülmüş ve eşeksenli ipliklerin kullanılması durumunda, hat karışması paraziti sorunun önemli miktarda azaldığını belirtmişlerdir.

Güç kaynağı, elektronik tekstil ürünlerinin temel unsurlarından biridir. Bu alanda yayımlanmış birçok yayın bulunmaktadır (Ghosh ve Dhawan2006). Reppelinger ve Coates'un (1994) dokusuz yüzey kumaştan pil elektrodu patentleri vardır. Burada, iletken lifler kullanılarak gözenekli yapıda oluşturulan ve hidrojen depolama hücreleri için negatif elektrot olarak kullanılan bir keçe(mat) yüzey bulunmaktadır. Ikkanzaka ve ark. (1994), patentlerinde yine dokusuz yüzey kumaştan akümülatör ayırıcı kumaşları tanıtmıştır. Innis ve ark. (2002), tamamıyla tekstil tabanlı olan piller ile ilgili olarak bir yazı yayınlamıştır.

Elektrotekstil üzerine yapılan araştırmalar arasında en aktif olanı algılayıcıların kullanıldığı alandır. İnsanların göze batmayan fizyolojik belirtilerinin algılanması için, tehdit içeren dış çevre parametrelerinin algılanması çok önemlidir (Ghosh ve Dhawan

2006). Dokuma kumaş network'leri ile entegre edilmiş algılayıcı elamanlar ile ilgili yayınlar bulunmaktadır. Inaba ve ark. (1996), iletken kumaş ve dokunsal sensör sistemleriyle oluşturdukları çok katlı algılayıcı kumaşı, robotun tüm vücudunu saracak şekilde giysi haline dönüştürmüşlerdir (Şekil 2.41). Bu kumaş yapısı, herhangi bir obje ya da insanın robota dokunması durumunda robotun bunu hissetmesine yardımcı olmaktadır. Dokunsal sensörler ile tam olarak entegrasyonu sağlanmış olan bu giyside, tüm sensörler vücuda dağıtılmıştır ve hissettikleri sinyalleri işlemciye göndermektedir.



**Şekil 2.41.** a) İletken kumaş ve dokunsal sensör sistemleriyle oluşturulan çok katlı algılayıcı kumaş ve b) sensör giysi giydirilmiş insansı robot (Inaba ve ark. 1996)

Elektronik tekstiller üzerine yapılan mevcut araştırmalar temel alındığında, esnek elektronik ürünlerin üretilmesi amacıyla, elektronik cihazların, sensörler vb. iletken elemanların elektronik tekstillere yakın zamanda entegre olacağını kabul etmek gerekir. Uzun vadede bakıldığında; elyaf, iplik ve kumaş yapılarına güç kaynağı içeren ve farklı düzeyde data işleme yeteneğine sahip olan aynı zamanda dışarıdan da fark edilemeyen cihazlar, inşa edilecektir. Bununla beraber; hata toleransı, paketleme ya da artık ürünlerin nasıl değerlendirileceği gibi bir sorunun ele alınması gerekmektedir. Bunlara ilave olarak, halen kullanılmakta olan orta düzeyde iletken olan bakır ve çelik tellerle yer değiştirebilecek özellikteki tamamen polimer ya da polimer-metal iletken tekstil iplikleri geliştirilmelidir. Yeni nesil elektrotekstil ürünleri sadece bireysel kullanıma hitap eden giyilebilir ürünler olmamalı, bunun yanında sensör dizileri sayesinde sivil ve askeri uygulamalar içinde uygun olmalıdır. Ayrıca yeni nesil ürünlerde, şekil değiştirebilecek elastiklikte, yüzey ve yapı modifikasyonları gibi birçok uygulamada tekstil ürünleri ile uyumlu elektroaktif materyaller tekstil yapılarıyla birleştirilmiş olacaktır. Gelecek elektronik tekstillerinin; hem algılama hem de harekete geçirme elamanlarından oluşan yapılar olacağı öngörülmektedir (Ghosh ve Dhawan2006).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

“Elektromanyetik Ekranlama Özellikli Örme Kumaş Geliştirilmesi” çalışmaları kapsamında, iletken kompozit iplikler, elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kumaşlar, cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan giysiler ve örme kumaş üretim teknikleri ile elektronik tekstil yapılarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

İletken örme kumaş yapılarının üretilmesi amacıyla temin edilen iletken metal teller, iletken metal iplikler ve iletken iplikler aşağıda liste halinde sunulmuştur.

- 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel (0,042 mm)
- 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel (0,058 mm)
- 50 µm çaplı bakır tel (0,052 mm, 7,970 mΩ/m)
- 70 µm çaplı bakır tel (0,069 mm, 4,463 mΩ/m)
- 100 µm çaplı bakır tel (0,101 mm, 2,124 mΩ/m)
- 100 µm çaplı nikel kaplı bakır tel (0,101 mm, 2,197 mΩ/m)
- 100 µm çaplı kalay kaplı bakır tel (0,100 mm, 2,213 mΩ/m)
- Nm 15/1 paslanmaz çelik iplik (0,080 mm)
- 20/3 Denye gümüş kaplı polyamid iplik (her bir filament 0,028mm)

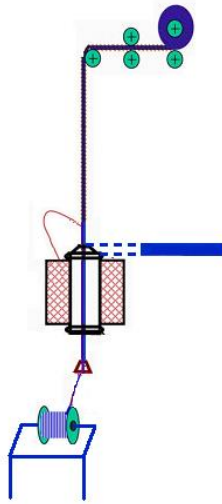
##### 3.1.1. İletken kompozit ipliklerin üretimi

Kumaş üretimi esnasında iletken tellerin tek başına kullanılmasının hem örme makinesinin çalışma performansı hem de son kullanıcı açısından uygun olmaması nedeniyle tekstilde sıkça kullanılan bir iplik ile büküldükten sonra kumaş üretimine geçilmesinin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu iplikler literatürde iletken kompozit iplik ya da iletken hibrid iplik olarak adlandırılmaktadır. Tez çalışması kapsamında iletken kompozit iplik terimi kullanılmıştır.

Kompozit iplik üretiminde kullanılmak üzere, 35 µm çaplı iletken çelik tel, 50 µm çaplı iletken çelik tel, 50 µm çaplı bakır tel, 70 µm çaplı bakır tel, 100 µm çaplı bakır tel, 100 µm çaplı nikel kaplı bakır tel ve 100 µm çaplı kalay kaplı bakır tel temin edilmiştir.

Kompozit ipliklerin üretiminde, iletken metal tellerle birlikte Ne 30/1, Ne 40/1, Ne 60/2 ve Ne 80/2 numaralardaki ham pamuk iplikleri kullanılmıştır. Öncelikle, Ne 60/1 ve Ne 80/1 iplikler çift kat olacak şekilde birbiri üzerine bükülerek, Ne 60/2 ve Ne 80/2 iplikler üretilmiş ve tek kat-çift kat ipliklerin etkisinin incelenebilmesi için hazırlık yapılmıştır.

Metal tel – pamuk ipliği büküm işleminin gerçekleştirildiği numune büküm makinesi oyuk iş tekniğine göre çalışmaktadır. Metal tel masurası Şekil 3.1’de en altta görülmektedir. Metal tel masurası serbestçe dönebileceği bir askı üzerinden sağılmakta ve pamuk iplik bobininin içinden geçerek şekilde en üste görülen bobine sarılmaktadır. Pamuk iplik bobini bu geçiş esnasında döndüğünden pamuk ipliği metal tel üzerine bükülmekte ve metal tel-pamuk kompozit iplik oluşmaktadır.



**Şekil 3.1.** Metal tel ve pamuk ipliklerin oyuk iş yöntemiyle bükülmesi

Üretilen kompozit ipliklerin yapısı ve mukavemet değerleri Çizelge 3.1.’de açıklanmış ve fotoğrafları Ek 1’de sunulmuştur.



**Çizelge 3.1. Metal tel - iplik büküm işlemi ile üretilen iletken kompozit iplikler**

İplik Kompozisyonu			Kompozit İplik	Kopma Kuvveti		Kopma Uzunluğu	
Metal Tel	Pamuk İpliği	Numarası (Ne, Nm)	F (cN)	%CV	%	%CV	
35 µm SS	+	Ne 30/1 Co	Ne 20,64 = Nm 34,95 = 286,12 Dtex	453,667	3,794	7,900	2,743
35 µm SS	+	Ne 40/1 Co	Ne 24,69 = Nm 41,81 = 239,18 Dtex	351,667	4,770	8,757	4,433
35 µm SS	+	Ne 60/2 Co	Ne 21,17 = Nm 35,85 = 278,95 Dtex	348,667	7,448	5,779	6,596
35 µm SS	+	Ne 80/2 Co	Ne 25,21 = Nm 42,69 = 234,25 Dtex	339,333	4,718	5,461	6,639
50 µm SS	+	Ne 30/1 Co	Ne 15,83 = Nm 26,81 = 337,05 Dtex	555,000	2,424	10,106	5,246
50 µm SS	+	Ne 40/1 Co	Ne 18,79 = Nm 31,82 = 314,29 Dtex	408,333	2,698	9,822	1,006
50 µm SS	+	Ne 60/2 Co	Ne 17,28 = Nm 29,26 = 341,75 Dtex	407,250	4,937	5,646	9,288
50 µm SS	+	Ne 80/2 Co	Ne 19,98 = Nm 33,83 = 295,57 Dtex	405,000	3,974	6,161	6,932
50 µm Cu	+	Ne 30/1 Co	Ne 14,73 = Nm 24,94 = 400,91 Dtex	371,667	6,054	7,518	3,832
50 µm Cu	+	Ne 40/1 Co	Ne 16,64 = Nm 28,18 = 354,89 Dtex	293,667	6,948	7,201	3,659
50 µm Cu	+	Ne 60/2 Co	Ne 15,30 = Nm 25,91 = 385,98 Dtex	338,000	6,662	5,587	6,508
50 µm Cu	+	Ne 80/2 Co	Ne 17,57 = Nm 29,75 = 336,11 Dtex	331,667	6,553	5,334	6,847
70 µm Cu	+	Ne 30/1 Co	Ne 10,83 = Nm 18,34 = 545,28 Dtex	435,333	6,088	7,537	5,248
70 µm Cu	+	Ne 40/1 Co	Ne 11,82 = Nm 20,02 = 499,61 Dtex	378,000	8,029	8,315	7,799
70 µm Cu	+	Ne 60/2 Co	Ne 11,10 = Nm 18,80 = 532,02 Dtex	367,333	8,653	5,480	5,301
70 µm Cu	+	Ne 80/2 Co	Ne 12,27 = Nm 20,78 = 481,29 Dtex	380,333	1,711	5,463	2,525
100 µm Cu	+	Ne 30/1 Co	Ne 6,36 = Nm 10,77 = 928,52 Dtex	533,333	4,689	6,570	5,219
100 µm Cu	+	Ne 40/1 Co	Ne 6,84 = Nm 11,58 = 863,37 Dtex	465,000	2,695	8,124	3,803
100 µm Cu/Ni	+	Ne 30/1 Co	Ne 6,36 = Nm 10,77 = 928,52 Dtex	419,333	2,341	6,988	11,822
100 µm Cu/Ni	+	Ne 40/1 Co	Ne 6,89 = Nm 11,67 = 857,10 Dtex	313,000	3,320	5,265	7,519
100 µm Cu/Sn	+	Ne 30/1 Co	Ne 6,36 = Nm 10,77 = 928,52 Dtex	564,333	5,899	10,456	1,842
100 µm Cu/Sn	+	Ne 40/1 Co	Ne 6,78 = Nm 11,48 = 871,01 Dtex	462,000	8,061	10,171	7,139
	+	Ne 30/1 Co	Ne 30,28 = Nm 51,28 = 195,00 Dtex	297,000	9,636	4,051	18,213
	+	Ne 40/1 Co	Ne 40,45 = Nm 68,49 = 146,00 Dtex	207,667	7,403	4,078	10,151
	+	Ne 60/2 Co	Ne 30,76 = Nm 52,08 = 192,00 Dtex	237,333	10,115	3,721	5,637
	+	Ne 80/2 Co	Ne 39,90 = Nm 67,57 = 148,00 Dtex	243,333	5,580	3,639	2,019

### 3.1.2. Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kumaşların üretimi

#### 3.1.2.1. İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşlar

Farklı iletken metal teller ve farklı numaralarda pamuk ipliği içeren kompozit ipliklerin örülebilirliklerinin, üretilen kumaşların boyutsal özelliklerinin, elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerinin belirlenmesi ve en uygun iletken kompozit iplik tipinin tespit edilmesi amacıyla örme kumaş yapıları üretilmiştir.

Çalışma kapsamında, tişört olarak kullanılmaya uygun olan ince kumaş yapılarının ve kazak olarak kullanılmaya uygun kalın kumaş yapılarının üretilmesi planlanmıştır. İnce RL (süprem) kumaş yapılarının üretimi E20 incelikteki yuvarlak örme makinesi kullanılarak, kalın 1x1 Rib (Ribana) kumaş yapılarının üretimi ise E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

RL kumaşların üretimi E20 incelikteki, 3½” çap ve 220 iğneye sahip Harry Lucas marka yuvarlak örme makinesinde (Şekil 3.2.) gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.2.** E20 incelikteki, 3½” çap ve 220 iğneye sahip Harry Lucas marka yuvarlak örme makinesi

Kumaşların üretimine ilk olarak 70 µm çaplı bakır tel içeren kompozit iplikler ile başlanmış ve makine ayarları yapıldıktan sonra tüm kumaşlar aynı makine ayarlarında üretilmiştir. Metal tel etkisinin daha iyi karşılaştırılabilmesi amacıyla %100 pamuklu kumaşlar da üretilmiştir.

Üretilen RL kumaşların yapısı Çizelge 3.2.’de açıklanmış ve fotoğrafları Ek 2, Ek 3’te sunulmuştur.

**Çizelge 3.2.** E20 incelikteki yuvarlak örme makinesinde üretilen RL kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(35µmSS+Ne30/1Co)	17,00	8,90	151,30	0,84	158,36	3,85	C01
	(35µmSS+Ne40/1Co)	17,00	9,00	153,00	0,79	126,62	3,86	C02
	(35µmSS+Ne60/2Co)	15,67	9,00	141,00	0,79	150,07	3,83	C03
	(35µmSS+Ne80/2Co)	15,83	9,00	142,50	0,70	117,62	3,78	C04
	(50µmSS+Ne30/1Co)	18,33	8,50	155,83	0,99	217,97	3,81	C05
	(50µmSS+Ne40/1Co)	17,50	8,57	149,92	0,86	177,58	3,75	C06
φφφφφφφφ	(50µmSS+Ne60/2Co)	19,00	8,57	162,77	0,92	205,09	3,78	C07
φφφφφφφφ	(50µmSS+Ne80/2Co)	17,83	8,50	151,58	0,89	181,99	3,76	C08
φφφφφφφφ	(50µmCu+Ne30/1Co)	18,67	9,00	168,00	1,03	268,58	3,86	C09
φφφφφφφφ	(50µmCu+Ne40/1Co)	18,00	8,63	155,40	0,96	217,09	3,78	C10
φφφφφφφφ	(50µmCu+Ne60/2Co)	16,67	9,00	150,00	0,90	222,91	3,78	C11
φφφφφφφφ	(50µmCu+Ne80/2Co)	16,67	8,83	147,22	0,86	181,29	3,76	C12
	(70µmCu+Ne30/1Co)	20,00	8,40	168,00	1,10	356,58	3,79	C13
	(70µmCu+Ne40/1Co)	19,00	8,53	162,13	0,99	307,73	3,74	C14
	(70µmCu+Ne60/2Co)	18,67	8,50	158,67	1,00	323,78	3,71	C15
	(70µmCu+Ne80/2Co)	18,00	8,63	155,40	0,94	284,45	3,69	C16
	(Ne30/1Co)	13,00	12,83	166,83	0,69	125,03	3,98	C17
	(Ne40/1Co)	13,17	12,17	160,19	0,66	89,06	4,06	C18

1x1 Rib kumaşların üretimi E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde (Şekil 3.3.) gerçekleştirilmiştir.



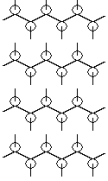
**Şekil 3.3.** E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde

1x1 Rib kumaşların üretimi esnasında, biri metal tel içeren kompozit iplik diğer ikisi ise kompozit iplik üretiminde kullanılan pamuk ipliği olmak üzere 3 kat iplik makineye aynı anda beslenmiştir.

Kumaşların üretimine ilk olarak 70 µm çaplı bakır tel içeren kompozit iplikler ile başlanmış ve makine ayarları yapıldıktan sonra tüm kumaşlar aynı makine ayarlarında üretilmiştir. Metal tel etkisinin daha iyi karşılaştırılabilmesi amacıyla %100 pamuklu kumaşlar da üretilmiştir.

Üretilen 1x1 Rib kumaşların yapısı Çizelge 3.3'te açıklanmış ve fotoğrafları Ek 4'te sunulmuştur.

**Çizelge 3.3.** E12 incelikteki düz örme makinesinde üretilen 1x1 Rib kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmeğin Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmeğin Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(35µmSS+Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)	12,38	5,97	73,91	1,36	440,17	4,22	F01
	(35µmSS+Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)	10,99	6,16	67,70	1,25	323,60	4,32	F02
	(35µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,33	5,95	73,36	1,32	422,00	4,15	F03
	(35µmSS+Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)	11,59	5,91	68,50	1,17	303,85	4,13	F04
	(50µmSS+Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)	13,48	5,21	70,23	1,36	460,27	4,17	F05
	(50µmSS+Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)	11,17	5,62	62,78	1,18	329,42	4,24	F06
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,60	5,49	69,17	1,23	426,76	4,12	F07
	(50µmSS+Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)	11,84	5,53	65,48	1,16	314,43	4,02	F08
	(50µmCu+Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)	12,55	5,57	69,90	1,33	506,30	4,20	F09
	(50µmCu+Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)	11,03	6,04	66,62	1,23	392,02	4,23	F10
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,48	5,71	71,26	1,29	490,96	4,16	F11
	(50µmCu+Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)	11,02	5,90	65,02	1,17	370,16	4,16	F12
	(70µmCu+Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)	13,44	5,15	69,22	1,31	581,95	4,12	F13
	(70µmCu+Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)	11,93	5,38	64,18	1,20	438,40	4,19	F14
	(70µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,92	5,23	67,57	1,27	551,80	4,15	F15
	(70µmCu+Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)	11,63	5,48	63,73	1,13	425,18	4,12	F16
	(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)+(Ne30/1Co)	12,00	7,27	87,24	1,51	460,80	4,39	F17
	(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)+(Ne40/1Co)	10,49	7,81	81,93	1,32	336,12	4,53	F18
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,62	6,90	87,08	1,44	453,22	4,22	F19
	(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)+(Ne80/2Co)	11,63	7,44	86,53	1,26	334,36	4,18	F20

Kumaş numuneleri 200 iğne genişlikte ve 520 iğne yükseklikte olacak şekilde üretilmiş ve üretim hızı olarak 16 dak./ürün olarak seçilmiştir.

### 3.1.2.2. Elastan iplik içeren 1x1 Rib kumaşların üretimi

İletken kompozit iplikli RL ve 1x1 Rib kumaşların metal tel içermeleri nedeniyle, esnetildikten sonra geri gelme davranışlarının kötü olduğu, esnek olmadığı ve kumaş yapısının bozulduğu görüldüğünden çalışmanın bu bölümünde elastan iplikli örme kumaş yapıları üretilmiştir.

Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların üretimi E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kumaşların üretimi esnasında, biri metal tel içeren kompozit iplik diğer ikisi ise kompozit iplik üretiminde kullanılan pamuk ipliği olmak üzere 3 kat iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Elastan iplikli kumaşların üretimi için Memminger Iro marka EFS 620 model elastan iplik besleyici (Şekil 3.4) kullanılmış ve 70 Denye elastan iplik 1 cN gerilim ile her sırada beslenmiştir.



Şekil 3.4. Memminger Iro marka EFS 620 model elastan iplik besleyici

Üretilen 1x1 Rib kumaşların yapısı Çizelge 3.4’te açıklanmış ve fotoğrafları Ek 5’te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmeğin Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmeğin İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	12,0	12,6	151,2	420,59	4,34	RR-CO-WOS
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	15,0	12,9	193,5	521,99	4,38	RR-CO
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	13,0	10,2	132,6	430,47	4,31	RR-SS-WOS
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	15,0	11,0	165,0	532,93	4,32	RR-SS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)	13,0	10,7	139,1	483,55	4,32	RR-CU-WOS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	15,0	12,0	180,0	622,51	4,34	RR-CU

### 3.1.2.3. Farklı miktarlarda metal tel içeren RL kumaşların üretimi

Kumaş içerisindeki metal tel miktarının elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Bu amaçla, örgü bölgesine beslenen üç iplikten; her üçü de pamuk ipliği, biri iletken kompozit iplik ikisi pamuk ipliği, ikisi iletken kompozit iplik biri pamuk ipliği ve her üçü de iletken kompozit iplik olacak şekilde RL örgü yapısında kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların tümünün üretiminde 70 Denye elastan iplik de kullanılmıştır.

RL kumaşların üretimi E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.5'te açıklanmış ve fotoğrafları Ek 6'da sunulmuştur.

**Çizelge 3.5.** Farklı oranlarda metal tel içeren RL kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	13,7	8,9	121,9	358,16	4,76	RL-CO
☐☐☐☐☐☐☐	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	14,0	7,9	110,6	381,27	4,68	RL-SS
☐☐☐☐☐☐☐	(50µmSS+Ne60/2Co)+(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	15,7	6,1	95,8	416,71	4,69	RL-SSx2
☐☐☐☐☐☐☐	(50µmSS+Ne60/2Co)+(50µmSS+Ne60/2Co)+(50µmSS+Ne60/2Co)+70DenEL	15,0	5,8	87,0	444,58	4,65	RL-SSx3
☐☐☐☐☐☐☐	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	13,2	8,4	110,9	432,58	4,71	RL-CU
☐☐☐☐☐☐☐	(50µmCu+Ne60/2Co)+(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	13,7	7,8	106,9	515,64	4,71	RL-CUx2
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(50µmCu+Ne60/2Co)+(50µmCu+Ne60/2Co)+70DenEL	15,0	6,7	100,5	564,85	4,65	RL-CUx3





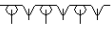





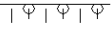
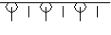
### 3.1.2.4. Askı ve atlama içeren kumaşların üretimi

Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla farklı örgü yapılarına sahip örme kumaşlar üretilmiştir.

Kumaş üretimi esnasında 3 kat iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Beslenen ipliklerden biri metal tel içeren kompozit iplikken diğer iki iplik pamuk ipliğidir. Kumaşların tümünün üretiminde 70 Denye elastan iplik de kullanılmıştır.

Kumaşların üretimi E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.6’da açıklanmış ve fotoğrafları Ek 7’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.6.** Askı ve atlama katılmış örme kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	13,7	8,9	121,9	358,16	4,76	RL-CO
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	14,0	7,9	110,6	381,27	4,68	RL-SS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	13,2	8,4	110,9	432,58	4,71	RL-CU
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	22,3	7,3	162,8	392,55	İlmek:4,51 Askı:4,15	PIQ-CO
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	22,3	5,9	131,6	392,02	İlmek:4,38 Askı:4,08	PIQ-SS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	21,7	6,6	143,2	485,31	İlmek:4,43 Askı:4,15	PIQ-CU
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	17,7	9,0	159,3	389,73	İlmek:4,78 Atlama:3,37	MIS-CO
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	18,3	7,1	129,9	424,12	İlmek:4,68 Atlama:3,32	MIS-SS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	18,0	8,0	144,0	471,56	İlmek:4,72 Atlama:3,33	MIS-CU
	(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	19,3	10,6	204,6	413,36	3,51	MISS-CO
	(50µmSS+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	23,3	8,2	191,1	468,21	3,04	MISS-SS
	(50µmCu+Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+(Ne60/2Co)+70DenEL	23,3	8,8	205,0	500,13	3,42	MISS-CU

### 3.1.2.5. Çift yüzlü örme kumaşların üretimi

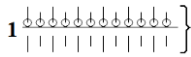





Metal tel içeren kumaşların bazı insanların cildinde iritasyon vb. hassasiyetler oluşturabileceği öngörüldüğünden, bir yüzü pamuk iplikli diğer yüzü ise iletken kompozit iplikli doubleface (çift yüzlü) kumaş yapıları üretilmiştir.

Kumaşların ön ve arka yüzlerinin üretimi esnasında 3 kat iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Ön yüzü oluşturan iğnelere (ön plakadaki iğnelere) pamuk iplikleri

beslenirken, arka yüzü oluşturan iğnelere (arka plakadaki iğnelere) iletken kompozit iplikler beslenmiştir. Bağlantı ipliği olarak ise Ne 30/1 numara pamuk ipliği kullanılmıştır. Kumaşların üretiminde 70 Denye elastan iplik de kullanılmıştır.

Kumaşların üretimi E12 incelikteki Stoll marka CMS 411.6 model düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.7’de açıklanmış ve fotoğrafları Ek 8’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.7.** Bir yüzü iletken kompozit iplikli diğer yüzü pamuk iplikli çift yüzü örme kumaş yapıları

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
1 	Arka Plaka	((50µmSS+Ne60/2Co)x3) + 70DenEL				4,48	
2 	Ön Plaka	17,3	5,7	98,61	815,44	4,17	DF-SS
3 	Bağlantı	Ne30/1Co				5,10	
1 	Arka Plaka	((50µmCu+Ne60/2Co)x3) + 70DenEL				4,47	
2 	Ön Plaka	16,1	6,7	107,87	939,41	4,19	DF-CU
3 	Bağlantı	Ne30/1Co				5,27	

### 3.1.2.6. Boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemlerinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşlar

Bu bölüme kadar incelenen tüm kumaşlar içerdikleri kompozit iplikte kullanılan ham pamuk iplikleri nedeniyle ham kumaş olarak nitelendirilmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde, boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin RL örme kumaşların boyutsal ve elektromanyetik ekranlama etkinliği özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Boyama ve terbiye gibi yaş işlemlerin bakır tellerin oksidasyona uğramasını hızlandıracağı düşünüldüğünden, iletken materyal olarak 35µm ve 50µm çaplı paslanmaz çelik teller tercih edilmiştir.



Temin edilen Ne 60/1 numaradaki pamuk ipliklerinin bir bölümü ham olarak saklanmış, bir bölümü ise reaktif boyarmaddeler kullanılarak, alkali ortamda 60<sup>0</sup>C sıcaklıkta turuncu renge boyanmıştır. Ne 60/1 iplikler çift kat olacak şekilde birbiri üzerine bükülerek, ham ve boyalı Ne 60/2 iplikler üretilmiştir. Daha sonra da, 35 µm ve 50 µm çaplı paslanmaz çelik teller ile ham ve boyalı Ne 60/2 pamuk iplikleri oyuk iğ sistemi kullanılarak ham ve ipliği boyalı iletken kompozit iplikler haline getirilmiştir.

RL (süprem) kumaşların üretimi E20 incelikteki, 3½” çap ve 220 iğneye sahip Harry Lucas marka yuvarlak örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Metal tel etkisinin daha iyi analiz edilebilmesi amacıyla %100 pamuklu kumaşlar da üretilmiştir. Üretilen kumaşlar Çizelge 3.8’de tanıtılmış ve fotoğrafları Ek 9’da sunulmuştur.

İletken kompozit iplik içerisinde bulunan pamuk ipliklerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine olan etkisinin daha net olarak anlaşılabilmesi amacıyla, kompozit iplikler ile örülen ham kumaşlardan alınan 25x25 cm boyutlu numunelerdeki pamuk iplikleri çözülerek uzaklaştırılmıştır. Bu amaçla %75’lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile 70-80<sup>0</sup>C’de 5 dakikalık işlem yapılmıştır.

Ham pamuk ipliği içeren kumaşlara (ham kumaşlar); 1 g/l ıslatıcı-yıkayıcı, 3 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(%50) ve 3g/l NaOH(%50) kullanılarak 98<sup>0</sup>C sıcaklıkta kasar yapılmıştır. Kumaşlar daha sonra reaktif boyarmaddeler kullanılarak, 1/10 flotte oranı ile alkali ortamda 60<sup>0</sup>C sıcaklıkta turuncu renge boyanmıştır. Boyalı pamuk ipliği içeren kumaşlara (ipliği boyalı kumaşlar) 1,5 g/l yağ sökücü ve köpük kesici ile 60<sup>0</sup>C sıcaklıkta ön terbiye işlemi uygulanmıştır. Hamdan boyanan ve boyalı iplikten üretilip ön terbiye işlemi gören kumaşların bitim işlemi aynı kazanda yapılmıştır. Bitim işlemi 1/10 flotte oranı ile %2 silikonlu yumuşatıcı kullanılarak 40<sup>0</sup>C sıcaklıkta yapılmıştır.

Üretilen mamul kumaşların yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal ve elektromanyetik ekranlama özelliklerindeki değişimin incelenebilmesi amacıyla tekrarlı yıkama işlemleri yapılmıştır.

RL kumaşların üretiminde kullanılan iplikler, uygulanan ard işlemler ve kumaş kodları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

**Çizelge 3.8.** Ham, mamül ve yıkanmış RL kumaşlar

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Ard İşlem	Kumaş Kodu
	35 µm SS	Pamuk İpliği Eritilmiş Numuneler	%100_35SS
	50 µm SS		%100_50SS
	(Ne 60/2 Co)		HAM_CO
	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	Ham Pamuk İplikli Numuneler	HAM_35SS
	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		HAM_50SS
	(Ne 60/2 Co)		HAM_CO+B
	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	Kumaş Boya Numuneler	HAM_35SS+B
	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		HAM_50SS+B
☐☐☐☐☐☐☐	(Ne 60/2 Co)		HAM_CO+B+Y
☐☐☐☐☐☐☐	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	5 Defa Yıkanmış Kumaş Boya Numuneler	HAM_35SS+B+Y
☐☐☐☐☐☐☐	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		HAM_50SS+B+Y
☐☐☐☐☐☐☐	(Ne 60/2 Co)		İB-CO
	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	Pamuk İpliği Boyalı Numuneler	İB-35SS
	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		İB-50SS
	(Ne 60/2 Co)		İB_CO+T
	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	Terbiye Görmüş Pamuk İpliği Boyalı Numuneler	İB_35SS+T
	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		İB_50SS+T
	(Ne 60/2 Co)		İB_CO+T+Y
	(35 µm SS + Ne 60/2 Co)	5 Defa Yıkanmış, Terbiye Görmüş İpliği Boyalı Numuneler	İB_35SS+T+Y
	(50 µm SS + Ne 60/2 Co)		İB_50SS+T+Y

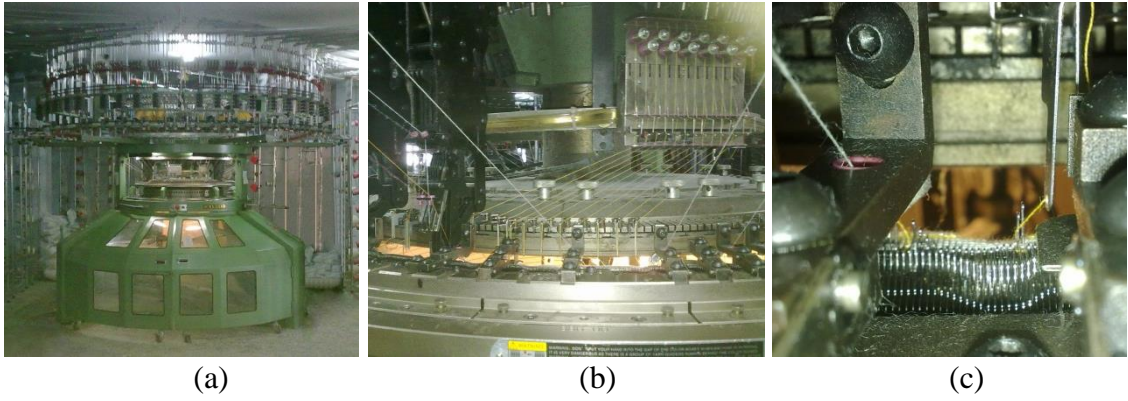
### 3.1.2.7. Farklı doğrultularda iletken kompozit içeren örme kumaşların üretimi

İletken kompozit ipliğin kumaştaki doğrultusunun, kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla yuvarlak örme makinesi kullanılarak boyuna çizgili örme kumaş yapıları üretilmiştir.

Kumaşların üretimi E28 incelikteki, 34” çap ve 102 sisteme sahip, Weizn Machinery Gaoming Co. Ltd. marka SDV-3E/Y model wrapper (boyuna çizgili) ringel yuvarlak örme makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Boyuna çizgili örgü tekniğinde, boyuna yöndeilmek yapan iplikler makinenin üst kısmında bulunan döner tabla üzerinde konumlandırılmıştır (Şekil 3.5.a). Makinenin dönüşü esnasında döner tabla da makine ile birlikte dönmekte ve ipliklerinin sürekli

olarak aynı iğnelere beslenmesine imkân sağlamaktadır. Şekil 3.5.b’de görüldüğü üzere makinanın kapak kısmında boyuna yönde ilmek yapan iğnelere iplik besleyen mekikler, mekiklere hareket veren kam sistemi ve iplik gerilim kontrol sistemleri bulunmaktadır. Boyuna yönde ilmek yapan iğnelere, diğer iğnelere farklı olarak zemin örgüsünün oluştuğu sistemlerde yukarı çıkmaz ve iplik almazlar, bu sistemlerin dışında kalan bölgelerde döner tabla üzerindeki mekiklerinin beslediği ipliği alarak örgü yaparlar. Şekil 3.5.c’de boyuna yönde ilmek yapan iğnenin iplik alma anı gösterilmiştir.



**Şekil 3.5.** (a) E28 incelikteki, 34” çap ve 102 sisteme sahip wrapper (boyuna çizgili) ringel yuvarlak örme makinesi, (b) boyuna çizgi mekikleri ve (c) ipliklerin iğnelere beslenmesi

Kumaşların üretiminde tek toplama pike örgü yapısı kullanılmış ve sistem iptali yapılarak makinenin 52 sistemi kullanılmıştır. İplik dizimi; 22 sıra pamuk, 4 sıra iletken kompozit iplik, 22 sıra pamuk, 4 sıra iletken kompozit iplik olacak şekilde düzenlenmiştir.

Boyuna çizgi ipliği olarak iletken kompozit iplikler kullanılmıştır. En küçük boyutlu kareleri oluşturmak amacıyla, iğne dizimi 16 iğne zemin örgüsü iğnesi (enine iplik hareketi) ve 2 iğne boyuna çizgi örgü iğnesi olacak şekilde yapılmıştır. Enine ve boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşların örgü raporu Şekil 3.6’da verilmiştir.



Kumaşların üretiminde 35 µm ve 50 µm paslanmaz çelik tel içeren, pamuk ipliği boyalı iletken kompozit iplikler kullanılmıştır. Boyuna yönde iletken iplik kullanımının etkisinin daha iyi anlaşabilmesi amacıyla sadece enine ve sadece boyuna yönde iletken kumaş numuneleri de üretilmiştir. Referans kumaş olarak iletken kompozit iplik içermeyen kumaşlar da üretilmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.9’da açıklanmış ve fotoğrafları Ek 10’da sunulmuştur.

**Çizelge 3.9.** Enine, boyuna ve hem enine hem boyuna yönde iletken kompozit içeren örme kumaşlar

Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	İletken Kompozit İplik Doğrultusu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	(Ne 60/2 Pamuk)	-	27,00	11,58	312,75	146,5	0,72	Pamuk İpliği İlmek 2,64 Askı 2,63	W-CO
	(35µmSS+Ne60/2Co)	Enine Çizgili	24,76	12,17	312,75	160,8	0,73	Pamuk İpliği İlmek 2,55 Askı 2,55 Kompozit İplik İlmek 2,60 Askı 2,59	W-35SS-E
	(35µmSS+Ne60/2Co)	Boyuna Çizgili	26,00	11,31	294,15	148,3	0,77	Pamuk İpliği İlmek 2,53 Askı 2,52	W-35SS-B
☐☐☐☐☐☐☐☐	(35µmSS+Ne60/2Co)	Hem Enine Hem Boyuna Çizgili	26,00	11,44	312,75	156,1	0,77	Pamuk İpliği İlmek 2,53 Askı 2,52 Kompozit İplik İlmek 2,57 Askı 2,46	W-35SS-E&B
☐☐☐☐☐☐☐☐	(50µmSS+Ne60/2Co)	Enine Çizgili	26,67	11,71	312,75	169,9	0,81	Pamuk İpliği İlmek 2,56 Askı 2,56 Kompozit İplik İlmek 2,63 Askı 2,60	W-50SS-E
	(50µmSS+Ne60/2Co)	Boyuna Çizgili	25,50	11,56	294,70	152,0	0,81	Pamuk İpliği İlmek 2,54 Askı 2,54	W-50SS-B
	(50µmSS+Ne60/2Co)	Hem Enine Hem Boyuna Çizgili	23,72	11,35	312,75	167,4	0,82	Pamuk İpliği İlmek 2,56 Askı 2,52 Kompozit İplik İlmek 2,60 Askı 2,51	W-50SS-E&B

### 3.1.2.8. İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler içeren örme kumaşların üretimi

Bu bölüme kadar yapılan çalışmalarda iletken materyal olarak metal tel içeren kompozit iplikli örme kumaş yapıları incelenmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde, hammadde

maliyeti daha yüksek olan iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerinin kompozit iplikler ile üretilen kumaşlarla kıyaslanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, iletken paslanmaz çelik lifleri kullanılarak üretilmiş olan Nm 15/1 numara paslanmaz çelik iplik ve gümüş ile kaplanmış 20 Denye polyamid iplik temin edilmiş ve E20 incelikteki, 3½” çap ve 220 iğneye sahip Harry Lucas marka yuvarlak örme makinesinde RL (süprem) kumaş yapıları üretilmiştir.

Kumaşların üretimine ilk olarak Nm 15/1 iletken paslanmaz çelik iplik ile başlanmış ve makine ayarları yapıldıktan sonra tüm kumaşlar aynı makine ayarlarında üretilmiştir. 20 Denye gümüş kaplı polyamid iplik ile yapılan kumaş üretimi ipliğin çok ince olması nedeniyle mümkün olmamıştır. Bu nedenle kumaş üretimi esnasında 2 kat, 3 kat vb. iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.10’da açıklanmış ve fotoğrafları Ek 11’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.10.** İletken metal iplikler ve iletken iplikler ile üretilen örme kumaşlar

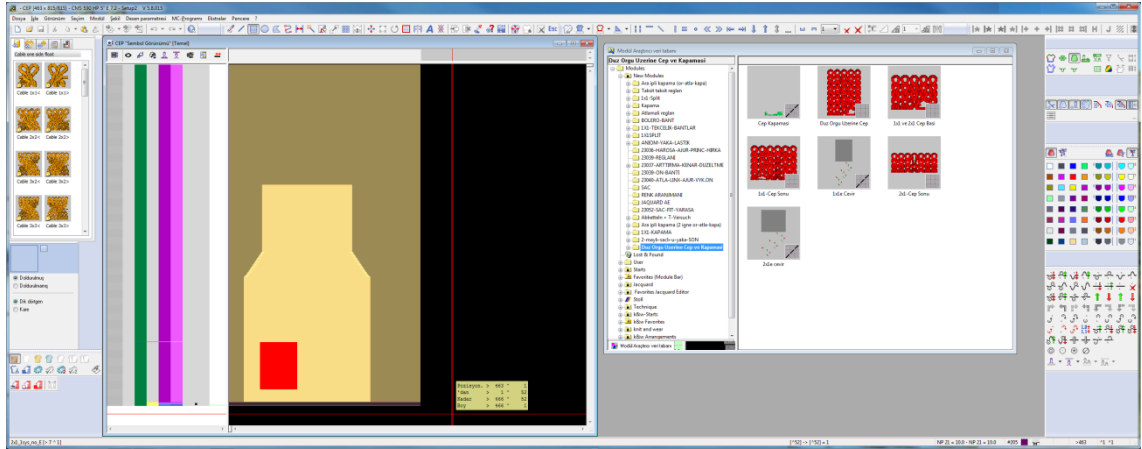
Örgü Raporu	İplik Kompozisyonu	Sıra Sıklığı (cm)	Çubuk Sıklığı (cm)	İlmek Yoğunluğu (cm <sup>2</sup> )	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	İlmek İplik Uzunluğu (mm)	Kumaş Kodu
	Nm 15/1 Çelik İplik	13,00	9,08	118,08	303,8	0,70	3,85	Nm15SS
	20 Denye PA + 20 Denye PA	16,67	10,50	175,00	34,4	0,45	3,58	20PAx2
φφφφφφφφ	20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA	16,67	10,50	175,00	52,9	0,54	3,70	20PAx3
φφφφφφφφ	20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA	16,67	10,67	177,78	70,8	0,56	3,65	20PAx4
φφφφφφφφ	20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA + 20 Denye PA	16,33	10,67	174,22	87,3	0,65	3,69	20PAx5
φφφφφφφφ	20 Denye PA + Ne 60/2 Pamuk	13,00	10,67	138,67	71,4	0,51	3,83	20PA+Co
	20 Denye PA + Ne 60/2 Pamuk + Ne 60/2 Pamuk	14,67	11,00	161,33	131,7	0,73	3,85	20PA+Co+Co
	20 Denye PA + 20 Denye PA + Ne 60/2 Pamuk	14,50	11,00	159,50	85,8	0,65	3,87	20PAx2+Co

### 3.1.3. Cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan giysilerin üretimi

Gündelik kullanıma uygun, giyilebilir formda ürün üretimine yönelik olarak yapılan çalışmalar kapsamında ve cep telefonu kaynaklı elektromanyetik dalga maruziyetini azaltan unisex v-yaka kazaklar üretilmiştir.

Kazak parçalarının üretimi E14 incelikteki Stoll marka CMS 530 HP Multigage E7.2 model düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Örgü tasarımı Stoll M1 Plus programı kullanılarak yapılmıştır.

Kazakların üretimi ön, arka, iki adet kol ve yaka olmak üzere beş parça olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İletken ipliklerin kullanıldığı cep kısmı kazağın ön tarafında olacak şekilde tasarlanmış ve ek bir dikim işlemine gerek olmayacak şekilde üretilmiştir. Tasarım programının ekran görüntüsü Şekil 3.7’de sunulmuştur.



Şekil 3.7. Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazakların Stoll M1 Plus programı ile tasarımı (kazağın ön parçası)

Kazakların üretiminde zemin ipliği olarak mor renkli Ne 30/2 Pamuk/Akrilik (50/50) iplikler kullanılmış ve üretim esnasında 2 kat iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Cep kısımlarının üretiminde ise gümüş kaplı 20 Denye polyamid iplikler ve 35µm/50µm çaplı paslanmaz çelik tel ve turuncu renge boyanmış Ne 60/2 pamuk ipliği içeren iletken kompozit iplikler kullanılmıştır. Kullanılan iplikler ve cep yapıları Çizelge 3.11’de tanıtılmıştır.

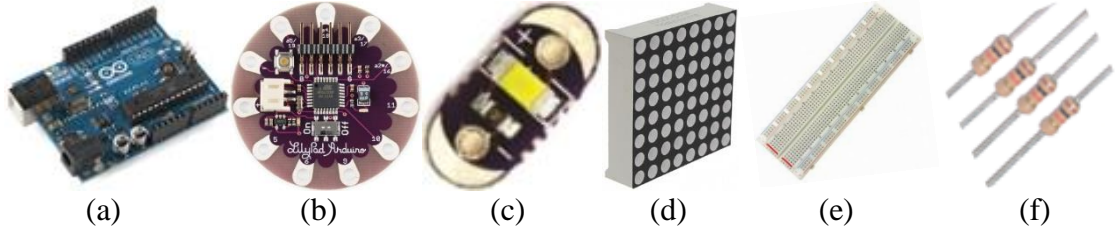
**Çizelge 3.11.** Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazaklar

Kullanım Yeri	İplik Kompozisyonu	Kumaş Kodu
Cebin İç Kısmında	(35µmSS+Ne60/2Co)	K01
	(50µmSS+Ne60/2Co)	K02
	20 Denye PA (5 Kat)	K03
Cebin Hem İç Hem de Dış Kısmında	20 Denye PA (5 Kat)	K04

Üretilen kazak parçaları (ön, arka, iki adet kol ve yaka) daha sonra remayöz işlemi ile birleştirilmiş ve S beden ölçülerine uygun olarak standart üretim şartlarında ütülenmiş ve paketlenmiştir.

### 3.1.4. Örme kumaşlar ile elektronik tekstil yapılarının üretimi

Elektronik tekstil yapılarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında, örme kumaş üretim teknikleri ile elektronik tekstil yapılarının oluşturulmasına yönelik olarak araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla arduino uno ve arduino lilypad simple elektronik platformlar, lilypad marka beyaz ledler (Şekil 3.8) temin edilmiştir.



**Şekil 3.8.** Araştırma kapsamında kullanılan elektronik donanımlar: (a) arduino uno ve (b) arduino lilypad simple elektronik platformlar, (c) lilypad marka beyaz led, (d) matris display, (e) devre bordsu, (f) dirençler,

Arduino basit bir I/O kartı ve Processing & Wiring (veri işleme & iletme) dilini uygulayan bir geliştirme çevresi temelleri üzerine kurulu açık kaynaklı fiziksel hesaplama platformudur. Arduino tek başına interaktif nesnelerin geliştirilmesi için kullanılabilirdiği gibi bilgisayar üzerindeki yazılımlara da bağlanabilmektedir.

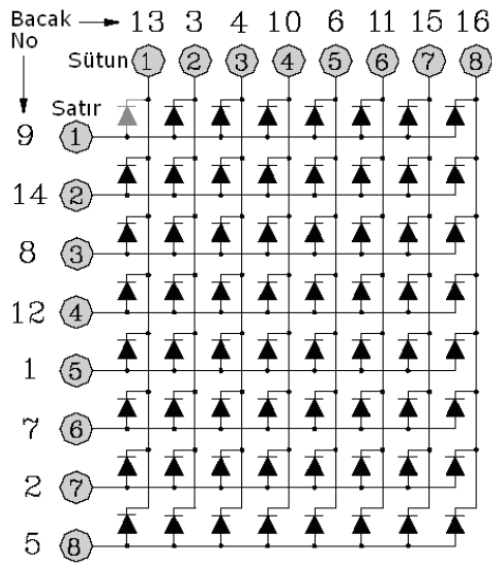
Ledler yarı iletken malzemelerdir ve ana maddeleri silikondur. Üzerlerinden akım geçtiğinde foton açığa çıkararak ışık verirler. LED'in en önemli kısmı yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED çipidir. LED çipi noktasal bir ışık kaynağıdır ve kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı eleman sayesinde ışığın belirli bir yöne doğru



yayılması sağlanır. Ledlerin direnci dinamikdir ve direnç üzerinden geçen akıma göre değişir. Ledlerin bir akım kaynağına doğrudan bağlanması kısa devre olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bir direncin devreye seri olarak bağlanması gerekmektedir. Lityum led modülleri ise üzerlerinde bulunan dirençler ile birlikte satılmaları sayesinde ek bir direnç kullanımına ihtiyaç duymamaktadırlar.

İletken metal içeren örme kumaş yapıları kullanılarak kayan yazı devresi oluşturmaya yönelik yapılan araştırmalar kapsamında, öncelikle 2 adet 8x8 matris display, micro-işlemci, sütun sürücü ve dirençler temin edilerek, kayan yazı devresi eğitim modeli olarak hazırlanmış ve çalıştırılmıştır.

Ledlerin yandığı dolayısıyla görüntünün oluştuğu kısım matris display bölümüdür. Matris displayin iç yapısı Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere 8x8 matris displayin 16 adet bacağı mevcuttur. Bunlardan 8 tanesi satır, 8 tanesi ise sütun ucudur. Şekildeki üçgenler ledleri temsil etmektedir. Ledlerin bir ayağı sütuna diğer ayağı ise satıra bağlıdır. Matris display üzerindeki herhangi bir led'i yakmanın yolu, uygun satır ve sütun uçları üzerinden akım geçirilmesidir. Satır ve sütun kablolarının bir birine temas etmemesi gerekmektedir. Temas halinde akım en düşük dirençli yolu takip edeceğinden, kısa devre olacak ve ledler yanmayacaktır.



**Şekil 3.9.** Matris display'in iç yapısı (Erol 2006)

Materyal Yöntemin 3.2.1.7'inci bölümünde enine, boyuna ve hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren örme kumaşlar üretilmişti. Hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşlar matris display yapısına uygun gibi gözükseler de metal teller birbirine temas ettikleri için kısa devre oluşmaktadır. Matris display oluşturulması için enine yönde bölgesel olarak 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlar tercih edilmiş ve 50x50 cm boyutlarında iki adet numune hazırlanmıştır.

Kumaşların arka yüzlerine yapışkan bant yapıştırılmış ve yapışmanın kalıcı hale gelmesi için ütöleme yapılmıştır. 3 mm kalınlıktaki sünger levha 50x50 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Kumaşlar birbirine dik olacak şekilde her iki kumaş sünger levha üzerine yapıştırılmış ve yapışmanın kalıcı hale gelmesi için tela makinesinden geçirilmiştir. Sonuç olarak, iletken metal teller birbirlerine dik olarak konumlandırıldığı ancak aralarında bulunan 3 mm kalınlıktaki sünger nedeniyle birbirlerine temas etmediği için matris display'in kafes yapısı oluşturulmuştur.

Işık verici eleman olarak lilypad marka beyaz ledler tercih edilmiştir. Ledler yarı iletken malzemelerdir ve ana maddeleri silikondur. Üzerlerinden akım geçtiğinde foton açığa çıkararak ışık verirler. LED'in en önemli kısmı yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED çipidir. LED çipi noktasal bir ışık kaynağıdır ve kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı eleman sayesinde ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlanır. Ledlerin direnci dinamiktir ve direnç üzerinden geçen akıma göre değişir. Ledlerin bir akım kaynağına doğrudan bağlanması kısa devre olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bir direncin devreye seri olarak bağlanması gerekmektedir. Lilypad led modülleri ise üzerlerinde bulunan dirençler ile birlikte satılmaları sayesinde ek bir direnç kullanımına ihtiyaç duymamaktadırlar. 9 adet lilypad marka ledin kumaş üzerine entegrasyonu Nm 15/1 iletken çelik iplik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 3x3 boyutlarında matris display elektronik tekstil yapısı meydana getirilmiş olmuştur.

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Boyutsal ve fiziksel testler**

Üretilmiş olan farklı tipteki iletken kompozit iplik ve kumaşlara ait özelliklerin belirlenmesi için çeşitli testler yapılmıştır. Uygulanan ölçüm ve testler, numunelerin standart atmosfer şartlarında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 2$  bağıl nem) 24 saat bekletilerek kondisyonlanmalarından sonra gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.1.1. İplik numarasının belirlenmesi**

İpliklerin numara ölçümleri Doğrusal Yoğunluk Tayini “ISO 2060-1994: Ambalaj Tekstil İplikleri-Lineer Yoğunluk Tespiti (birim uzunluk başına ağırlık) Skein Formu” standardı referans alınarak yapılmıştır. Ölçümler sırasında 0.001 hassasiyete sahip aeAdam marka elektronik tartı kullanılmıştır.

#### **3.2.1.2. İletken materyallerin çap ve direnç/iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi**

Tez çalışmaları kapsamında temin edilen iletken materyallerin çap (mm) ölçümleri 0-25 mm aralığında ölçüm yapabilen 0,001 mm hassasiyete sahip dijital mikrometre ile yapılmıştır. Direnç ölçümleri ( $\text{m}\Omega/\text{m}$ ); sıcaklık kompanzasyonlu ( $20^{\circ}\text{C}$ )  $1 \text{ m}\Omega$ 'luk direnç köprüsü ile gerçekleştirilmiştir. Direnç ölçümleri esnasında kullanılan numune uzunluğu 1 m'dir.

#### **3.2.1.3. Kumaşlara uygulanan relakse işlemleri**

Üretilen kumaş numuneleri düz ve pürüzsüz bir zemin üzerinde, hiç bir kuvvet uygulanmadan serbest halde serilerek bir hafta bekletilmek suretiyle kuru relakse edilmiştir.

#### **3.2.1.4. Kumaşların sıra ve çubuk sıklıklarının belirlenmesi**

Kumaşların sıra ve çubuk sıklığı değerlerinin belirlenmesi ISO 7211-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler düz bir yüzey üzerine yerleştirilmiş ve 10x10 mm boyutlarındaki lup yardımıyla 1 cm de yer alan ilmek sıraları (ya da çubukları) sayılmıştır. Ölçümler her bir numune için numunenin 3 ayrı yerinden tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır.

#### **3.2.1.5. Kumaşların metrekare ağırlığının belirlenmesi**

Kumaşların metrekare ağırlığının belirlenmesi ISO 3801 standardına uygun olarak yapılmıştır. Kumaşların farklı bölgelerinden 100 cm<sup>2</sup> alanlı üçer adet numune kesilmiştir. Kesilen deney numuneleri 0.001 hassasiyete sahip aeAdam marka elektronik tartı yardımıyla tartılmıştır.

#### **3.2.1.6. Kumaşların kalınlığının belirlenmesi**

Kumaş kalınlığı kumaşın en yüksek ve en düşük yüzeyleri arasındaki mesafenin belirli bir basınç altında ölçülmesiyle tespit edilmiştir. ISO 5084 standardına uygun olarak katlı ve kenara yakın olmamak şartı ile 10 farklı yerden ölçüm yapılmıştır. Kumaş kalınlığının ölçümünde James H. Heal marka kumaş kalınlığı ölçüm aleti kullanılmıştır. Aletin test alanı 1 cm<sup>2</sup>, hassasiyeti ise 0.01 mm'dir. Kumaşın yüzey kalınlığını belirlenmesinde 10 gf/cm<sup>2</sup> basınç değeri kullanılmıştır.

#### **3.2.1.7. Kumaşların ilmek iplik uzunluğu değerlerinin belirlenmesi**

İlmeğin iplik uzunluğunun belirlenmesi için her bir kumaş numunesi üzerinde 100 çubuk işaretlenmiştir. İşaretlenen bölgeden 10 sıra sökülmüş ve her bir sıranın 10 gr ağırlık altındaki uzunluğu ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Ortalama değer toplam ilmek sayısına bölünerek ilmek iplik uzunluğu değeri hesaplanmıştır. İlmeğin iplik uzunluğu değerleri relakse işlemleri ile değişmediğinden sadece kuru relakse olmuş numunelerde ölçüm yapılmıştır.

### **3.2.1.8. Kompozit ipliklerin ve kumaşların fotoğraflarının çekilmesi**

Üretilen iletken kompozit ipliklerin ve kumaşların fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğrafların çekiminde; 10 kat / 200 kat büyütme oranına sahip 1,3 megapiksel çözünürlüklü Tchibo marka led aydınlatmalı USB dijital mikroskop kullanılmıştır.

İletken kompozit iplikler 4x4 mm'lik karelere sahip şablonun üzerine yerleştirilerek çekim yapılmıştır. Kumaş fotoğraflarının çekimi esnasında ise 10x10 mm boyutundaki lup kumaş numunelerinin üzerine yerleştirilerek çekim yapılmıştır.

### **3.2.1.9. Kumaşların hava geçirgenliğinin belirlenmesi**

Hava geçirgenliği ölçümleri TS 391 (EN ISO 9237) standardına uygun olarak yapılmıştır. Ölçümler, SDL Atlas M021A hava Geçirgenliği Test Cihazı ile 100 Pa basınç değeri ve 20 cm<sup>2</sup>'lik test başlığı kullanılarak dm<sup>3</sup>/s cinsinden yapılmıştır. Kumaşların beş farklı yerinden ölçüm yapılmış ve ortalamaları alınmıştır.

### **3.2.1.10. Kumaşların elastikiyet ve kalıcı uzama değerlerinin belirlenmesi**

Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların enine yöndeki elastikiyet testleri BS4952 standardına uygun olarak James H. Heal marka Titan model mukavemet test cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Çeneler arası mesafe 100 mm olarak ayarlanmış ve 110x50 mm olarak hazırlanan kumaş numuneleri 0,2 kgf ön gerilim ile çenelere takılmıştır. Kumaşlar, 500mm/dak. çene hızı ile maksimum yük 2 kgf olacak şekilde uzatılmış, üst çene aynı hız ile ilk uzunluğa geri getirilmiş ve işlem ikinci kez tekrarlanarak deney sonlandırılmıştır. İkinci turdaki kuvvet uzama değerleri kaydedilmiştir. Kumaş numuneleri, testin sonlanmasından hemen sonra test cihazından çıkarılmış ve düz bir zemin üzerine serilmiştir. Kumaşların kalıcı uzama değerlerinin tespiti, testin bitimini takip eden ilk 60 saniye sonrasında ve 24 saat sonrasında olmak üzere iki şekilde yapılmıştır.

### **3.2.1.11. Yıkama işlemleri**

Üretilen mamul kumaşların yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal ve elektromanyetik ekranlama özelliklerindeki değişimin incelenebilmesi amacıyla tekrarlı yıkama işlemleri yapılmıştır.

Yıkama testleri:

- TS 5720 EN ISO 6330 numaralı Tekstil Deneyleri İçin- Ev Tipi Çamaşır Makinesi İle Yıkama ve Kurutma İşlemleri ve
- TS EN ISO 105-C06 numaralı Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm C06: Evsel ve Ticari Yıkamaya Karşı Renk Haslığı standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Ev tipi yıkama işlemi fosfat içermeyen deterjan ile 40<sup>0</sup>C sıcaklıkta, 6A programı kullanılarak 5 tekrarlı olarak yapılmış ve kumaşlar sererek kurutulmuştur.

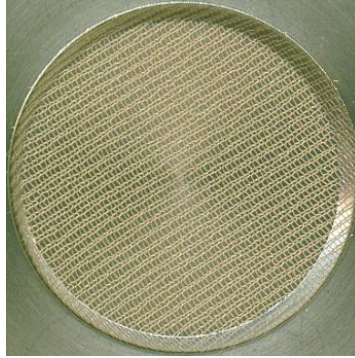
Ticari yıkama işlemi, çok lifli refakat bezi ve çelik bilye kullanılarak 40<sup>0</sup>C sıcaklıkta AIM programı kullanılarak yapılmış ve kumaşlar sererek kurutulmuştur.

### **3.2.1.12. Takılma testi**

İletken kompozit iplik içeren kumaşlardaki metal tellerin boyama ve terbiye işlemleri sonrasında deformasyona uğrayıp uğramadığını tespit etmek amacıyla takılma testi yapılmıştır. Testler, James H. Heal marka Nu-Martindale Aşınma test cihazı ile ters aşınma metodu kullanılarak yapılmıştır.

Deney parçaları olarak; keçe ve kumaş numuneleri 140 mm çapında daire olarak, 15 Denye süper ince bayan çorabı (%100 polyamid) ise 6x6 cm kare olarak hazırlanmıştır. Standart keçe aşındırıcı metal üzerine yerleştirilmiş, test edilecek kumaş numunesi standart keçenin üzerine konulmuş, test aleti içerisinde bulunan ağırlık kumaş üzerine konulmuş ve sıkma bileziği takılarak keçe ve kumaş numunesi sabitlenmiştir. 15 Denye çorap, numune tutucu içerisine yerleştirilmiş ve mümkün mertebe gerginleştirilerek sabitlenmiştir. Bu aşamada poliüretan köpük kullanılmamıştır.

Böylece alt tablada iletken kompozit iplikli kumaş numunesi üst tablada süper ince bayan çorabı olmak üzere numune seti hazırlanmıştır. Basınç sağlaması için numune tutucuların üzerlerine 9 kPa ağırlıklar yerleştirilmiş ve test başlatılmıştır. Test cihazı 500 ve 1000 tur sonrasında durdurularak çoraplardaki deformasyon gözlemlenmiş ve Hp Scanjet 2300c model tarayıcı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Tutucu içerisine sabitlenen 15 Denye çorap numunesin testin başlatılmasından önceki hali Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

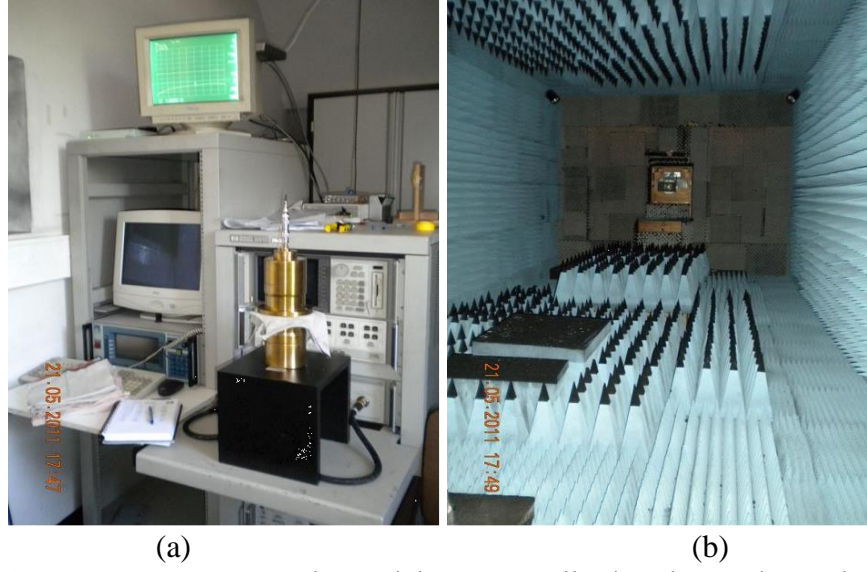


**Şekil 3.10.** Tutucu içerisine sabitlenen 15 Denye çorap numunesin testin başlatılmasından önceki hali

### **3.2.2. Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri**

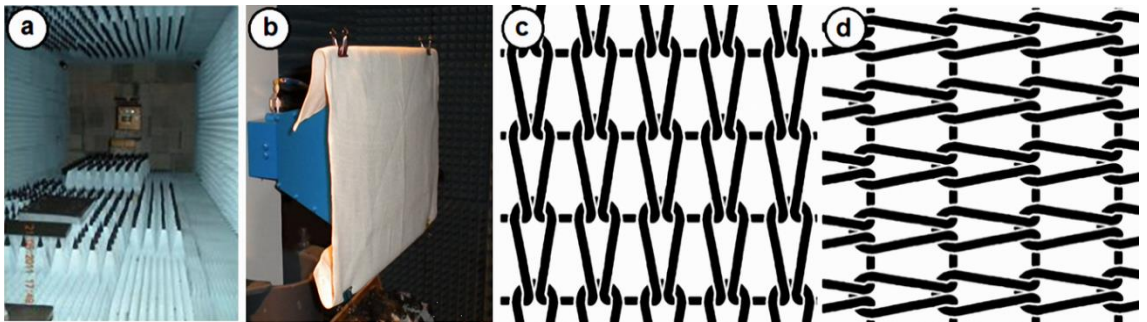
Örme kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri ASTM D4935 test standardına uygun olarak düzenlenmiş koaksiyel-eş eksenli iletim hattı test düzeneğinde 100 MHz - 1,5 GHz ve serbest uzay test düzeneğinde 1 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).

Ölçümlerin iki farklı metot ile gerçekleştirilmesinin temel sebebi, yaptığımız çalışma sonucunda elde edilen giyilebilir formdaki örme kumaş yapılarının kullanıcılarını çevresinde bulunan farklı elektromanyetik kaynaklara karşı etkin olarak koruyup korumadığının tespit etmek ve kumaşların boyutsal özelliklerinin ve kullanılan metal tel tipinin ekranlama etkinliği üzerine etkisinin tespit edilmesidir. Ayrıca, iki ölçüm yöntemindeki ölçüm prensibi farklılıkları da incelenmiş ve kumaşların iki test sistemi ile ölçülen değerleri arasındaki farklılıklar da araştırılmıştır.



**Şekil 3.11.** (a) Koaksiyel iletim hattı elektromanyetik ekranlama ölçüm düzeneği (HP 8510C Network Analizörü ve 100MHz–1.5GHz Sinyal Jeneratörü) (b)Yansımaz Oda

Yansımaz oda içerisinde, serbest uzay tekniği ile gerçekleştirilen ekranlama etkinliği testleri 1 GHz – 18 GHz'lik frekans jeneratörü ve birbirine karşılıklı olarak konumlandırılmış iki boynuz anten kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12). Verici antenin pozisyonu sabit olduğundan alıcı antenin pozisyonu ayarlanması için düzenek hazırlanmıştır. Alıcı antenin üzerine tam oturacak şekilde karton profil hazırlanmış ve kumaş numuneleri hem enine hem de boyuna yönde karton profile sabitlenmiştir. Her iki yönde yapılan ölçümler 3'er tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



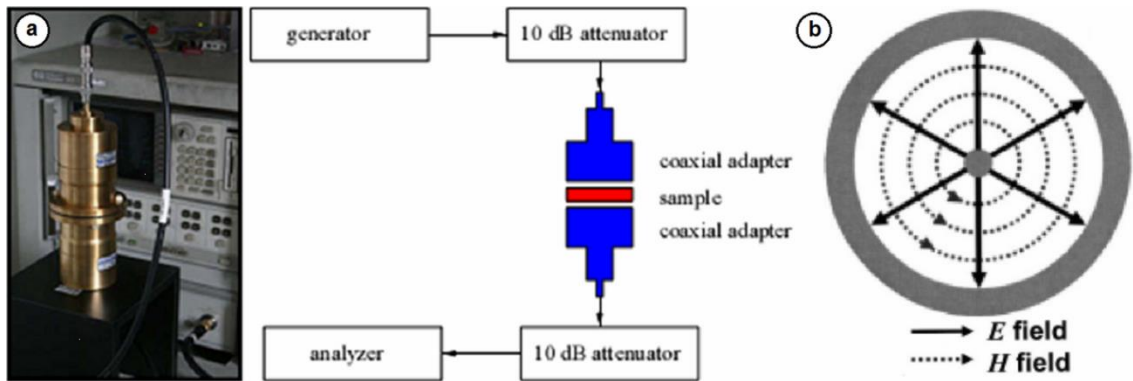
**Şekil 3.12.** (a) Ekranlama etkinliği ölçümlerinde kullanılan yansımaz oda, (b) boynuz anten, (yatay) olarak konumlandırılmış kumaşların şematik çizimi, (d) dikey olarak konumlandırılmış kumaşların şematik çizimi

Serbest uzay yöntemi, kurulum geometrisindeki yüksek serbestlik sayesinde esnek malzemeler için de uygulanabilmektedir. Ayrıca ölçümler son derece tekrarlanabilir düzeydedir (Chiumento 2010, Hakansson ve ark. 2007). Bununla beraber, ölçümler



yansısız oda şartlarında yapılsa dahi; serbest uzayda olmak, numunedeki varyasyonlar ve test ortamının geometrisi belirli bir hatanın oluşmasına neden olmaktadır. Test numunesi etrafında oluşan kırınım ve test ortamından kaynaklanan yansımalar bu hatanın kaynağıdır (Marvin ve ark. 2009, Volski ve ark. 2006). Kırınım ve yansıma yapan elektromanyetik dalgalar, iletilen ve doğrudan doğruya alıcı antene giden elektromanyetik dalgalara kıyasla daha uzun bir yol kat etmekte ve belirli bir gecikme sonrasında alıcı antene ulaşmaktadır. Oluşan hatanın time-gating tekniği ile uzaklaştırılması mümkündür. Çoklu yansımaların oluşturduğu hatanın uzaklaştırılması amacıyla Matlab R2011b programı ile hazırlanmış olan matematik tabanlı bir yazılım kullanılmıştır. Kullanılan yazılım K.U.Leuven Üniversitesi ESAT grubu tarafından, testin gerçekleştirildiği yansısız odanın frekans aralıklarına uygun olarak geliştirilmiş bir yazılımdır.

Boynuz antenlerin kullanıldığı yansısız oda testlerinde elektrik ve manyetik alanın doğrultusu birbirine diktir. Koaksiyel test düzeneğinde ise elektriksel alan çemberin merkezinden çevresine doğru  $360^{\circ}$ 'lik yarıçaplar oluşturacak şekilde ilerler. Manyetik alan ise yine elektrik alanına diktir ancak farklı çaplara sahip daireler formundadır.



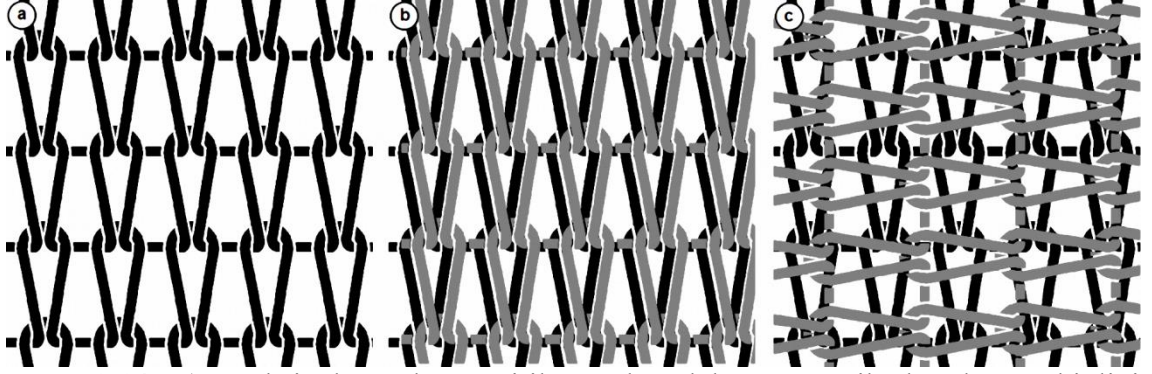
**Şekil 3.13.** (a) Ekranlama etkinliği ölçümlerinde kullanılan koaksiyel iletim hattı modeline uygun olarak tasarlanmış test ekipmanı, (b) elektrik ve manyetik alan

Koaksiyel iletim hattı modeline uygun olarak tasarlanmış ekipmanda, 100 MHz - 1,5 GHz'lik bir frekans jeneratörü ile üretilen frekans 10 dB'lik bir hafifleticinin ardından ElectroMetrics (EM2701A) model bir eş eksenli adaptöre geçtikten sonra ikinci bir 10 dB'lik hafifleticiden geçerek HP8510C model network analizatörüne ilerlemekte ve ekranlama etkinliği değerleri tespit edilmektedir.

Kumaş numunelerinin koaksiyel test düzeneği ile yapılan testleri:

- Tek kat kumaş
- Birbirine paralel olarak konumlandırılmış iki kat kumaş
- Birbirine dik olarak konumlandırılmış iki kat kumaş

olacak şekilde 5'er tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. (a) Koaksiyel test düzeneği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği testlerinde kumaş pozisyonlarının şematik çizimi, a) tek kat kumaş, b) birbirine paralel olarak konumlandırılmış iki kat kumaş, c) birbirine dik olarak konumlandırılmış iki kat kumaş

Her iki test düzeneği ile elde edilen elektrik alan yoğunluğu değerlerinin EMSE hesaplamaları 2.4 numaralı eşitlik ile Matlab R2011b programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamaları tamamlanan EMSE verileri daha sonra MS Excel 2010 programına aktararak grafikler hazırlanmıştır. EMSE verileri yine Matlab ve MS Excel programları kullanılarak SPSS 13.0 programında kullanılmak üzere uygun şekilde düzenlenmiştir.

### 3.2.3. Bulguların değerlendirilmesi

Pamuk iplik numarasının, metal tel tipinin ve uygulanan frekans değerinin iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla, tek, iki ve üç faktörlü sınırlamasız varyans analizleri kullanılmıştır. Varyans analizlerinin hesaplanmasında SPSS 13 programından yararlanılmıştır.

İki faktörlü sınırlamasız varyans analizinde kurulan hipotezler ve uygulanan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

$$H01: \sum A_j = 0$$

$$HA1: \sum A_j \neq 0$$

$$H02: \sum B_k = 0$$

$$HA2: \sum B_k \neq 0$$

$$H03: \sum AB_{jk} = 0$$

$$HA3: \sum AB_{jk} \neq 0$$

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + AB_{jk} + \varepsilon(ijk)$$

$Y_{ijk}$  : Ölçüm Değeri;

$\mu$  : Yığının ortalama değeri;

$A_j$  : Birinci faktörün j. seviyesindeki etkisi;

$B_k$  : İkinci faktörün k. seviyesindeki etkisi;

$AB_{jk}$  : Birinci faktörün j. seviyesi ile ikinci faktörün k. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$\varepsilon(ijk)$  : Birinci faktörün j. seviyesi, ikinci faktörün k. seviyesindeki i. gözlemdaki tesadüfi hata.

Üç faktörlü sınırlamasız varyans analizinde kurulan hipotezler ve uygulanan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

$$H01: \sum A_j = 0$$

$$HA1: \sum A_j \neq 0$$

$$H02: \sum B_k = 0$$

$$HA2: \sum B_k \neq 0$$

$$H03: \sum C_m = 0$$

$$HA3: \sum C_m \neq 0$$

$$H04: \sum AB_{jk} = 0$$

$$HA4: \sum AB_{jk} \neq 0$$

$$H05: \sum AC_{jm} = 0$$

$$HA5: \sum AC_{jm} \neq 0$$

$$H06: \sum BC_{km} = 0$$

$$HA6: \sum BC_{km} \neq 0$$

$$H07: \sum ABC_{jkm} = 0$$

$$HA7: \sum ABC_{jkm} \neq 0$$

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + C_m + AB_{jk} + AC_{jm} + BC_{km} + ABC_{jkm} + \varepsilon(ijkm)$$

$Y_{ijk}$  : Ölçüm Değeri;

$\mu$  : Yığının ortalama değeri;

$A_j$  : Birinci faktörün j. seviyesindeki etkisi;

$B_k$  : İkinci faktörün k. seviyesindeki etkisi;

$C_m$  : Üçüncü faktörün m. seviyesindeki etkisi;

$AB_{jk}$  : Birinci faktörün j. seviyesi ile ikinci faktörün k. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$AC_{jm}$  : Birinci faktörün j. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

BC<sub>km</sub> : İkinci faktörün k. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

ABC<sub>jk</sub>m: Birinci faktörün j. seviyesi, ikinci faktörün k. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$\epsilon$ (ijk<sub>m</sub>): Birinci faktörün j. seviyesi, ikinci faktörün k. seviyesi, üçüncü faktörün m. seviyesindeki i. gözlemdaki tesadüfi hata.

Analiz sonuçları  $\alpha=0,05$  anlamlılık derecesi için değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda  $P<0,05$  olduğunda incelenen faktörün kumaş özelliklerine etkisi olmadığını,  $P>0,05$  olduğunda incelenen faktörün test edilen özellik üzerine etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Etkisi bulunan faktörün, seviyeleri arasındaki farkı görmek için SNK (Student Newman Keuls) testine başvurulmuştur. Bu test sonunda elde edilen tabloda biri birinden istatistiksel açıdan farklı faktör seviyeleri aynı harfler ile, aralarında fark olmayan seviyeler ise farklı harfler ile gösterilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Doktora tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar;

- elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan kumaşlar,
- cep kısmında elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan giysiler ve
- örme kumaşlar ile elektronik tekstil yapılarının geliştirilmesine yönelik yapılan

çalışmalar olmak üzere 3 ana başlık altında sunulmuştur.

### 4.1. Elektromanyetik Dalgalara Karşı Koruma Sağlayan Kumaşlar

Elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan örme kumaş yapılarının üretiminde iletken metal tel içeren kompozit iplikler, iletken metal iplikler ve iletken materyaller ile kaplanmış iplikler kullanılmıştır.

#### 4.1.1. İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisi

İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla, E20 incelikteki yuvarlak örme makinesiyle tişört olarak kullanılmaya uygun ince RL (süprem) kumaş yapıları ve E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak kazak olarak kullanılmaya uygun kalın 1x1 Rib (ribana) kumaş yapıları üretilmiştir.

Ön denemeler esnasında, 100 µm çaplı bakır tel içeren kompozit ipliklerin kalın ve sert olmaları nedeniyle iğneler üzerinde yüksek oranda sürtünme kuvvetine neden olduğu, koptuğu ve düzgün bir kumaş yüzeyi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Örme makinelerinin zarar görmemesi için çok küçük kumaş numuneleri üretilerek üretim sonlandırılmıştır.

İletken kompozit iplik tipinin kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel, 50 µm çaplı bakır tel, 70 µm çaplı bakır tel ve Ne 30/1, Ne 40/1, Ne 60/2, Ne 80/2 numara ham pamuk ipliği içeren 16 farklı iletken kompozit iplik kullanılarak RL ve 1x1 Rib kumaş yapıları üretilmiştir. Metal tel etkisinin daha iyi karşılaştırılabilmesi amacıyla %100 pamuklu

kumaşlar da üretilmiştir. Kumaşların boyutsal özellikleri Çizelge 3.2, Çizelge 3.3'te açıklanmış ve fotoğrafları Ek 2, Ek 3 ve Ek 4'te sunulmuştur.

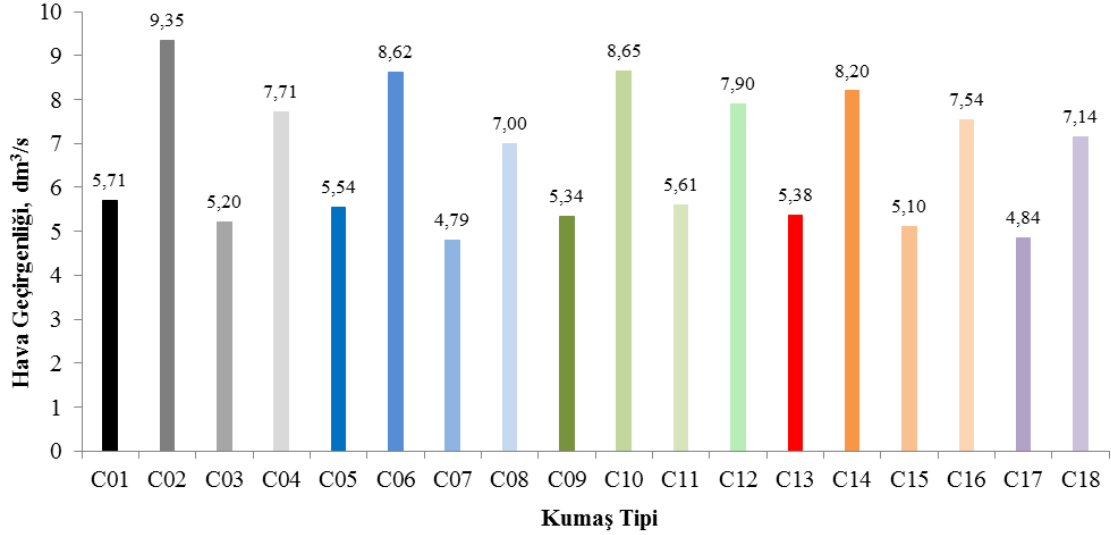
Kumaşların üretimine ilk olarak 70 µm çaplı bakır tel içeren kompozit iplikler ile başlanmış ve makine ayarları yapıldıktan sonra tüm kumaşlar aynı makine ayarlarında üretilmiştir. Bu sebeple, Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te de görüldüğü üzere kumaşların ilmek iplik uzunluğu ölçüm sonuçları birbirine çok yakın değerler vermiştir. Ancak, kumaşların metrekare ağırlıklarının farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun, kumaşların üretiminde kullanılan kompozit ipliklerin nihai iplik numaralarının (Çizelge 3.1) farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Giyim konforu çeşitli fiziksel ve fiziksel olmayan uyaranların etkileşiminden kaynaklanan son derece karmaşık bir olgudur. Hava geçirgenliği kumaşın konfor özelliklerini etkilemektedir. Bu sebeple, çalışma kapsamında üretilen RL ve 1x1 Rib kumaşların hava geçirgenliği değerleri incelenmiş ve iletken kompozit iplikli kumaşların hava geçirgenliği değerleri %100 pamuklu kumaşlarla karşılaştırılmıştır.

RL kumaşlar için yapılan hava geçirgenliği test sonuçları (Şekil 4.1) incelendiğinde Ne 30/1 pamuk ipliği içeren kumaşların Ne 40/1 pamuk ipliği içeren kumaşlardan ve Ne 60/2 pamuk ipliği içeren kumaşların da Ne 80/2 pamuk ipliği içeren kumaşlardan daha düşük hava geçirgenliği değerleri verdiği görülmüştür. Değerler, tek kat ya da çift kat pamuk ipliği kullanımı açısından incelendiğinde, çift kat pamuk ipliği (Ne 60/2, Ne 80/2) içeren kumaşların büyük çoğunluğunun tek kat pamuk ipliği (Ne 30/1, Ne 40/1) içeren kumaşlardan daha düşük hava geçirgenliği değerleri verdiği görülmektedir.

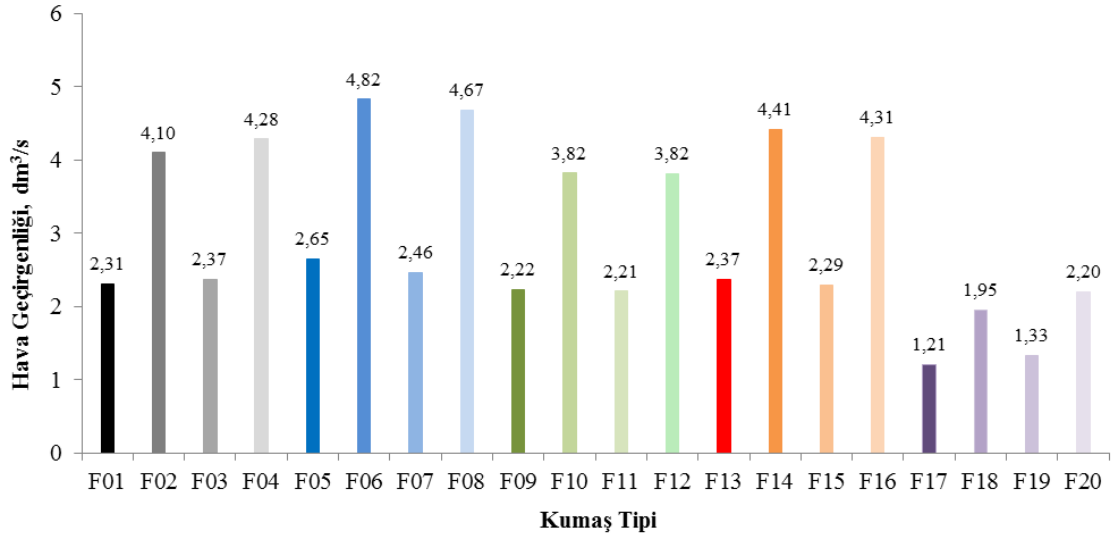
İletken kompozit iplik içeren RL kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin %100 pamuk iplikli kumaşlara kıyasla bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak bu farkın çok büyük olmadığı ve Ne 30/1 ve Ne 60/2 numara pamuk ipliği içeren iletken kompozit iplikli kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin Ne 40/1 iplik içeren %100 pamuklu kumaştan daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, iletken kompozit iplikli

RL kumaşların hava geçirgenliği değerleri açısından kabul edilebilir değerlere sahip olduğu olarak yorumlanmıştır.



**Şekil 4.1.** RL kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları

1x1 Rib kumaşlar için yapılan hava geçirgenliği test sonuçları (Şekil 4.2) incelendiğinde; RL kumaşlara benzer şekilde, Ne 30/1 pamuk ipliği içeren kumaşların Ne 40/1 pamuk ipliği içeren kumaşlardan ve Ne 60/2 pamuk ipliği içeren kumaşların da Ne 80/2 pamuk ipliği içeren kumaşlardan daha düşük hava geçirgenliği değerleri verdiği görülmüştür. Değerler, tek kat ya da çift kat pamuk ipliği kullanımı açısından incelendiğinde, RL kumaşlardaki kadar net bir ayırım yapılamamaktadır. Ne40/1 ve Ne 80/2 pamuk ipliği içeren iletken kompozit iplikli 1x1 Rib kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin %100 pamuklu iplikli kumaşlara kıyasla belirgin bir oranda daha yüksek olduğu görülmektedir. Ne 30/1 ve Ne 60/2 numara pamuk ipliği içeren iletken kompozit iplikli kumaşlar ile %100 pamuk iplikli kumaşlar içinse bu farkın çok büyük olmadığı görülmektedir.



**Şekil 4.2.** 1x1 Rib kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları

RL ve 1x1 Rib örme kumaş yapılarının elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri koaksiyel-eş eksenli iletim hattı test düzeneğinde (100 MHz - 1,5 GHz frekans değerleri arasında) ve serbest uzay test düzeneğinde (1 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasında) gerçekleştirilmiştir.

#### **4.1.1.1. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları**

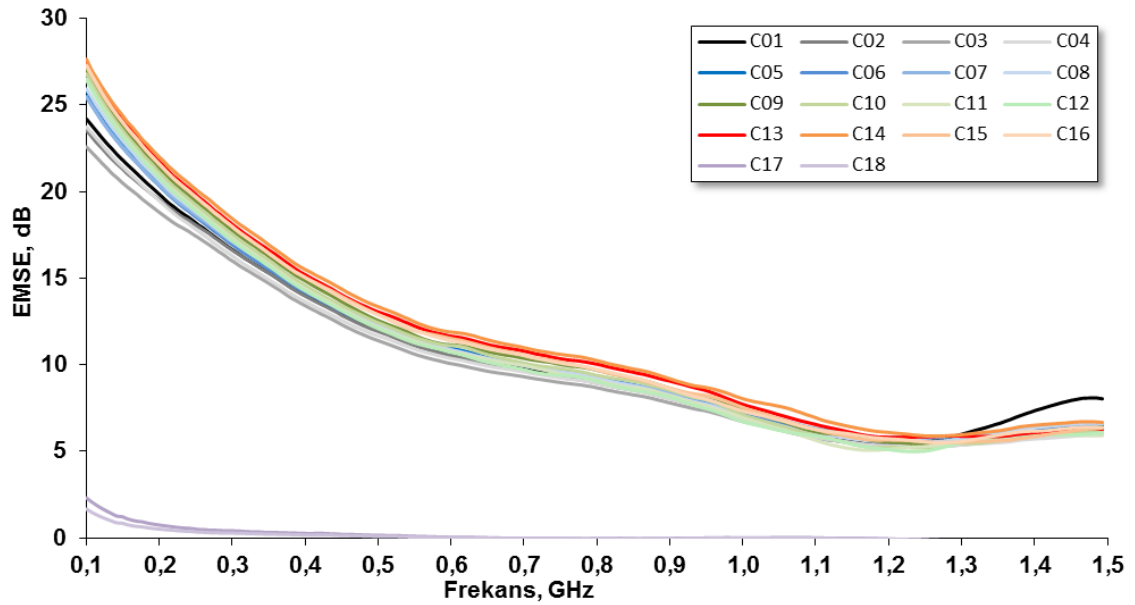
RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.3) incelendiğinde, literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak (Örtlek ve ark. 2011 ve Örtlek ve ark. 2012) iletken kompozit iplik içeren kumaşların (%100 pamuk iplikli kumaşların aksine) elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliğine sahip olduğunu tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak (Cheng 2000, Lin ve ark. 2007, Örtlek ve ark. 2011, Örtlek ve ark. 2012 ve Soyaslan ve ark. 2010), kumaşların düşük frekans değerlerindeki EMSE değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bir kumaş dışındaki (C12-4,98dB) tüm kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 5 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

İletken kompozit iplikli RL kumaşların EMSE test sonuçları incelendiğinde; EMSE değerlerinin 100 MHz – 1,2 GHz frekans değerleri arasında azalma eğiliminde olduğu,



1,2 GHz – 1,5 GHz frekans değerleri arasında ise artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu sonuç literatürdeki çalışmalarla (Cheng 2000 ve Örtlek ve ark. 2012) uyumludur. İletken kompozit iplikli RL kumaşların tümü 100 MHz – 163 MHz frekans aralığında 20 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Kumaşların EMSE değerlerinin 338 MHz frekans değerine kadar 15 dB'in üzerinde olduğu, 604 MHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 975 MHz frekans değerine kadar da 4,98 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Elektromanyetik ekranlama elemanı olarak kullanılacak tekstil malzemelerinin sahip olması gereken özellikler, Fonksiyonel ve Teknik Tekstillerin Akreditasyon ve Sertifikasyon Uygunluğunun Değerlendirilmesi Komitesi tarafından Çizelge 2.8'de belirtilmiş ve sınıflandırılmıştır. Buna göre, genel kullanım amacıyla kullanılacak ürünlerin (gündelik giyim, ofis üniforması, hamile elbisesi, önlük, elektronik tüketim ürünleri ve iletişim ile ilgili ürün ya da diğer yeni uygulamalar) 5 dB (%70 koruma) ve üzerinde EMSE sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.3. RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Metal tel tipi, pamuk ipliği numarası ve uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 3 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. 100 MHz – 1,5 GHz frekans bandı 4

bölüme ayrılmış ve ölçümlerin değerlendirilmesi bu şekilde yapılmıştır. Sonuç olarak, her üç faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi ve pamuk ipliği için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

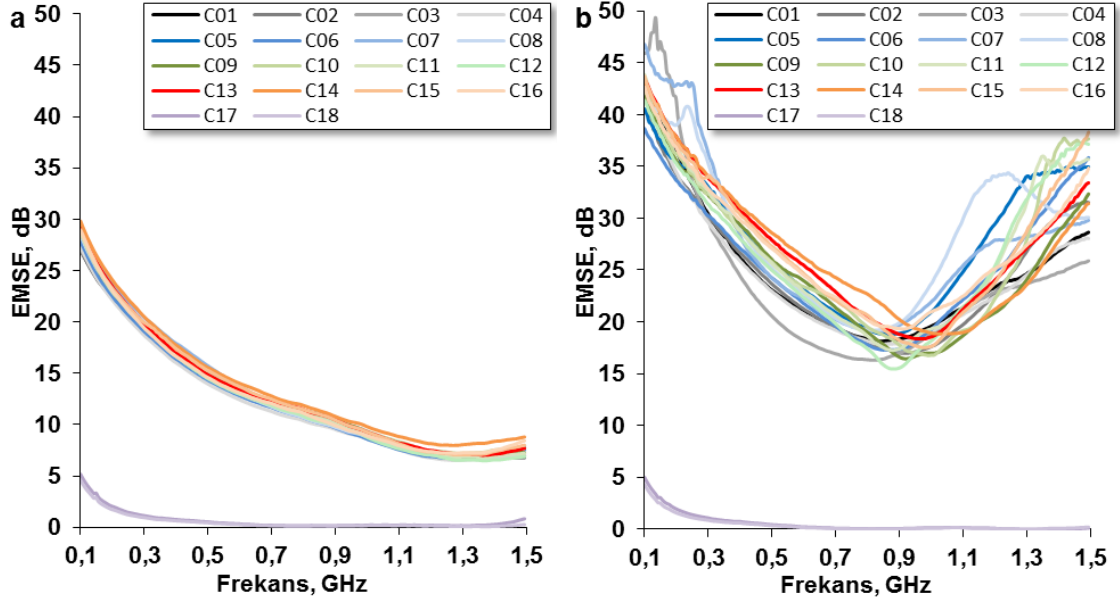
**Çizelge 4.1.** RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE değerlerinin SNK testi sonuçları

	100-400MHz	400-800MHz	800MHz-1,2GHz	1,2-1,5GHz
<b>Pamuk İpliği</b>				
Ne 30/1 Pamuk	15,79494 b	9,19693 b	5,93222 b	4,85378 b
Ne 40/1 Pamuk	15,66400 a	9,16089 a	5,90600 a	4,67104 a
Ne 60/2 Pamuk	19,13648 c	11,17924 c	7,18551 d	5,82217 c
Ne 80/2 Pamuk	19,29527 d	11,20792 d	7,15398 c	5,80690 c
<b>Metal Tel</b>				
35 µm Çelik	18,18536 b	10,76251 b	6,98130 b	5,93072 c
50 µm Çelik	19,19597 c	11,24364 c	7,27196 d	6,02259 d
50 µm Bakır	19,68643 d	11,30494 d	7,14977 c	5,70902 b
70 µm Bakır	20,37084 e	11,99238 e	7,27196 e	6,00946 d
100% Pamuk	0,63366 a	0,06194 a	-0,01601 a	-0,27337 a

SNK analizleri incelendiğinde, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde 70 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların da 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların 100 MHz – 800 MHz frekans aralığında 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği, ancak bu durumun 800 MHz – 1,5 GHz bandında tam tersine döndüğü görülmüştür. %100 pamuklu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermediği ancak metal tel içeren kumaşların pamuk iplik numarasındaki farklılığa bağlı olarak birbirinden farklı EMSE özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Metal tel içeren kumaşlardan Ne 30/1 pamuk ipliği ile üretilenlerin Ne 40/1 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE gösterdiği görülmüştür. Aynı durum Ne 60/2 ve Ne 80/2 pamuk iplikli kumaşlar için net olarak söylenememektedir. Ancak, Ne 60/2 ve Ne 80/2 pamuk iplikli kumaşlar Ne 30/1 ve Ne 40/1 pamuk ipliği ile örülen kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerleri vermiştir.

RL kumaşların iki kat olarak yapılan test sonuçları (Şekil 4.4) incelendiğinde, birbirine paralel olarak duran iki kat kumaşların 6,06 dB ve üzerinde sonuçlar verdikleri, dik

olarak duran kumaşların ise en yüksek değerleri verdiği ve 15,41 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı görülmüştür.



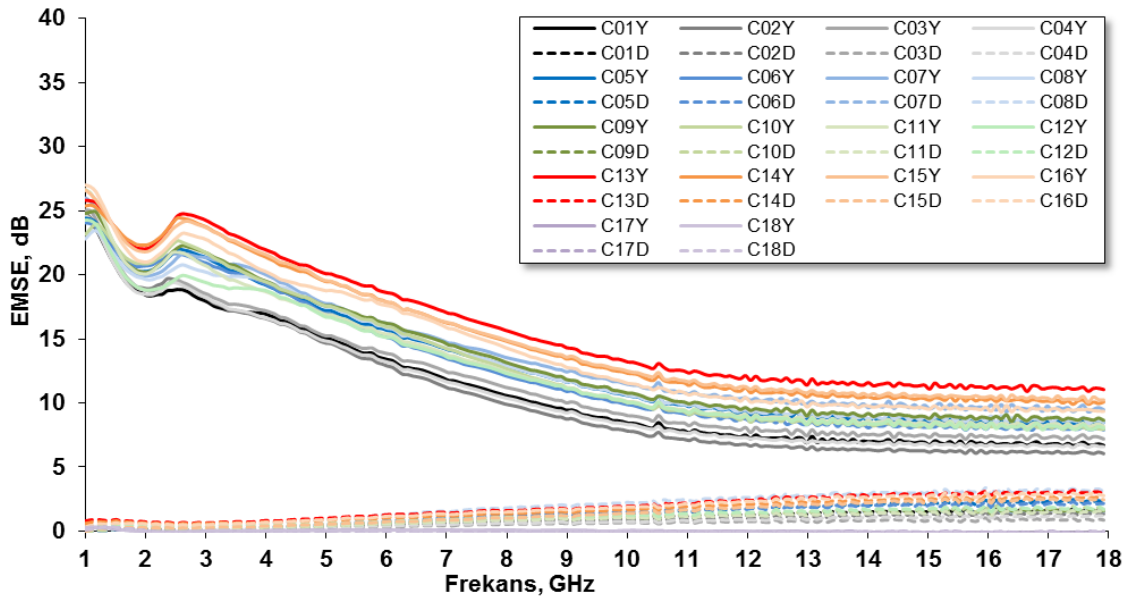
**Şekil 4.4.** İki kat RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları (a) paralel, (b) dik

#### 4.1.1.2. RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.5) incelendiğinde anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, Mühl ve Obelenski (2004), Örtlek ve ark. (2012), Volski ve Vandebosch (2009) tarafından yapılmış çalışmalar ile uyumludur. RL kumaşların anten düzlemine göre dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliği göstermediği tespit edilmiştir. Mühl ve Obelenski (2004) ve Stegmaier ve ark. (2008) çalışmalarında, örme kumaşların anten düzlemine göre dikey olarak konumlandırıldığı durumda da elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliği gösterdiğini belirtmişler de, yazarların araştırmaları kapsamında inceledikleri kumaşların iletken metal lif katkılı iplikler ve iletken materyaller kaplanmış iplikler kullanılarak üretilen örme kumaş yapıları olduğu unutulmamalıdır. %100 pamuklu kumaşlar her iki durumda da elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermemektedir.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların ekranlama etkinliği değerlerinin 1 GHz frekans değerinde ortalama 25 dB olduğu ancak artan frekans değerine bağlı olarak 2 GHz frekans değerine kadar azalma gösterdiği, daha sonra 2 - 2,5 GHz frekans değerleri arasında artış gösterdiği ve devamında 13 GHz frekans değerine kadar azalma gösterdiği tespit edilmiştir. 13-18 GHz frekans bandında ise ekranlama etkinliğindeki azalmanın kısmen daha az olduğu ve neredeyse düz bir doğru formunda olduğu görülmüştür.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların 1 – 3 GHz frekans bandındaki elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları incelendiğinde, Ne 80/2 pamuk ve 50 µm paslanmaz çelikten oluşan kompozit ipliklerle örülen kumaş dışında kalan tüm 50 µm paslanmaz çelik, 50 µm bakır ve 70 µm çelik tel içeren kumaşların 20 dB ve üzerinde ekranlama etkinliği gösterdiği görülmüştür.



**Şekil 4.5.** RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

Metal tel tipi, pamuk ipliği numarası ve uygulanan frekans değerinin yatay olarak konumlandırılmış kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 3 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. 1 – 18 GHz frekans bandı 4 bölüme ayrılmış ve ölçümlerin değerlendirilmesi bu şekilde yapılmıştır. Sonuç olarak incelenen, her üç faktörün de kumaşların EMSE değerlerine

istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi ve pamuk ipliği için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Yatay olarak konumlandırılmış RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

	1–5 GHz	5–9 GHz	9–13 GHz	13–18 GHz
<b>Pamuk İpliği</b>				
Ne 30/1 Pamuk	16,48138 a	11,60303 b	8,148350 b	7,144513 b
Ne 40/1 Pamuk	16,43734 a	11,12411 a	7,544192 a	6,571366 a
Ne 60/2 Pamuk	20,59328 c	14,39820 d	10,23298 d	9,033794 d
Ne 80/2 Pamuk	19,87265 b	13,92120 c	9,574495 c	8,365107 c
<b>Metal Tel</b>				
35µ Çelik	18,38878 b	11,90673 b	7,899027 b	6,842888 b
50µ Çelik	20,42095 d	14,26250 d	10,06188 d	8,820732 d
50µ Bakır	20,32273 c	14,12023 c	9,691064 c	8,471023 c
70µ Bakır	22,45446 e	16,40510 e	11,76836 e	10,44716 e
100% Pamuk	0,0548045 a	0,0675080 a	0,00565837 a	-0,076114 a

SNK analizleri incelendiğinde 70 µm çaplı bakır tel içeren RL kumaşların en yüksek EMSE değerlerini verdiği tespit edilmiştir. 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde 70 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların da 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların, 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. %100 pamuklu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermediği ancak metal tel içeren kumaşların pamuk iplik numarasındaki farklılığa bağlı olarak birbirinden farklı EMSE özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Metal tel içeren kumaşlardan Ne 30/1 pamuk ipliği ile üretilenlerin Ne 40/1 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE gösterdiği görülmüştür. Benzer şekilde Ne 60/2 pamuk ipliği ile üretilenlerin de Ne 80/2 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE göstermiştir. Ne 60/2 ve Ne 80/2 pamuk iplikli kumaşlar Ne 30/1 ve Ne 40/1 pamuk ipliği ile örülen kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerleri vermiştir.

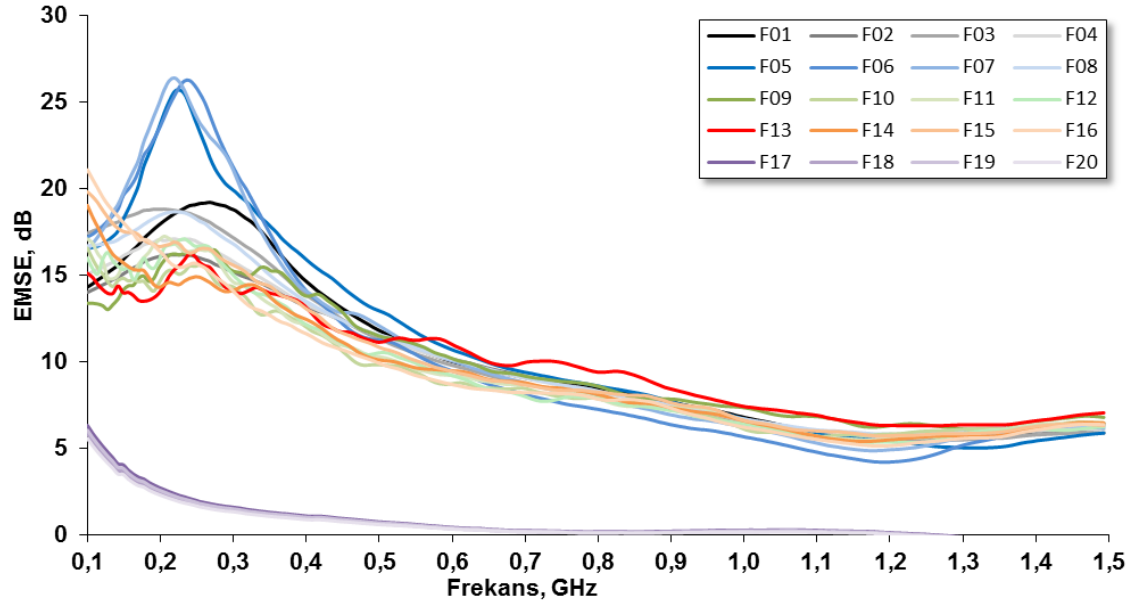
Metal tel içeren kumaşların 1800 MHz (GSM-2G), 2100 MHz (GSM-3G) ve 2450 MHz (Bluetooth, WLAN) frekans değerleri için yapılan EMSE ölçüm sonuçları ile kumaşların üretiminde kullanılan kompozit ipliklerin nihai iplik numaraları (Dtex) arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0,910, 0,897 ve 0,910 olarak hesaplanmıştır. Kumaşların, bu frekans değerlerindeki EMSE değerleri ile içerdikleri iletken metal tel

çapı (mm) arasındaki korelasyon katsayıları ise sırasıyla 0,936, 0,913 ve 0,898 (paslanmaz çelik) ve 0,842, 0,816 ve 0,783 (bakır) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kompozit iplik numarası / metal tel çapı ile EMSE değerleri arasında güçlü pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle metal çapı arttıkça EMSE değerleri de artmaktadır. 50 µm çaplı bakır tellerin 7,970 mΩ/m direnç değerine sahipken 70 µm çaplı bakır tellerin 4,463 mΩ/m direnç değerine sahip olduğu göz önüne alındığında bu sonuçlar direnç kanunuyla uyumlu ancak Perumalraj ve Dasaradan'ın çalışması ile (2009) uyumsuzdur. Perumalraj ve Dasaradan (2009) çalışmalarında; bakır tellerin çaplarındaki artışa bağlı olarak eğilme telin rijitliğinin arttığını bunun da ilmek yoğunluğunun azalmasına neden olduğunu ve EMSE değerlerinde azalma olduğunu belirtmiştir. Bununla beraber, tez çalışması kapsamında üretmiş olduğumuz kumaşların ilmek yoğunluğu değerleri incelendiğinde metal tel çapındaki artışa bağlı olarak ilmek yoğunluğu değerlerinde azalma olmadığı görülmektedir. Kumaşların sıra sıklığı değerleri ile yine aynı frekans değerlerindeki EMSE ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayıları 0,882, 0,800 ve 0,786 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar da kumaşların sıra sıklığı ve EMSE değerleri arasında güçlü pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir.

Üretilen RL kumaşlara dokunulduğunda, çift kat pamuk iplikleri (Ne 60/2 ve Ne 80/2) ile üretilen kumaşların tek kat pamuk ipliği (Ne 30/1 ve Ne 40/1) ile örülen kumaşlara kıyasla daha yumuşak olduğu görülmüştür. Ne 40/1 ve Ne 80/2 pamuk ipliklerinin daha ince olması nedeniyle, bu iplikler ile üretilen kumaşlarda metal tellerin Ne 30/1 ve Ne 60/2 pamuk iplikli kumaşlara kıyasla daha fazla hissedildiği görülmüştür.

#### **4.1.1.3. 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları**

1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.6) incelendiğinde iki kumaş dışındaki (F06-4.20dB ve F07-4.86dB) tüm kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 5 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.6.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

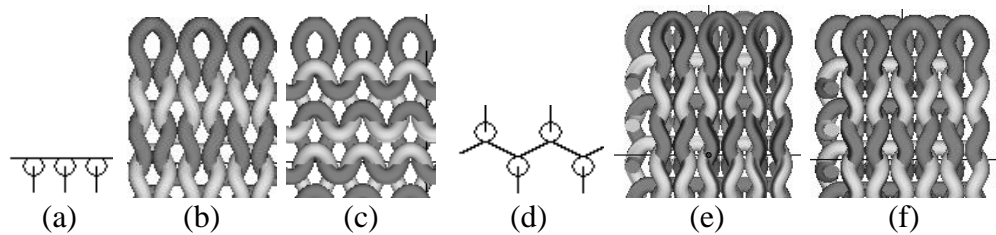
Kompozit ipliği oluşturan metal tel tipi, pamuk ipliği numarası ile testlerde uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 3 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Verilerin çokluğu nedeniyle 100 MHz – 1,5 GHz frekans bandı 4 bölüme ayrılmış ve ölçümlerin değerlendirilmesi bu şekilde yapılmıştır. Sonuç olarak, her üç faktörün ve kesişimlerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi ve pamuk ipliği için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

	100-400MHz	400-800MHz	800MHz-1,2GHz	1,2-1,5GHz
<b>Pamuk İpliği</b>				
Ne 30/1 Pamuk	13,84961 c	8,76340 c	5,76540 c	4,80881 c
Ne 40/1 Pamuk	13,42326 b	7,89782 a	5,12059 a	4,62820 a
Ne 60/2 Pamuk	14,34323 d	8,09357 b	5,27229 b	4,65665 ab
Ne 80/2 Pamuk	13,11594 a	7,94112 a	5,29426 b	4,66995 b
<b>Metal Tel</b>				
35µ Çelik	16,37974 d	10,38559 d	6,69812 c	5,81763 c
50µ Çelik	19,48334 e	10,50181 e	6,36842 b	5,69756 b
50µ Bakır	14,95679 b	9,66385 b	6,70679 c	6,13863 e
70µ Bakır	15,24691 c	9,86114 c	6,87481 d	6,08613 d
100% Pamuk	2,34827 a	0,45748 a	0,16754 a	-0,28544 a

SNK analizleri incelendiğinde, 100 MHz – 800 MHz frekans aralığında 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmektedir. Ancak frekans değeri arttıkça bu durumun tersine döndüğü ve 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların EMSE değerlerinin 50 µm çaplı paslanmaz çelik telli kumaşlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer durumun 50µm ve 70µm çaplı bakır tel içeren kumaşlarda da görüldüğü tespit edilmiştir. 100 MHz – 1,2 GHz frekans aralığında 70 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların 50µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği, ancak bu durumun 1,2 GHz - 1,5 GHz frekans bandında tam tersine döndüğü görülmüştür. 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 100 MHz – 800 MHz frekans aralığında 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği, 800 MHz – 1,5 GHz bandında ise bu durumun tam tersine döndüğü görülmüştür.

Bu sonuçlar, RL ve 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçlarının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, literatürdeki çalışmalarla (Örtlek ve ark. 2011) uyumludur. RL (Şekil 4.7. a,b,c) ve 1x1 Rib (Şekil 4.7. d,e,f) kumaşların üretim teknolojilerinin birbirinden oldukça farklı olması (makine inceliği, tek kat/üç kat iplik beslenmesi, makine ayarları) dolayısıyla da sıra sıklığı, çubuk sıklığı, ilmek iplik uzunluğu, kalınlık, yüzey pürüzlülüğü gibi boyutsal ve fiziksel özelliklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.



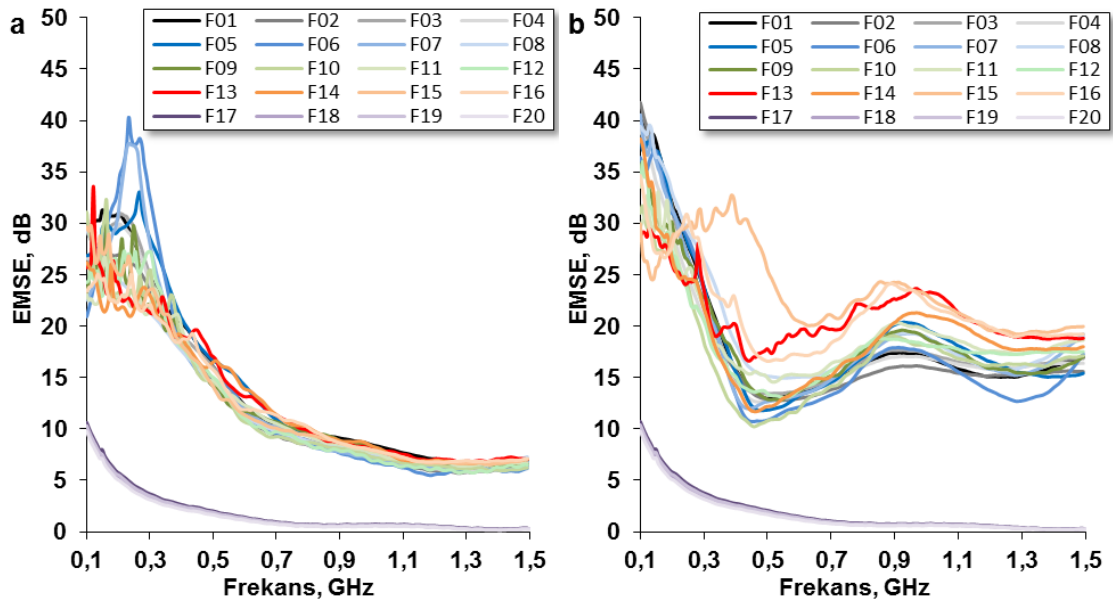
**Şekil 4.7.** RL örgü yapısının (a) iğne diyagramı ve (b) ön, (c) arka yüz açık ilmek görüntüsü olarak gösterimi, 1x1 Rib örgü yapısının (d) iğne diyagramı ve (e) ön, (c) arka yüz açık ilmek görüntüsü olarak gösterimi

%100 pamuklu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermediği ancak metal tel içeren kumaşların pamuk iplik numarasındaki farklılığa bağlı olarak birbirinden farklı EMSE özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Metal tel içeren



kumaşlardan Ne30/1 pamuk ipliği ile üretilenlerin Ne 40/1 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE gösterdiği görülmüştür. Aynı durum Ne 60/2 ve Ne 80/2 pamuk iplikli kumaşlar için net olarak söylenememektedir.

Rib kumaşların iki kat olarak yapılan test sonuçları (Şekil 4.8) incelendiğinde, birbirine paralel olarak duran iki kat kumaşların 5,28 dB ve üzerinde sonuçlar verdikleri, dik olarak duran kumaşların ise en yüksek değerleri verdiği ve 9,93 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı görülmüştür.

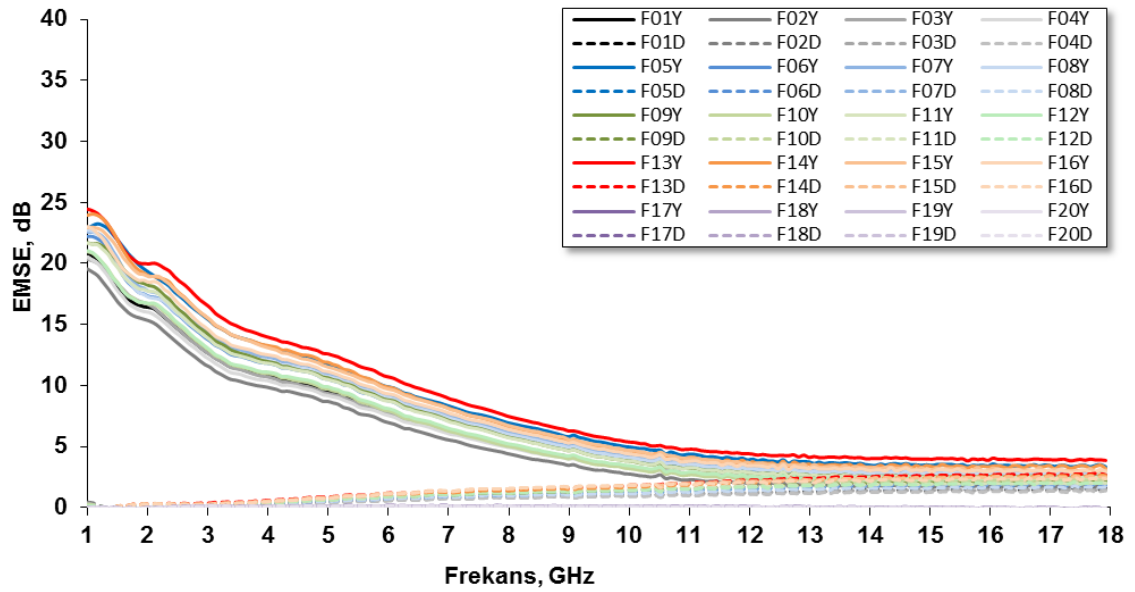


Şekil 4.8. İki kat 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE sonuçları; (a) paralel, (b) dik konumda yerleşmesi durumunda

#### 4.1.1.4. 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.9) incelendiğinde anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği gösterdiği görülmüştür. Aynı kumaşların anten düzlemine göre dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliği göstermediği tespit edilmiştir. %100 pamuklu kumaşlar her iki durumda da elektromanyetik dalgalara karşı koruma etkisi göstermemektedir.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların ekranlama etkinliği değerlerinin 1 GHz frekans değerinde ortalama 22 dB olduğu ancak artan frekans değerine bağlı olarak 13 GHz frekans değerine kadar azalma gösterdiği tespit edilmiştir. 13 - 18 GHz frekans bandında ekranlama etkinliğindeki azalmanın kısmen daha az olduğu ve neredeyse düz bir doğru formunda olduğu görülmüştür. EMSE test sonuçları incelendiğinde 1x1 Rib kumaş yapılarının tümünün 1-3 GHz frekans aralığında 11,49 dB ve üzerinde EMSE gösterdiği görülmüştür. Kumaşların EMSE değerlerinin 3,720 GHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 7,375 GHz frekans değerine kadar da 5 dB'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, RL ve 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçlarının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, literatürdeki çalışmalarla (Örtlek ve ark. 2012) uyumludur.



**Şekil 4.9.** 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

Kompozit ipliği oluşturan metal tel tipi, pamuk ipliği numarası ile testlerde uygulanan frekans değerinin yatay olarak konumlandırılmış kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 3 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Verilerin çokluğu nedeniyle 1 – 18 GHz frekans bandı 4 bölüme ayrılmış ve ölçümlerin değerlendirilmesi bu şekilde yapılmıştır. Sonuç olarak, her üç faktörün ve kesişimlerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak

önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tip ve pamuk ipliği için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Yatay olarak konumlandırılmış 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

	1–5 GHz	5–9 GHz	9–13 GHz	13–18 GHz
<b>Pamuk İpliği</b>				
Ne 30/1 Pamuk	12,52643 c	6,260850 d	3,137668 d	2,431688 d
Ne 40/1 Pamuk	11,61579 a	5,548740 a	2,589298 a	1,994422 a
Ne 60/2 Pamuk	12,06232 b	5,918442 c	2,864848 c	2,149146 c
Ne 80/2 Pamuk	11,61631 a	5,659857 b	2,698247 b	2,044675 b
<b>Metal Tel</b>				
35µ Çelik	13,33451 b	6,177592 b	2,776425 b	2,067022 b
50µ Çelik	15,43808 d	7,706513 d	3,849708 d	2,977960 d
50µ Bakır	14,51962 c	6,898392 c	3,131421 c	2,364991 c
70µ Bakır	16,43484 e	8,357934 e	4,306969 e	3,400048 e
100% Pamuk	0,0490030 a	0,09443070 a	0,04805255 a	-0,035108 a

SNK analizleri incelendiğinde 50 µm çaplı paslanmaz çelik telli kumaşların 35 µm çaplı paslanmaz çelik telli kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde 70 µm çaplı bakır telli kumaşların da 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. 50 µm çaplı paslanmaz çelik telli kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir. %100 pamuklu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermediği ancak metal tel içeren kumaşların pamuk iplik numarasındaki farklılığa bağlı olarak birbirinden farklı EMSE özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Metal tel içeren kumaşlardan Ne 30/1 pamuk ipliği ile üretilenlerin Ne 40/1 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE gösterdiği görülmüştür. Benzer şekilde Ne 60/2 pamuk ipliği ile üretilenlerin de Ne 80/2 pamuk ipliği ile üretilenlere kıyasla daha yüksek EMSE göstermiştir.

1x1 Rib kumaşlara dokunulduğunda, RL kumaşlara benzer şekilde, çift kat pamuk iplikleri (Ne 60/2 ve Ne 80/2) ile üretilen kumaşların tek kat pamuk ipliği (Ne 30/1 ve Ne 40/1) ile örülen kumaşlara kıyasla daha yumuşak olduğu görülmüştür. Ne 40/1 ve Ne 80/2 pamuk ipliklerinin daha ince olması nedeniyle, bu iplikler ile üretilen kumaşlarda metal tellerin Ne 30/1 ve Ne 60/2 pamuk iplikli kumaşlara kıyasla daha fazla hissedildiği görülmüştür.

RL ve 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları incelendiğinde, 70 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların en yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Bununla beraber, 70 µm çaplı bakır tel içeren kompozit ipliklerin uzun süreli kullanımının örme makinesindeki iğneler üzerinde daha fazla sürtünme kuvveti yaratacağı ön görülmektedir. Bu sebeple, elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip örme kumaş geliştirme çalışmalarının devam eden aşamalarında, “Ne 60/2 Pamuk ve 50 µm Paslanmaz Çelik Tel” ve “Ne 60/2 Pamuk ve 50 µm Bakır Tel” kullanılarak üretilen iletken kompozit ipliklerin kullanılmasına karar verilmiştir.

#### **4.1.2. Elastan iplik kullanımının kumaş özellikleri üzerine etkisi**

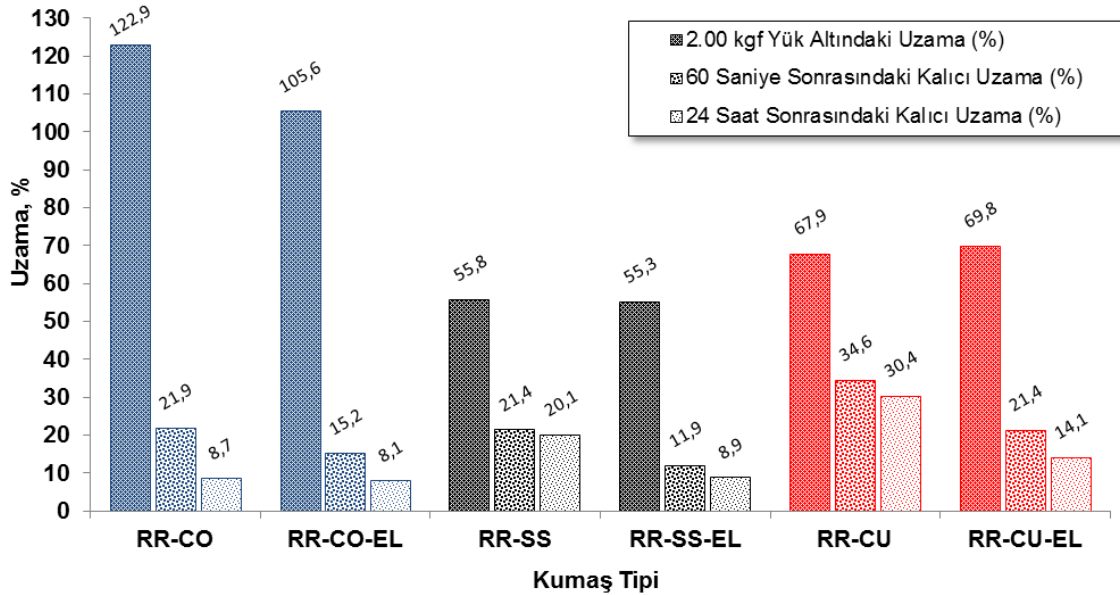
İletken kompozit iplikli RL ve 1x1 Rib kumaşların (metal tel içermeleri nedeniyle), esnetildikten sonra geri gelme davranışlarının kötü olduğu, esnek olmadığı ve kumaş yapısının bozulduğu görülmüştür.

Elastan iplik kullanımının kumaşların elastikiyet, kalıcı uzama ve EMSE değerleri üzerine olan etkisini incelemek amacıyla E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak elastan iplik içeren ve elastan iplik içermeyen 1x1 Rib kumaş yapıları üretilmiştir. Elastan iplikli kumaşların üretimi esnasında, biri metal tel içeren kompozit iplik diğer ikisi ise kompozit iplik üretiminde kullanılan pamuk ipliği olmak üzere 3 kat iplik ve 70 Denye elastan iplik makineye aynı anda beslenmiştir. İletken kompozit iplik olarak “Ne 60/2 Pamuk + 50 µm Paslanmaz Çelik Tel” ve “Ne 60/2 Pamuk + 50 µm Bakır Tel” içeren iplikler kullanılmıştır. Metal tel tipi etkisinin daha iyi incelenebilmesi amacıyla metal tel içermeyen kumaşlar da üretilmiştir. Kumaşların boyutsal özellikleri Çizelge 3.4’te açıklanmış ve fotoğrafları Ek 5’te sunulmuştur.

Kumaşların boyutsal özellikleri incelendiğinde, elastan iplik içeren kumaşların ilmek yoğunluğu ve gramaj değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bakır tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşlar paslanmaz çelik tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşlara kıyasla daha yoğun ve ağır gramajlıdır. Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların enine yöndeki elastikiyet ve kalıcı uzama test sonuçları Şekil 4.10’da verilmiştir.

2 kgf yük altındaki uzama değerleri incelendiğinde; iletken kompozit iplik içeren kumaşların % uzama değerlerinin iletken kompozit iplik içermeyenlere kıyasla belirgin bir seviyede daha düşük olduğu ve bakır tel içeren kumaşların uzama değerlerinin paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kumaşların 60 saniye ve 24 saat sonrasındaki kalıcı uzama değerleri incelendiğinde; elastan iplik içeren tüm kumaşların kalıcı uzama değerlerinin elastan iplik içermeyenlerden daha iyi olduğu ve paslanmaz çelik tel içeren kumaşların kalıcı uzama değerlerinin de bakır tel içeren kumaşlardan daha iyi olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.10.** Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların enine yöndeki elastikiyet ve kalıcı uzama test sonuçları

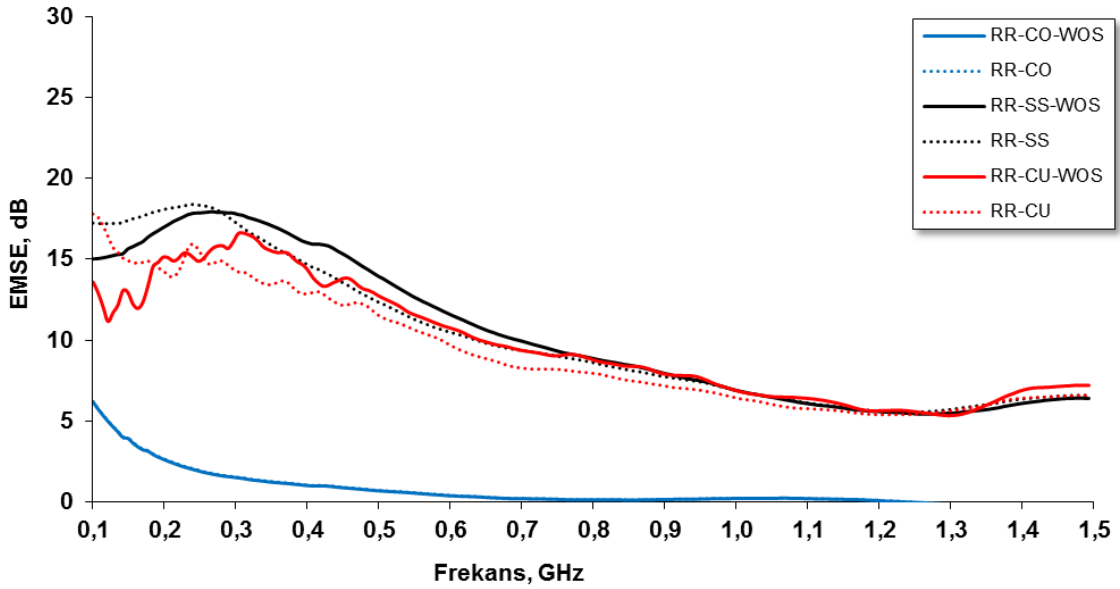
Elastan iplik kullanımının kumaşların EMSE değerleri üzerine olan etkisini incelemek amacıyla “koaksiyel iletim hattı” ve “serbest uzay tekniği” olmak üzere iki farklı metotla ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

#### 4.1.2.1. Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.11) incelendiğinde,

iletken kompozit iplik içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 5 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

Metal içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerleri karşılaştırıldığında, elastan iplik içeren paslanmaz çelik telli kumaşın, elastan iplik içermeyen paslanmaz çelik telli kumaştan daha yüksek EMSE değerine sahip olduğu görülmüştür (RR-SS: 5,57 dB, RR-SS-WOS: 5,44 dB). Benzer şekilde elastan iplik içeren bakır telli kumaşın, elastan iplik içermeyen bakır telli kumaştan daha yüksek EMSE değerine sahip olduğu görülmüştür (RR-CU: 5,40 dB, RR-CU-WOS: 5,34 dB).



**Şekil 4.11.** Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Elastan iplik kullanımı ve uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı, kumaşların elastan iplik içermesinin ya da içermemesinin ise EMSE değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, literatürdeki çalışmalarla (Örtlek ve ark. 2011) uyumludur.

Kompozit ipliği oluşturan metal tel tipi ile testlerde uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, metal tel tipinin ve uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

Metal Tel	EMSE (100 MHz – 1,5 GHz)	
Yok	0,67459 a	
50 µm Bakır		9,41346 b
50 µm Çelik		10,20158 c

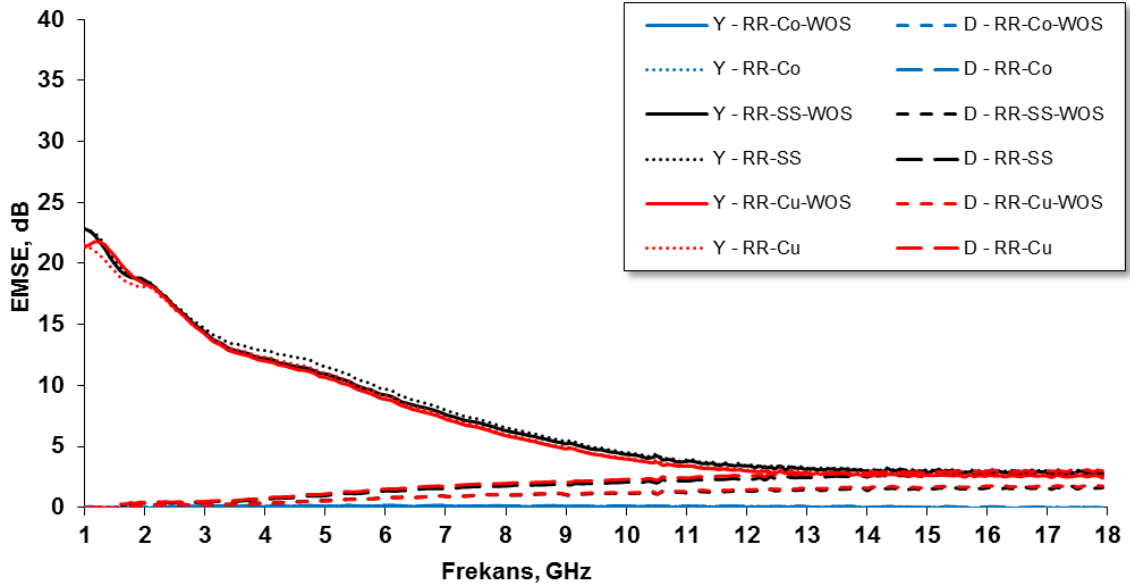
SNK analizleri incelendiğinde 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İletken metal tel içermeyen kumaşların ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmektedir.

#### 4.1.2.2. Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları

Elastan iplikli ve elastan ipliksiz 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.12) incelendiğinde, anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği gösterdiği görülmüştür. Aynı kumaşların anten düzlemine dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama özelliği göstermediği tespit edilmiştir. Metal tel içermeyen kumaşlar her iki durumda da elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermemektedir.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların ekranlama etkinliği değerlerinin 1 GHz frekans değerinde ortalama 22 dB olduğu ancak artan frekans değerine bağlı olarak 12 GHz frekans değerine kadar azalma gösterdiği, 13-18 GHz frekans bandında ise ekranlama etkinliğindeki azalmanın kısmen daha az olduğu ve neredeyse düz bir doğru formunda olduğu görülmektedir.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli 1x1 Rib kumaş yapılarının tümü 1-3 GHz frekans aralığında 14 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Kumaşların EMSE değerlerinin 5,335 GHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 8,735 GHz frekans değerine kadar da 5 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.12.** Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

Elastan iplik kullanımı ve uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı, kumaşların elastan iplik içermesinin ya da içermemesinin ise EMSE değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığı tespit edilmiştir.

Metal tel tipi ve uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, metal tel tipinin ve uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.



**Çizelge 4.6.** Elastan iplik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların (yatay olarak konumlandırılmış) serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

Metal Tel	EMSE (1 GHz - 18 GHz)	
Yok	0,05990 a	
50 µm Bakır		7,02971 b
50 µm Çelik		7,41581 c

SNK analizleri incelendiğinde 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İletken metal tel içermeyen kumaşların ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmektedir.

#### 4.1.3. Metal tel miktarının kumaş özellikleri üzerine etkisi

Farklı miktarlarda iletken metal tel içeren kumaşların EMSE değerlerinin karşılaştırılması amacıyla E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak elastan iplikli RL kumaş yapıları üretilmiştir. Kumaşların üretimi esnasında örgü bölgesine beslenen üç iplikten;

- her üçü de pamuk ipliği,
- biri iletken kompozit iplik ikisi pamuk ipliği,
- ikisi iletken kompozit iplik biri pamuk ipliği,
- her üçü de iletken kompozit iplik

olacak şekilde RL örgü yapısında kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların tümünün üretiminde 70 Denye elastan iplik de kullanılmıştır. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.8’de açıklanmış ve fotoğrafları Ek 6’da sunulmuştur.

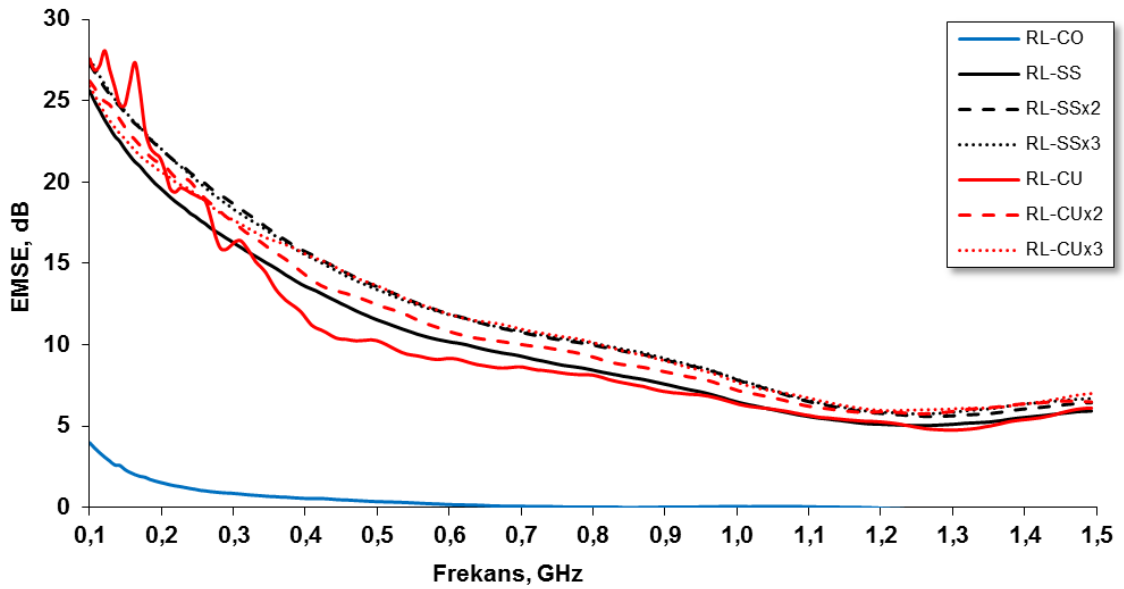
Kumaşların boyutsal özellikleri incelendiğinde, kompozit iplik kullanım miktarının artmasının kumaşların ilmek yoğunluğu değerlerinin azalmasına, gramaj değerlerinin ise artmasına neden olduğu görülmüştür.

Metal tel miktarının kumaşların EMSE değerleri üzerine olan etkisini incelemek amacıyla “koaksiyel iletim hattı” ve “serbest uzay tekniği” olmak üzere iki farklı metotla ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

#### 4.1.3.1. Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Farklı miktarlarda iletken metal tel içeren elastan iplikli RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.13) metal tel içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 4,76 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

Paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerleri karşılaştırıldığında, 3 kat iletken kompozit iplik içeren kumaşın (RL-SSx3: 5,75 dB), 2 kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-SSx2: 5,59 dB), onun da tek kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-SS: 5,03 dB) daha yüksek EMSE değerine sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, bakır tel içeren kumaşların en düşük EMSE değerleri karşılaştırıldığında da; 3 kat iletken kompozit iplik içeren kumaşın (RL-CUx3: 5,95 dB), 2 kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-CUx2: 5,76 dB), onun da tek kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-CU: 4,76 dB) daha yüksek EMSE değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Kompozit ipliği oluşturan metal tel tipi–kullanım oranı ile testlerde uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin

incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi-kullanım oranı için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

Kumaş Kodu	EMSE (100 MHz – 1,5 GHz)
RL-CO	0,31983 a
RL-CU	9,79946 b
RL-SS	9,98379 c
RL-CUx2	10,84584 d
RL-CUx3	11,31558 e
RL-SSx2	11,43886 f
RL-SSx3	11,48045 f

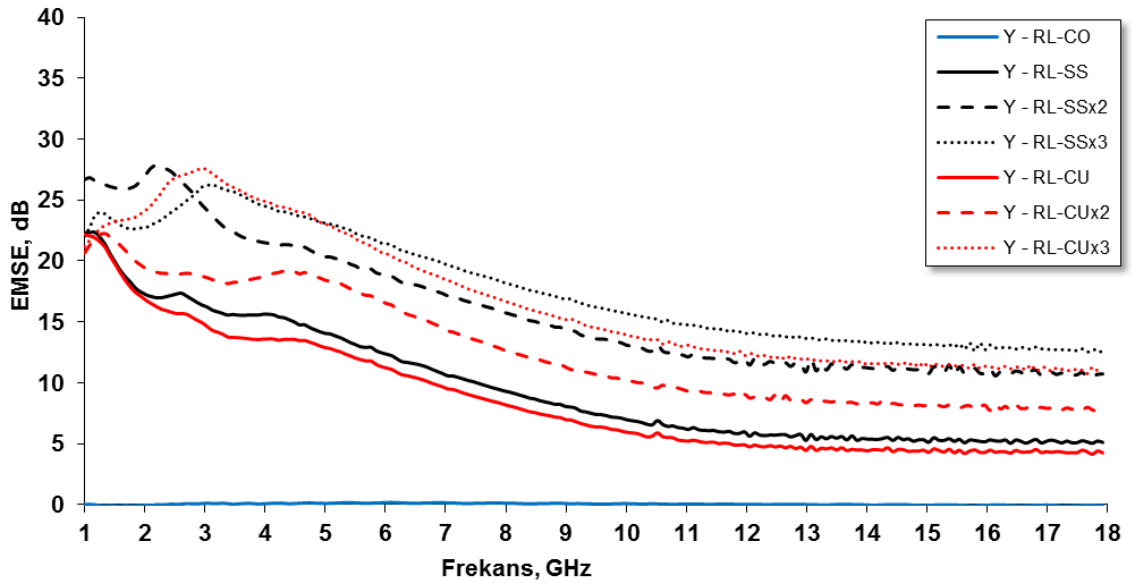
SNK analizleri incelendiğinde, iletken metal tel içermeyen kumaşların EMSE özelliğine sahip olmadığı görülmüştür. Tek, iki ve üç kat iletken kompozit iplik içeren kumaşlar kendi aralarında kıyaslandığında, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kompozit iplik kat sayısı arttıkça 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşların EMSE değerlerinin arttığı görülmüştür. 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan 2 ve 3 kat kompozit iplik içerenlerin EMSE değerlerinin istatistiksel olarak birbirine benzer olduğu görülmüştür. Bu durum, iletken materyal miktarındaki artışın belirli bir seviyeden sonra EMSE değerleri üzerinde belirgin bir etki sağlamadığı şeklinde yorumlanmıştır.

#### 4.1.3.2. Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları

Farklı miktarlarda iletken metal tel içeren elastan iplikli RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları incelendiğinde anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış metal telli kumaşların EMSE sağladığı, dikey olarak konumlandırılmış olanların ise EMSE sağlamadığı tespit edilmiştir. Metal tel içermeyen kumaşlar her iki durumda da elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermemektedir.

Yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların EMSE değerlerinin (Şekil 4.14) 1 GHz frekans değerinde ortalama 22 dB olduğu, artan frekans değerine bağlı olarak 12 GHz frekans değerine kadar azalma gösterdiği, 13-18 GHz frekans bandında ise EMSE değerlerindeki azalmanın kısmen daha az olduğu ve neredeyse düz bir doğru formunda olduğu görülmektedir. Kumaş yapıların tümü 1-3 GHz frekans aralığında 14 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Kumaşların EMSE değerlerinin 6,695 GHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 11,710 GHz frekans değerine kadar da 5 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 1 - 18 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerleri karşılaştırıldığında, 3 kat iletken kompozit iplik içeren kumaşın (RL-SSx3: 12,40 dB), 2 kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-SSx2: 10,19 dB), onun da tek kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-SS: 5,03 dB) daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, bakır tel içeren kumaşların en düşük EMSE değerleri karşılaştırıldığında da; 3 kat iletken kompozit iplik içeren kumaşın (RL-CUx3: 10,76 dB), 2 kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-CUx2: 7,64 dB), onun da tek kat iletken kompozit iplik içeren kumaştan (RL-CU: 4,14 dB) daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.14.** Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

Kompozit ipliği oluşturan metal tel tipi-kullanım oranı ile testlerde uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla 2 faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi-kullanım oranı için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçüm değerlerinin SNK testi sonuçları

Kumaş Kodu	EMSE (1 GHz - 18 GHz)
RL-CO	0,02998 a
RL-CU	8,60867 b
RL-SS	9,64939 c
RL-CUx2	12,66529 d
RL-SSx2	15,95900 e
RL-CUx3	16,72949 f
RL-SSx3	17,72974 g

SNK analizleri incelendiğinde, iletken metal tel içermeyen kumaşların EMSE özelliğine sahip olmadığı görülmüştür. Tek, iki ve üç kat iletken kompozit iplik içeren kumaşlar kendi aralarında kıyaslandığında, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hem paslanmaz çelik tel hem de bakır tel içeren kumaşların EMSE değerleri, kompozit iplik kat sayısı arttıkça artmaktadır.

Metal tel içeren kumaşların 1800 MHz (GSM-2G), 2100 MHz (GSM-3G) ve 2450 MHz (Bluetooth, WLAN) frekans değerleri için yapılan EMSE ölçüm sonuçları ile kumaşların sıra sıklığı değerleri arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0,944, 0,954 ve 0,953 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sıra sıklığı ve EMSE değerleri arasında çok güçlü pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Elektromanyetik ekranlama etkinliği terminolojisinde, ekranlama materyali üzerindeki açıklıkların ve deliklerin ekranda süreksizliklere neden olduğu ve ekranlama etkinliğini azalttığı belirtilmektedir (Arı ve Özen, 2008). Sıra sıklığı değerleri ve kullanılan iletken kompozit iplik kat sayısındaki değişime bağlı olarak metal teller arasındaki açıklık boyutlarının değiştiği ve örme kumaş yapısının EMSE değerlerinde farklılıklar oluştuğu düşünülmektedir.

#### **4.1.4. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisi**

Örgü yapısının kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak askı ve atlama içeren örme kumaş yapıları üretilmiştir. Kumaşların üretimi esnasında, biri metal tel içeren kompozit iplik diğer ikisi ise kompozit iplik üretiminde kullanılan pamuk ipliği olmak üzere 3 kat iplik ve 70 Denye elastan iplik makineye aynı anda beslenmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.6’da açıklanmış ve fotoğrafları Ek 7’de sunulmuştur.

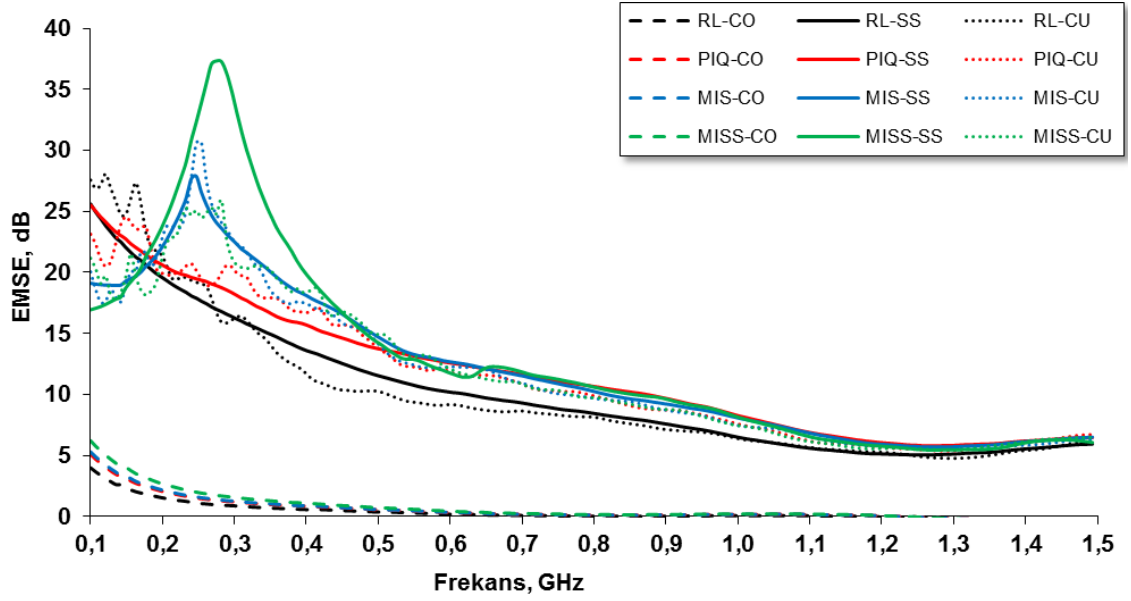
Elastan iplikli RL kumaşların boyutsal özellikleri incelendiğinde, kompozit iplik kullanımının kumaşların ilmek yoğunluğu değerlerinin azalmasına, gramaj değerlerinin ise artmasına neden olduğu görülmüştür.

Üretilen kumaşların boyutsal özellikleri incelendiğinde, en yoğun ve en yüksek gramajlı kumaşların birde bir değişimli atlamalı örgü yapısına sahip kumaşlar olduğu görülmüştür. Bakır tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşlar, paslanmaz çelik tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşlara kıyasla daha yüksek gramaj değerleri vermiştir. Her örgü tipi için, sadece pamuk ve elastan iplik kullanılarak üretilen kumaşlar en düşük gramaj değerlerine sahiptir. Kompozit iplik kullanımı kumaşların gramaj değerlerinin arttırmaktadır.

Örgü yapısının kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla “koaksiyel iletim hattı” ve “serbest uzay tekniği” olmak üzere iki farklı metotla ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

##### **4.1.4.1. Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları**

Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.15) metal tel içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 4,76 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.15.** Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisi (koaksiyel iletim hattı metodu)

Elektromanyetik ekranlama etkinliği sonuçlarının istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla örgü tipi ve uygulanan frekans değerinin faktör olarak seçildiği ve metal tel tipi ve uygulanan frekans değerinin faktör olarak seçildiği iki adet iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi ve SNK testi yapılmıştır.

Örgü yapısının ve uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla metal tel içeren kumaşlar için yapılan iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi sonucunda her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Örgü yapısı için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Örgü yapısının koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları

Örgü Yapısı	EMSE (100 MHz – 1,5 GHz)
RL	9,89162 a
PIQ	11,42379 b
MIS	11,81027 c
MISS	12,19728 d

SNK test sonuçları incelendiğinde, örgü yapısının her sırasında atlama olan kumaşların (MISS kodlu) en yüksek EMSE değerlerini verdiği ve tüm örgü yapılarının EMSE

değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. EMSE değerlerinin büyükten küçüğe doğru; MISS, MIS, PIQ ve RL olarak sıralandığı görülmüştür. Örgü yapısındaki atlama sayısı azaldıkça EMSE değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Askı içeren örgünün (PIQ kodlu) EMSE değerlerinin aynı oranda atlama içeren örgüden (MIS kodlu) daha düşük olduğu görülmüştür. RL örgü kumaşların en düşük EMSE değerlerini verdiği görülmüştür. EMSE ölçümleri için koaksiyel iletim hattı metodunun kullanıldığı literatür çalışmalarında da (Örtlek ve ark. 2011) tek toplama pike örgü yapısındaki kumaşların EMSE değerlerinin RL kumaşlardan daha yüksek olduğu belirtilmektedir.

Metal tel tipi ve uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi sonucunda her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Metal tel tipinin koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları

Metal Tel	EMSE (100 MHz – 1,5 GHz)		
Yok	0,50676 a		
50 µm Bakır		11,08676 b	
50 µm Çelik			11,57472 c

SNK analizleri incelendiğinde, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. İletken metal tel içermeyen kumaşların ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmüştür.

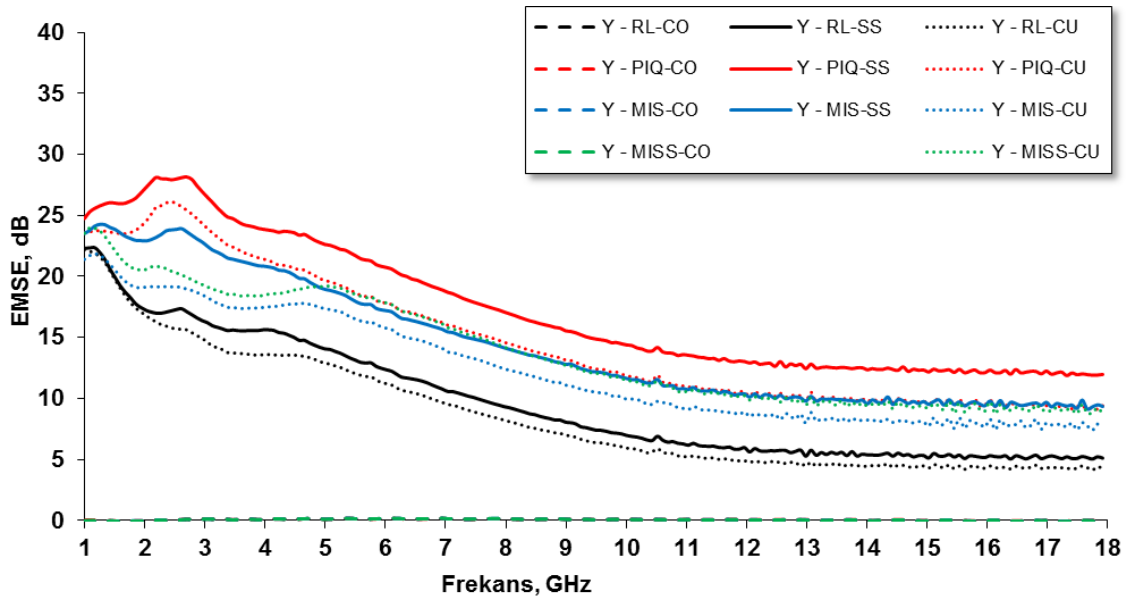
#### 4.1.4.2. Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları

Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları incelendiğinde anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların EMSE sağladığı görülmüştür. Aynı kumaşların



anten düzlemine dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliği göstermediği tespit edilmiştir. Metal tel içermeyen kumaşlar her iki durumda da elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermemektedir.

Boyutlarının yeterli olmaması nedeniyle MISS-SS kodlu kumaşların EMSE özellikleri serbest uzay tekniği ile ölçülememiştir. Bu kumaş haricindeki kumaşların anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış durumdaki EMSE değerleri Şekil 4.16'da sunulmuştur. 1 GHz frekans değerinde ortalama 23 dB EMSE sağlayan yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaş yapıları, 1-3 GHz frekans aralığında 14 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Kumaşların EMSE değerlerinin 6,695 GHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 11,710 GHz frekans değerine kadar da 5 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Örgü yapısına katılan askı ve atlamaların kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

Elektromanyetik ekranlama etkinliği sonuçlarının istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla örgü tipi ve uygulanan frekans değerinin faktör olarak seçildiği ve metal tel tipi ve uygulanan frekans değerinin faktör olarak seçildiği iki adet iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi ve SNK testi yapılmıştır.

Örgü yapısının ve uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi sonucunda her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Örgü yapısı için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.11 'de verilmiştir.

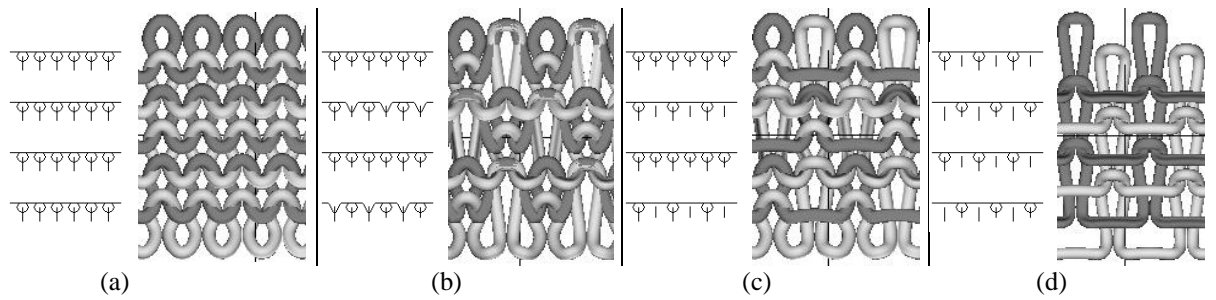
**Çizelge 4.11.** Örgü yapısının serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları

Örgü Yapısı	EMSE (1 GHz - 18 GHz)		
RL	9,12903 a		
MIS		13,33747 b	
MISS			13,79144 c
PIQ			16,03103 d

SNK analizleri incelendiğinde, tüm örgü yapılarının EMSE değerlerinin birbirinden farklı olduğu ve askı içeren örgünün (PIQ kodlu) en yüksek EMSE değerlerini verdiği tespit edilmiştir. EMSE değerlerinin büyükten küçüğe doğru; PIQ, MISS, MIS ve RL (Şekil 4.17) olarak sıralandığı görülmüştür. Bu sonuç, benzer ölçüm prensibi ile yapılan literatürdeki çalışmalarla (Çeken ve ark. 2011 ve Örtlek ve ark. 2012) uyumlu ancak koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan test sonuçları ile uyumsuzdur. Atlama içeren örgüler kendi içinde karşılaştırıldığında koaksiyel iletim hattı metodu test sonuçlarına benzer şekilde atlama sayısı azaldıkça EMSE değerlerinin de azaldığı görülmüştür. RL örgü kumaşların en düşük EMSE değerlerini verdiği görülmüştür.

Kumaşların üretimi esnasında makine ayarlarında değişiklik yapılmamasına rağmen, örgü yapılarının farklı olması nedeniyle iletken kompozit iplik içeren kumaşların ilmek iplik uzunlu değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğunu tespit edilmiştir. İletken metal telin direncinin ilmek iplik uzunluğuna bağlı olarak artacağı düşünüldüğünde en kısa ilmek iplik uzunluğuna sahip kumaşların en yüksek EMSE değerlerini vermesi beklenmektedir. Ancak, MISS kodlu kumaşlar en düşük ilmek iplik uzunluğu değerlerine sahip olmalarına rağmen EMSE test sonuçları açısından ikinci sırada yer almaktadır. En yüksek EMSE değerlerine sahip olan PIQ kodlu kumaşların ilmek iplik uzunluğu değerleri ise hem MIS hem de MISS kodlu kumaşlardan daha büyüktür. Kumaşların 1800 MHz (GSM-2G), 2100 MHz (GSM-3G) ve 2450 MHz (Bluetooth, WLAN) frekans değerleri için yapılan EMSE ölçüm sonuçları ile ilmek iplik uzunluğu değerleri arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0,302, -0,316 ve -0,295 olarak

hesaplanmıştır. Bu değerler ilmek iplik uzunluğu değerleri ve EMSE arasında düşük negatif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Kumaşların sıra sıklığı değerleri ile yine aynı frekans değerlerindeki EMSE ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayıları ise 0,761, 0,790 ve 0,768 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar kumaşların sıra sıklığı ve EMSE değerleri arasında güçlü pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Bu iki değerlendirme neticesinde, üretilen kumaşların EMSE değerlerindeki artış ya da azalışın kumaşların örgü yapısından ve sıra sıklığı değerlerindeki değişimden kaynaklandığı kanaatine varılmıştır.



**Şekil 4.17.** (a) RL, (b) Tek Toplama Pike (PIQ kodlu), (c) Weft Locknit - bir sırası incili bir sırası birde bir değişimli atlamalı RL örgü (MIS kodlu) ve (d) Cross Miss – birde bir değişimli atlamalı RL örgü (MISS kodlu) örgülerin iğne diyagramları ve arka yüz açık ilmek görüntüleri

Metal tel tipi ve uygulanan frekans değerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan iki faktörlü sınırlamasız varyans analizi sonucunda her iki faktörün de kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı görülmüştür. Metal tel tipi için yapılan SNK testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Metal tel tipinin serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE sonuçlarına etkisini incelemek için yapılan SNK testi sonuçları

Metal Tel	EMSE (1 GHz - 18 GHz)
100% Pamuk	0,05024 a
50 µm Bakır	12,36606 b
50 µm Çelik	13,77409 c

SNK analizleri incelendiğinde, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kumaşların 50 µm çaplı bakır tel içeren kumaşlara kıyasla daha yüksek EMSE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. İletken metal tel içermeyen kumaşların ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliğine sahip olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar koaksiyel iletim hattı metodu sonuçları ile uyumludur.

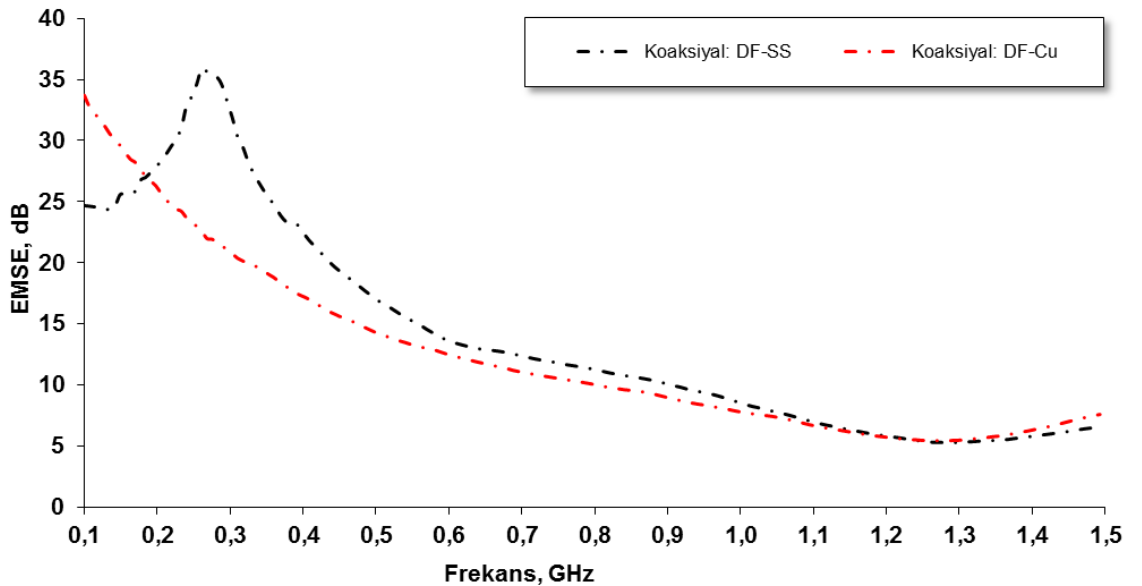
#### 4.1.5. Çift yüzü örme kumaşların EMSE özellikleri

Metal tel içeren kumaşların bazı insanların cildinde iritasyon vb. hassasiyetler oluşturabileceği öngörülerek, E12 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak bir yüzü %100 pamuk diğer yüzü iletken kompozit iplikli doubleface (çift yüzü) kumaş yapıları üretilmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.7’de açıklanmış ve fotoğrafları Ek 8’de sunulmuştur.

Çift yüzü kumaşların EMSE özelliklerinin incelenmesi amacıyla “koaksiyel iletim hattı” ve “serbest uzay tekniği” olmak üzere iki farklı metotla ölçümler yapılmış, elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında sunulmuş ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

##### 4.1.5.1. Koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Çift yüzü kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.18) incelendiğinde, iletken kompozit iplik içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 5 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

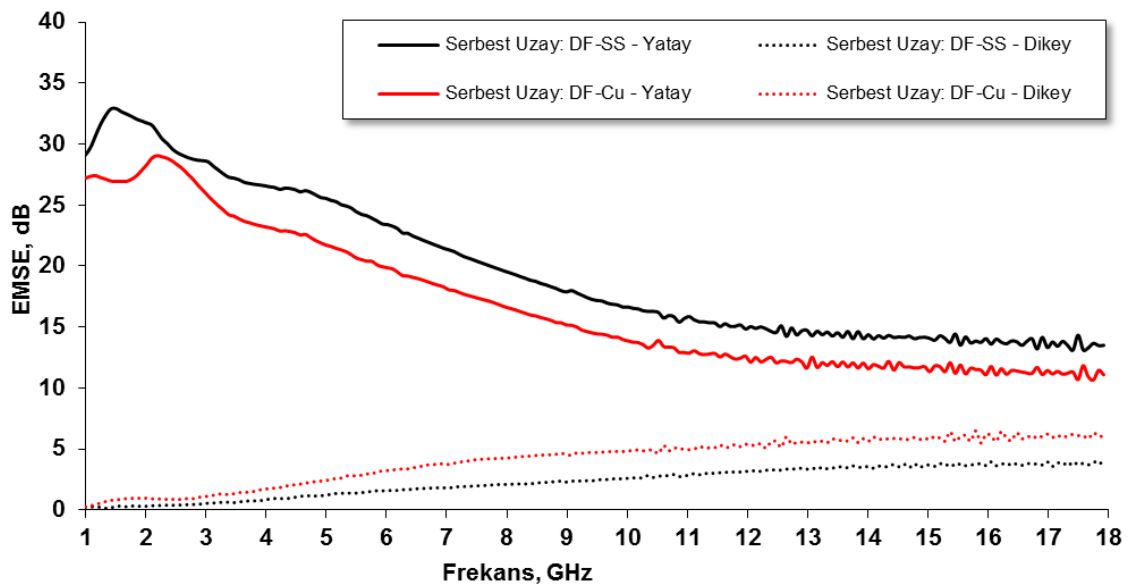


Şekil 4.18. Çift yüzü kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

Paslanmaz çelik tel içeren kumaşın EMSE değerlerinin; 261 MHz'a kadar artış gösterdiği (35,91 dB), daha sonra 1,290 MHz'a kadar azalma gösterdiği (5,27 dB) ve daha sonra da 1,5 GHz'a kadar artış gösterdiği (6,57 dB) görülmüştür. Paslanmaz çelik tel içeren doubleface kumaşın 100-436 MHz frekans aralığında 20 dB ve üzerinde EMSE sağladığı ve EMSE değerlerinin 905 MHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bakır tel içeren kumaşın en yüksek EMSE değerinin 100 MHz frekans değerinde olduğu (33,70 dB), artan frekans değerine bağlı olarak 1,269 GHz değerine kadar azalma gösterdiği (5,43 dB) ve daha sonra da 1,5 GHz'a kadar artış gösterdiği (7,66 dB) görülmüştür. Bakır tel içeren doubleface kumaşın 100-317 MHz frekans aralığında 20 dB ve üzerinde EMSE sağladığı ve EMSE değerlerinin 800 MHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.1.5.2. Serbest uzay tekniğiyle yapılan EMSE test sonuçları

Çift yüzlü kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları (Şekil 4.19) incelendiğinde, anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği gösterdiği görülmüştür. Aynı kumaşların anten düzlemine dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama özelliği göstermediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Çift yüzlü kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları

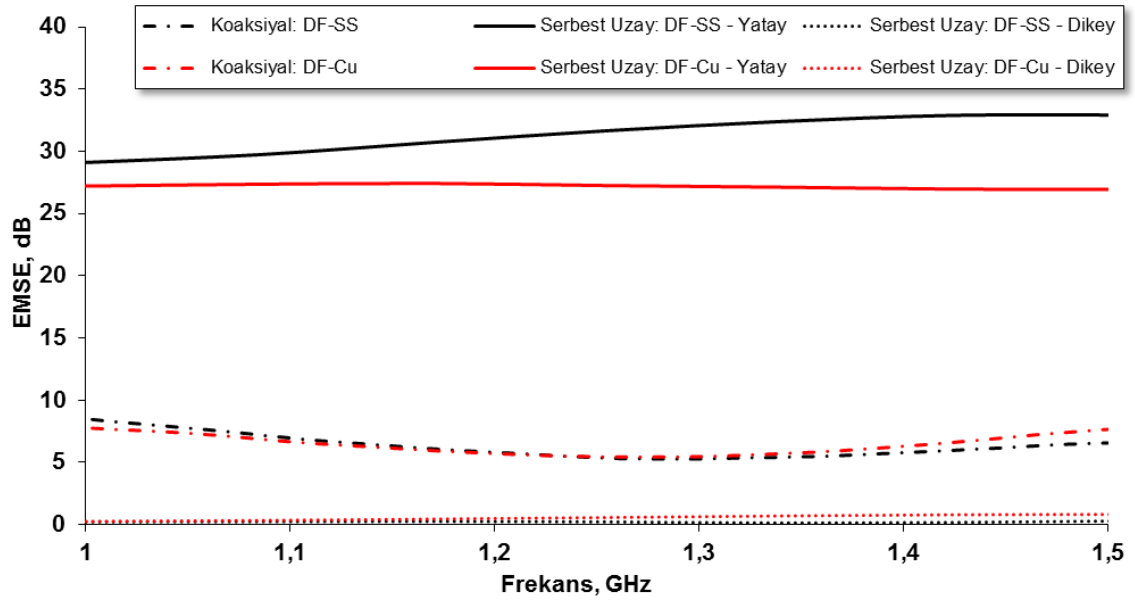
Yatay olarak konumlandırılmış paslanmaz çelik telli kumaş 1-3 GHz frekans aralığında 28,55 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Doubleface kumaşın EMSE değerlerinin 7,715 GHz frekans değerine kadar 20 dB'in üzerinde olduğu, 11,880 GHz frekans değerine kadar 15 dB'in üzerinde olduğu ve 18 GHz frekans değerine kadar da 13,11 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Yatay olarak konumlandırılmış bakır telli kumaş ise 1-3 GHz frekans aralığında 25,74 dB ve üzerinde EMSE sağlamaktadır. Doubleface kumaşın EMSE değerlerinin 5,845 GHz frekans değerine kadar 20 dB'in üzerinde olduğu, 9,160 GHz frekans değerine kadar 15 dB'in üzerinde olduğu ve 18 GHz frekans değerine kadar da 10,67 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.1.5.3. Koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay ölçüm yöntemleriyle yapılan EMSE test sonuçlarının karşılaştırılması**

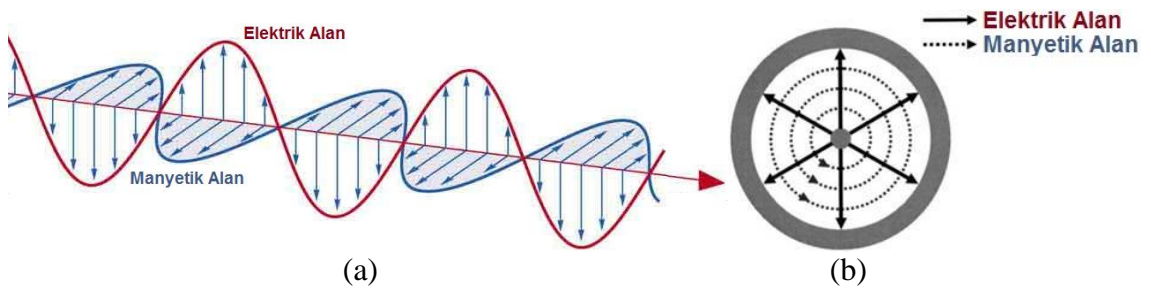
Çift yüzlü kumaşların EMSE özelliklerinin incelenmesi amacıyla “koaksiyel iletim hattı” ve “serbest uzay tekniği” olmak üzere iki farklı metotla ölçümler yapılmıştır. Elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri koaksiyel iletim hattı test düzeneğinde 100 MHz - 1,5 GHz frekans değerleri arasında, serbest uzay test düzeneğinde ise 1 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde çift yüzlü kumaşların iki ölçüm metodu ile de ölçüm yapılan 1-1,5 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları (Şekil 4.20) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çift yüzlü kumaşların serbest uzay test düzeneği ile yapılan 1-1,5 GHz frekans aralığındaki EMSE test sonuçları, kumaşların anten düzlemine yatay olarak konumlandırıldığı durumda 26,95 dB ve üzerinde EMSE sağladığını (%99,8 ve üzerinde koruma), aynı kumaşların anten düzlemine dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise EMSE sağlamadığını göstermektedir. Koaksiyel iletim hattı metodu ile yapılan EMSE test sonuçları ise, kumaşların 1-1,5 GHz frekans bandında 5,27 dB ve üzerinde EMSE (%70,28 ve üzerinde koruma) sağladığını göstermektedir.



**Şekil 4.20.** Çift yüzü kumaşların koaksiyel iletim hattı ve serbest uzay ölçüm yöntemleriyle yapılan EMSE test sonuçlarının karşılaştırılması (1-1,5 GHz)

Bu durum, boynuz antenlerin kullanıldığı serbest uzay test düzeneğinde elektrik ve manyetik alanın doğrultusu birbirine dik olarak ilerlerken, koaksiyel test düzeneğinde elektriksel alan çemberin merkezinden çevresine doğru  $360^{\circ}$ ’lik yarıçaplar oluşturacak şekilde ilerlemesi ile açıklanmaktadır (Şekil 4.21). İletken metal tellerin kumaş yapısı içerisinde sadece yatay doğrultuda ilerlemesi nedeniyle kumaşlar bir yönde mükemmel yakın EMSE sağlarken diğer yönde EMSE sağlamamaktadır. EMSE değerlerinin hesaplanması logaritmik olarak yapıldığı için de iki metot ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark oldukça fazla olmaktadır.



**Şekil 4.21.** (a) Serbest uzay ve (b) koaksiyel test düzeneklerinde elektrik ve manyetik alan doğrultuları

Anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış paslanmaz çelik tel içeren kumaşların serbest uzay tekniği ile gerçekleştirilen ekranlama etkinliği değerleri 29,31 - 32,92 dB arasında değişirken, bakır tel içeren kumaşların ekranlama etkinliği değerleri bu değerlerden belirgin bir şekilde aşağıda ve 26,94 - 27,42 dB arasında değişmektedir.

Kumaşların koaksiyel iletim hattı metodu ile yapılan EMSE test sonuçları; paslanmaz çelik tel içeren kumaşların EMSE değerlerinin 1 - 1,227 GHz frekans aralığında bakır tel içeren kumaşlardan daha yüksek olduğunu, 1,227 – 1,5 GHz frekans bandında ise bu durumun tam tersi şekilde olduğunu göstermektedir.

#### **4.1.6. Boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemlerinin kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisi**

Bu bölüme kadar incelenen tüm kumaşlar, üretiminde ham pamuk ipliği kullanılan kompozit ipliklerle örülmüştür. Bu kumaşların nihai ürüne dönüşebilmesi için boyanması ve az da olsa terbiye işlemi görmesi gerekecektir. Bu işlemlerin tümünde kompozit ipliklerin içindeki metal telin kırılması, aşınması dolayısıyla tüketiciyi özellikle giysi olarak kullanım sırasında rahatsız etmesi olasılığı mevcuttur. Elektronik tekstiller ve elektromanyetik ekranlama özellikli tekstillerin üretimi için en önemli konulardan olan

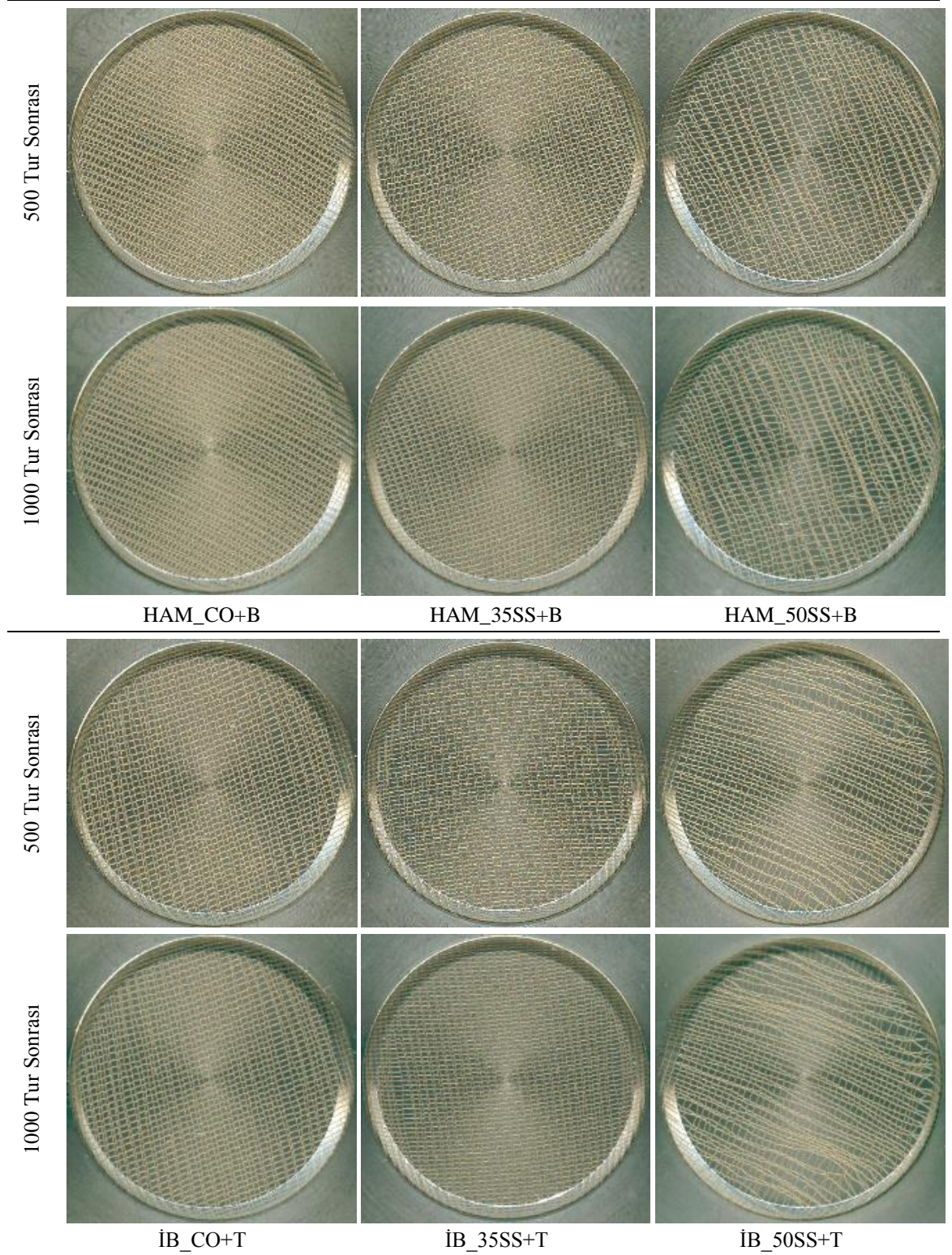
- ürünün kullanımı sırasında ürün ve cilt arasında oluşabilecek sürtünmenin etkisi ve
- ürünün yıkama sonrası performansının görülebilmesi için yeni bir grup numune üretilmiştir.

Boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin örme kumaşların boyutsal ve EMSE özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla 35 µm, 50 µm çaplı paslanmaz çelik tellerle ham ve boyalı olmak üzere iki farklı durumdaki Ne 60/2 pamuk iplikleri kullanılarak iletken kompozit iplikler üretilmiştir. Bu kompozit ipliklerle E20 incelikteki yuvarlak örme makinesinde RL (süprem) örgü yapısında kumaşlar örülmüştür. Ham pamuk iplikleri ile üretilen kumaşlar ard işlem olarak boyama, terbiye ve ev tipi tekrarlı yıkama işlemlerine tabi tutulurken, boyalı pamuk iplikleri ile üretilen kumaşlar sadece terbiye ve ev tipi tekrarlı yıkama işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca, ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı özellikleri de incelenmiştir.

İletken kompozit iplik içeren kumaşlardaki metal tellerin, boyama ve terbiye işlemleri sonrasında deformasyona uğrayıp uğramadığını ve cilde verebilecekleri çizilme gibi mekanik hasarları tespit etmek amacıyla ters aşınma metodu kullanılarak takılma testi yapılmıştır. Martindale test cihazına, numune tutucu içerisine yerleştirilmiş olan



15 Denye süper ince bayan çoraplarında 500 ve 1000 tur sonrasında oluşan deformasyon Şekil 4.22’de sunulmuştur.



Şekil 4.22. Numune tutucu içerisine yerleştirilmiş olan 15 Denye süper ince bayan çoraplarında 500 ve 1000 tur sonrasında oluşan deformasyon

Hem ham hem de ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen, 35 µm çaplı paslanmaz çelik telli mamül kumaşların; çoraplar üzerinde herhangi bir deformasyon oluşturmadığı görülmüştür. Hem ham hem de ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen, 50 µm çaplı paslanmaz çelik telli mamül kumaşların ise; çoraplar üzerinde takılma ya da çekilme oluşturmadığı ancak ipliklerin yönlenmesine ve ilmek yapısının bozulmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların ev tipi yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal değişimleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların ev tipi yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal değişimleri

Kumaş Tipi	Enine Yönde % Değişim	Boyuna Yönde % Değişim
HAM_CO+B+Y	13,0	-1,7
HAM_35SS+B+Y	-3,7	-3,0
HAM_50SS+B+Y	-7,0	7,7
İB_CO+T+Y	13,0	-2,3
İB_35SS+T+Y	-6,7	7,3
İB_50SS+T+Y	-8,7	18,3

Kumaşların tekrarlı yıkama işlemleri sonrasındaki boyutsal değişimleri incelendiğinde, metal tel içermeyen hem ham hem de ipliği boyalı kumaşların enine yöndeki boyutsal değişimlerinin metal içeren kumaşlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Kumaşlar arasında boyutsal değişim açısından kabul edilebilir sınırlar içerisinde ( $\pm 5$ ) yer alan tek kumaş, ham pamuk ipliği ve 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle örülen kumaşlardır. 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle örülen kumaşların hem enine hem de boyuna yöndeki % değişim oranlarının 35 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle örülen kumaşlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Enine ve boyuna yöndeki % değişim oranları, kumaşların boyama ve terbiye işlemleri esnasında maruz kaldıkları mekanik kuvvetlerin kumaşların boyutsal özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Ham ve ipliği boyalı pamuk ipliği ile üretilen ve mamül hale getirilen kumaşların evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları

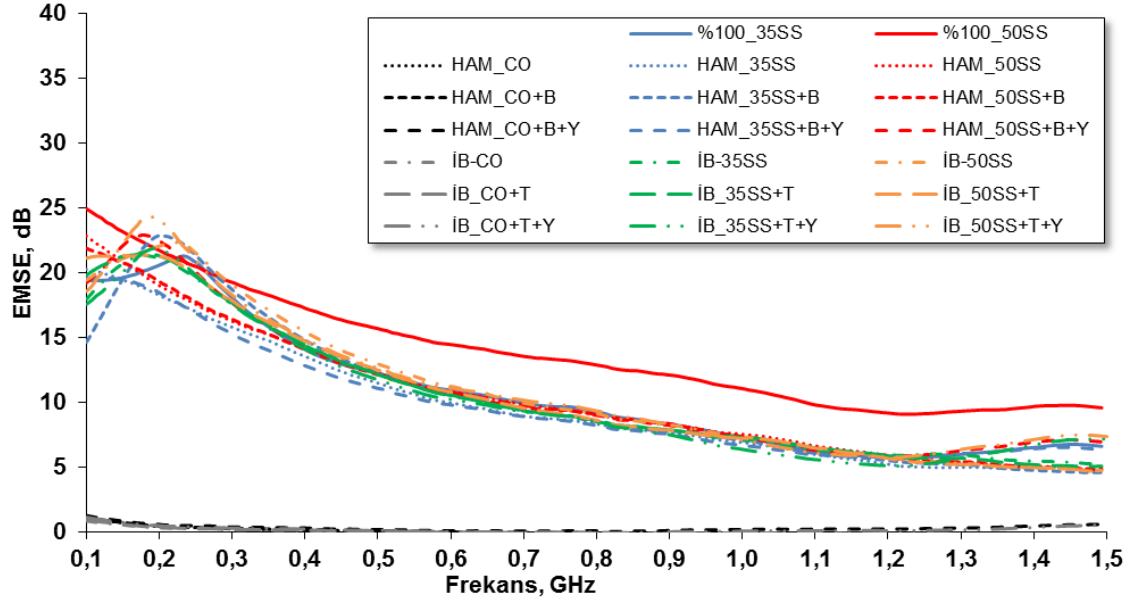
Kumaş Tipi	Solma	Yün	Akrilik	Polyester	Polyamid	Pamuk	Asetat
HAM_CO+B+Y	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
HAM_35SS+B+Y	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
HAM_50SS+B+Y	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
İB_CO+T+Y	4-5	4-5	5	5	5	4-5	5
İB_35SS+T+Y	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5
İB_50SS+T+Y	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları incelendiğinde, kumaşların metal tel içermesinin renk haslığı değerleri üzerinde negatif bir etki yaratmadığı görülmüştür.

İletken kompozit iplik içerisinde bulunan pamuk ipliklerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine olan etkisinin daha net olarak anlaşılabilmesi amacıyla, 35 µm ve 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle örülen ham kumaşlardan alınan numunelerdeki pamuk iplikleri çözülerek uzaklaştırılmış, %100 metal telden oluşan kumaşlar elde edilmiştir. Kumaş üretiminde kullanılan çelik tellerin 316L tipi paslanmaz çelik tel olması sebebiyle, bu işlem esnasında herhangi bir deformasyona uğramadıkları görülmüştür.

Boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin örme kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.23) metal tel içeren kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında 4,57 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

Bir kumaş dışındaki (HAM\_35SS+B) iletken kompozit iplikli RL kumaş yapılarının tümünün 100 MHz – 303 MHz frekans aralığında 15 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı tespit edilmiştir. Kumaşların EMSE değerlerinin 569 MHz frekans değerine kadar 10 dB'in üzerinde olduğu, 1248 MHz frekans değerine kadar da 5 dB'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.23.** Boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin örme kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

35 µm paslanmaz çelik tel ve ham pamuk ipliği içeren kompozit iplikler kullanılarak üretilen RL kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerlerinin 4,79 dB olduğu, boyama ve terbiye işlemi sonrasında bu değer 4,57 dB olduğu, tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında ise 5,75 dB olduğu tespit edilmiştir.

50 µm paslanmaz çelik tel ve ham pamuk ipliği içeren kompozit iplikler kullanılarak üretilen RL kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerlerinin 4,68 dB olduğu, boyama ve terbiye işlemi sonrasında bu değer 4,85 dB olduğu, tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında ise 5,85 dB olduğu tespit edilmiştir.

35 µm paslanmaz çelik tel ve boyalı pamuk ipliği içeren kompozit iplikler kullanılarak üretilen RL kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerlerinin 5,20 dB olduğu, terbiye işlemi sonrasında bu değer 5,05 dB olduğu, tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında ise 5,08 dB olduğu tespit edilmiştir.

50 µm paslanmaz çelik tel ve boyalı pamuk ipliği içeren kompozit iplikler kullanılarak üretilen RL kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE

değerlerinin 4,65 dB olduğu, terbiye işlemi sonrasında bu değer 4,72 dB olduğu, tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında ise 5,77 dB olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, %100 35 µm paslanmaz çelik telli kumaşların en düşük EMSE değerlerinin 5,68 dB ve %100 50 µm paslanmaz çelik telli kumaşların en düşük EMSE değerlerinin 9,07 dB olduğu tespit edilmiştir.

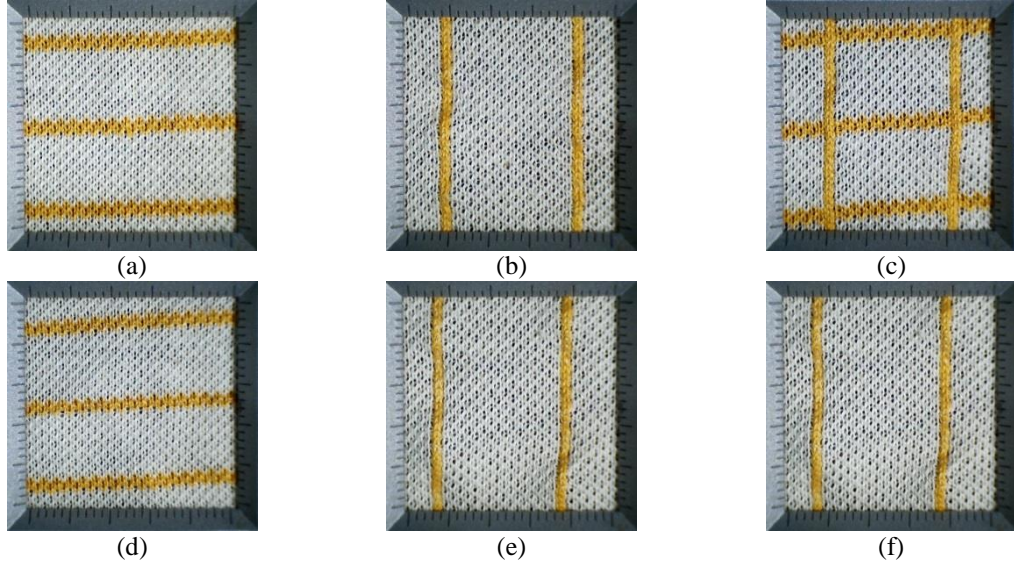
Ham ve boyalı pamuk iplikleri ile üretilen kumaşların EMSE değerlerinin; boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında belirgin bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, %100 50 µm paslanmaz çelik telli kumaşların EMSE değerlerinin diğer kumaşların EMSE değerlerinden belirgin bir şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yapısına katılan pamuk ipliklerinin, metal tellerin dikey doğrultuda temas yoluyla olan iletkenliğini azalttığı ve yapının daha düşük EMSE sağlamasına neden olduğu düşünülmektedir. Pamuk iplikler kumaşların EMSE etkinliğini azaltsa da, %100 metal telden oluşan bir kıyafetin giyilmesi pek mümkün olamayacaktır. Bu çalışmanın devamı olarak, pamuk dışındaki tekstil lifleri ile çalışmalar yapılarak EMSE etkinliğine etkileri irdelenebilir.

#### **4.1.7. Farklı doğrultularda iletken kompozit içeren örme kumaşların EMSE özellikleri**

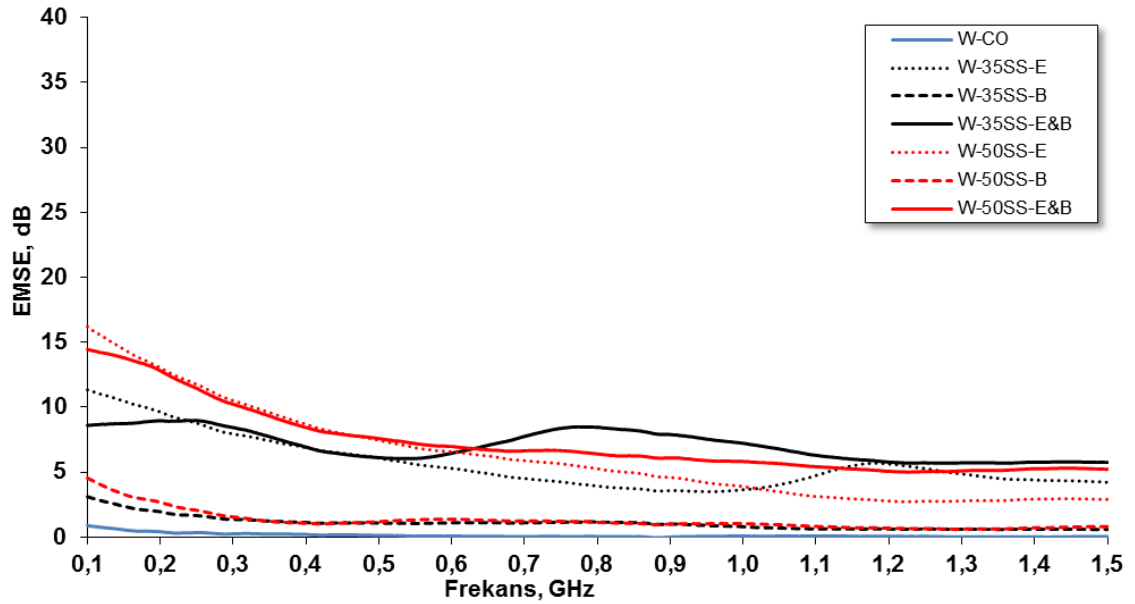
İletken kompozit ipliğin kumaştaki doğrultusunun, kumaşların EMSE değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla E28 incelikteki wrapper (boyuna çizgili) yuvarlak örme makinesi kullanılarak enine, boyuna ve hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren örme kumaş yapıları üretilmiştir. Üretilen kumaşların boyutsal özellikleri Çizelge 3.9'da açıklanmış fotoğrafları Şekil 4.24 (1x1 inç) ve Ek 10'da (10x10 mm) sunulmuştur.





**Şekil 4.24.** (a,b,c) 35 µm çapında paslanmaz çelik tel ve turuncu renge boyanmış Ne 60/2 numara pamuk ipliği ile üretilen kompozit ipliklerle örülen kumaşlar (1x1 inç), (d,e,f) 50 µm çapında paslanmaz çelik tel ve turuncu renge boyanmış Ne 60/2 numara pamuk ipliği ile üretilen kompozit ipliklerle örülen kumaşlar (1x1 inç)

Farklı doğrultularda iletken kompozit iplik içeren kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.25); enine, boyuna ve hem enine hem boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşların EMSE değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.25.** İletken kompozit ipliğin kumaştaki doğrultusunun, kumaşların EMSE değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları

35 µm paslanmaz çelik tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerleri incelendiğinde

- enine yönde çelik tel içeren kumaşların 3,49 dB,
- boyuna yönde çelik tel içeren kumaşların 0,58 dB ve
- hem enine hem boyuna yönde çelik tel içeren kumaşların 5,68 dB

EMSE sağladığı görülmüştür.

50 µm paslanmaz çelik tel içeren iletken kompozit iplikli kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük EMSE değerleri incelendiğinde

- enine yönde çelik tel içeren kumaşların 2,72 dB,
- boyuna yönde çelik tel içeren kumaşların 0,61 dB ve
- hem enine hem boyuna yönde çelik tel içeren kumaşların 5,00 dB

EMSE sağladığı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında üretilen ve sadece enine doğrultuda iletken kompozit iplik içeren kumaşların EMSE değerlerinin, daha önce üretilen iletken kompozit iplikli kumaşlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun, enine yöndeki iplik raporunun 22 sıra pamuk, 4 sıra iletken kompozit iplik olarak hazırlanmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

Sadece boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşlarda iletken kompozitler arasındaki mesafenin sadece enine yöndekilere kıyasla daha fazla olması nedeniyle bu kumaşların EMSE değerleri daha düşüktür.

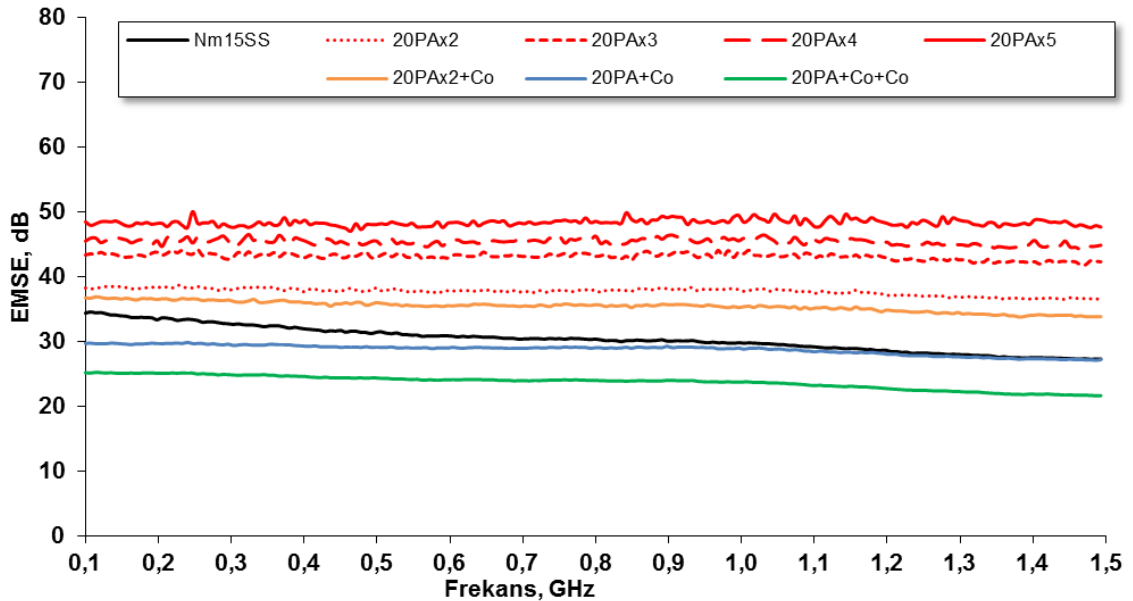
Hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla ölçülen EMSE değerlerinin 5 dB ve üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik kullanımı ile sadece enine yönde iletken kompozit iplik içeren kumaşlara kıyasla 5 / 27 (%18,5) oranda daha az iletken kompozit iplik kullanılarak elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip örme kumaş yapılarının üretilebileceğini göstermektedir.

#### 4.1.8. İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış iplikler içeren örme kumaşların EMSE özellikleri

Bu bölüme kadar yapılan çalışmalarda iletken materyal olarak metal tel içeren kompozit iplikli örme kumaş yapıları incelenmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde, hammadde maliyeti daha yüksek olan iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerlerinin kompozit ipliklerden üretilenlerle kıyaslanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Nm 15/1 numara iletken paslanmaz çelik iplik ve gümüş ile kaplanmış 20 Denye polyamid iplik kullanılarak E20 incelikteki yuvarlak örme makinesinde RL (süprem) kumaş yapıları üretilmiştir. Kumaş üretimi esnasında 20 Denye gümüş kaplı polyamid iplik örme makinesine 2 kat, 3 kat vb. olarak beslenmiştir. Üretilen kumaşların yapısı Çizelge 3.10'da açıklanmış ve fotoğrafları Ek 11'de sunulmuştur.

İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.26); tüm kumaşların 20 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği (%99 ve üzerinde koruma) sağladığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.26. İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları



Nm 15/1 paslanmaz çelik iplik kullanılarak üretilen kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük ve en yüksek EMSE değerlerinin ise 27,27 dB ve 34,58 dB olduğu görülmüştür.

%100 oranında, gümüş ile kaplanmış 20 Denye polyamid iplik kullanılarak üretilen kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük ve en yüksek EMSE değerleri incelendiğinde;

- 2 kat polyamid iplik içeren kumaşların 36,53 dB - 38,72 dB,
- 3 kat polyamid iplik içeren kumaşların 41,85 dB - 44,19 dB,
- 4 kat polyamid iplik içeren kumaşların 44,30 dB - 46,54 dB,
- 5 kat polyamid iplik içeren kumaşların 47,04 dB - 50,08 dB

EMSE sağladığı görülmüştür.

Kumaşların üretimi esnasında makine ayarlarının değiştirilmemiştir. Bu nedenle, beslenen polyamid iplik kat sayısına bağlı olarak %100 polyamid iplikli kumaşların EMSE değerlerinde artış olmuştur.

Gümüş ile kaplanmış 20 Denye polyamid iplik ve Ne 60/2 pamuk ipliği kullanılarak üretilen kumaşların 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki en düşük ve en yüksek EMSE değerleri incelendiğinde;

- 1 kat polyamid iplik ve 1 kat pamuk ipliği içeren kumaşların 27,11 dB - 29,88 dB,
- 1 kat polyamid iplik ve 2 kat pamuk ipliği içeren kumaşların 21,61 dB - 25,25 dB,
- 2 kat polyamid iplik ve 1 kat pamuk ipliği içeren kumaşların 33,78 dB - 36,92 dB

EMSE sağladığı görülmüştür.

2 kat polyamid iplik ve 1 kat pamuk ipliği içeren kumaşların EMSE değerlerinin 2 kat polyamid iplik içeren kumaşlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun, kumaş yapısına katılan pamuk ipliklerinin, gümüş kaplı polyamid ipliklerin dikey doğrultuda temas yoluyla olan iletkenliğini azalttığı ve yapının daha düşük EMSE sağlamasına neden olduğu düşünülmektedir.

## 4.2. Cep Kısımında Elektromanyetik Koruma Sağlayan Giysiler

Tez çalışmasının bu aşamasında, elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan örme kumaş araştırmalarından elde edilen bilgiler ışında, gündelik kullanıma uygun, giyilebilir formda ürün üretimine yönelik olarak çalışmalarda bulunulmuş ve E14 incelikteki düz örme makinesi kullanılarak cep telefonu kaynaklı elektromanyetik dalga maruziyetini azaltan unisex v-yaka kazaklar üretilmiştir.

Kazakların cep kısımlarında kullanılan iplikler ve cep yapıları Çizelge 3.11’de tanıtılmış ve fotoğrafları Şekil 4.27’de sunulmuştur.



Şekil 4.27. Cep kısmında elektromanyetik koruma sağlayan kazaklar

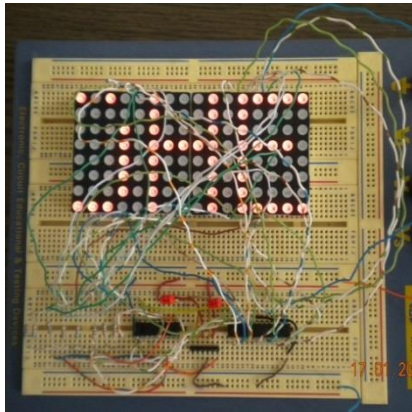
K1, K2 ve K3 kod numaralı kazakların cep kısımlarının iç tarafının (vücuda temas eden kısımda) üretiminde “35 µm SS + Ne 60/2 Co”, “50 µm SS + Ne 60/2 Co” içeren iletken kompozit iplikler ve “gümüş ile kaplanmış 20 Denye PA (5 Kat)” kullanılmıştır.

K1 ve K2 kodlu kazaklar cep kısımlarında iletken kompozit içermeleri nedeniyle 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik dalgalara karşı 5 dB (%68,38) ve üzerinde koruma sağlayan ürünleri temsil ederken; K3 kodlu kazak cep kısmında 5 kat 20 Denye polyamid iplik içermesi nedeniyle 47 dB (%99,998) ve üzerinde koruma sağlayan ürünleri temsil etmektedir.

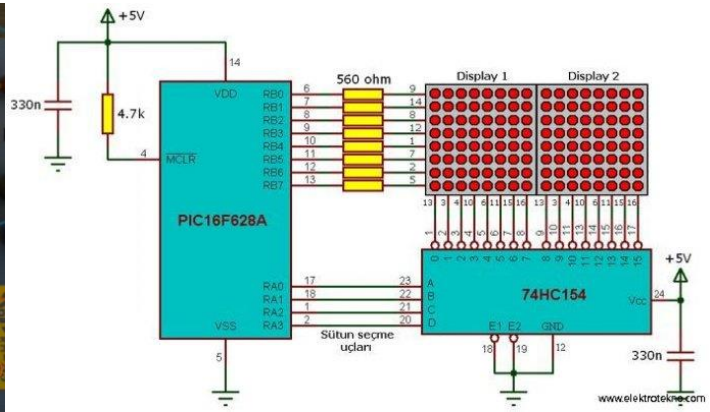
K4 kod numaralı kazağın cep kısmının hem iç hem de dış tarafının üretiminde gümüş ile kaplanmış 20 Denye PA (5 Kat) iplik kullanılmıştır. Bu kazak, 47 dB (%99,998) ve üzerinde koruma sağlayan ürünleri temsil etmenin yanı sıra hem iç hem dış tarafta yüksek oranda EMSE sağlandığı için cep telefonunun şebeke sinyalini azaltma/sıfırlama özelliğine de sahiptir.

### 4.3. Örme Kumaş Üretim Teknikleri ile Üretilen Elektronik Tekstil Yapıları

Elektronik tekstil yapılarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında, iletken metal içeren örme kumaş yapıları kullanılarak kayan yazı devresi oluşturmaya yönelik araştırmalar yapılmıştır. Öncelikle 2 adet 8x8 matris display, micro-işlemci, sütun sürücü ve dirençler temin edilerek, kayan yazı devresi eğitim modeli olarak hazırlanmış ve çalıştırılmıştır (Şekil 4.28).



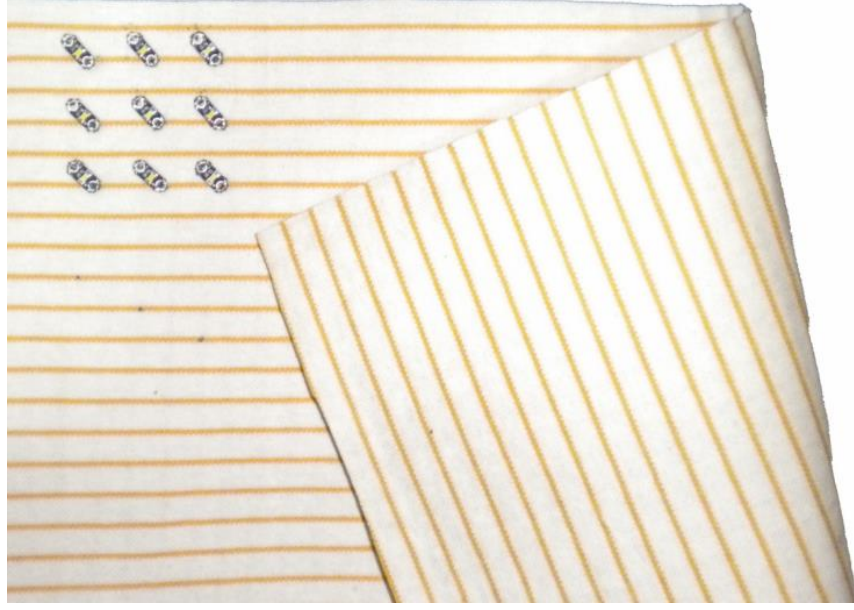
(a)



(b)

Şekil 4.28. (a) Hazırlanan kayan yazı devresi ve (b) devre şeması (Erol 2006)

Enine yönde bölgesel olarak 50 µm çaplı paslanmaz çelik tel içeren iki adet 50x50 cm boyutundaki kumaş, iletken metal teller birbirlerine dik olacak şekilde konumlandırılmış ve aralarına 3 mm kalınlıktaki sünger yerleştirilmiştir. 9 adet lilypad marka beyaz ledin kumaş üzerine entegrasyonu Nm 15/1 iletken çelik iplik ile dikilerek gerçekleştirilmiştir. Üretilen 3x3 matris display elektronik tekstil yapısı Şekil 4.29'da sunulmuştur.



**Şekil 4.29.** Enine yönde bölgesel olarak iletken kompozit iplik içeren kumaşlar ile oluşturulan 3x3 matris display elektronik tekstil yapısı

Sonuç olarak, Şekil 4.29'da turuncu renkte görülen iletken yollara beslenen enerji ile ledlerin ayrı ayrı ve istenilen sıralama ile yandığı görülmüştür.

## 5. SONUÇ

“Elektromanyetik Ekranlama Özellikli Örmeye Kumaş Geliştirilmesi” isimli doktora tez çalışması kapsamında toplum sağlığı açısından gün geçtikçe daha çok önem kazanan elektromanyetik radyasyona karşı koruma sağlayan, kullanımı rahat, konforlu kumaş ve giysilerin üretilmesi hedeflenmiştir.

Tez çalışması kapsamında; 35 µm, 50 µm, 70 µm ve 100 µm çaplı iletken metal teller kullanılarak iletken kompozit iplikler üretilmiş, ancak 100 µm çaplı metal tellerle üretilen kompozit ipliklerin örmeye makinelerinde kullanımı kalın ve sert olmaları nedeniyle sorun yaratmıştır.

Tez çalışması kapsamında üretilen iletken kompozit iplikler ve temin edilen iletken metal iplikler, iletken materyallerle kaplanmış iplikler kullanılarak elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan tişört olarak kullanılmaya uygun ince örmeye kumaş yapıları ve kazak olarak kullanılmaya uygun kalın örmeye kumaş yapıları üretilmiş ve EMSE özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

### **Tez çalışması kapsamında üretilen kumaşların EMSE etkinlikleri:**

Genel kullanım amacıyla kullanılacak ürünlerin (gündelik giyim, ofis üniforması, hamile elbisesi, önlük, elektronik tüketim ürünleri ve iletişim ile ilgili ürün ya da diğer yeni uygulamalar) 5 dB (%70 koruma-vasat) ve 20 dB (%99 koruma-çok iyi) EMSE sağlaması gerekmektedir. Tez kapsamında üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde, iletken iplikler kullanılarak üretilen örmeye kumaş yapılarının büyük bölümünün 5 dB ve üzerinde koruma sağladığı, 5 kat gümüş kaplı polyamid ipliklerin kullanıldığı örmeye kumaşların ise 47,04 dB (% 99,998 koruma) ile en yüksek EMSE değerlerini verdiği görülmüştür. Özellikle iletken kompozit iplik kullanılarak üretilen kumaşların EMSE değerlerinin uygulanan frekans değerine göre büyük değişiklikler gösterdiği görülmüş, bu nedenle de kumaşların kullanım amacına uygun frekans değerine uygun olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İletken kompozit iplikler kullanılarak üretilen kumaşlar

arasında örgü yapısının her sırasında atlama olan paslanmaz çelik telli kumaşların (MISS-SS kodlu) 275 MHz frekans değerinde 37,33 dB (% 99,982 koruma) ile en yüksek EMSE değerini verdiği tespit edilmiştir.

### **İletken kompozit iplik tipinin etkisi:**

%100 pamuklu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği göstermediği, ancak aynı makinede aynı makine ayarlarıyla üretilen iletken kompozit iplikli (metal telli) kumaşların, pamuk iplik numarasındaki farklılığa bağlı olarak değişen miktarda elektromanyetik ekranlama etkinliğine sahip olduğu görülmüştür.

İletken kompozit ipliğin bileşeni olan pamuk ipliklerin kat sayısı arttıkça RL kumaşların daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir.

İletken kompozit iplik içerisinde bulunan pamuk ipliklerinin kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri üzerine olan etkisinin daha net olarak anlaşılabilmesi amacıyla, paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle örülen ham kumaşlardan alınan numunelerdeki pamuk iplikleri çözülerek uzaklaştırılmış, %100 metal telden oluşan kumaşlar elde edilmiştir. Sonuç olarak, %100 50 µm paslanmaz çelik telli kumaşların EMSE değerlerinin diğer kumaşların EMSE değerlerinden belirgin bir şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür. Kumaş yapısına katılan pamuk ipliklerinin, metal tellerin dikey doğrultuda temas yoluyla olan iletkenliğini azalttığı ve yapının daha düşük EMSE sağlamasına neden olduğu düşünülmektedir. Ancak, pamuk iplikler kumaşların EMSE etkinliğini azaltsa da, %100 metal telden oluşan bir kıyafetin giyilmesi pek mümkün olmayacaktır. Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ışığında pamuk dışındaki tekstil liflerinin kumaşların EMSE etkinliğine etkilerinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE ölçümleri sonucunda iletken kompozit ipliğin bileşeni olan metal telin kalınlığının artmasına bağlı olarak kumaşların daha yüksek EMSE değerleri verdiği tespit edilmiştir.

Serbest uzay tekniği ölçümleri sonucunda tüm kumaş numunelerinde paslanmaz çelik tel içeren kumaşların, bakır tel içeren kumaşlara kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür. Koaksiyel test ölçümleri sonucunda ise sadece bakır tel içeren RL kumaşların 100 MHz – 800 MHz frekans aralığında ve 1x1 Rib kumaşların 800 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında paslanmaz çelik tel içeren kumaşlardan istatistiksel olarak daha yüksek EMSE değerleri verdiği görülmüştür.

Kumaşların 60 saniye ve 24 saat sonrasındaki kalıcı uzama değerleri incelendiğinde; paslanmaz çelik tel içeren kumaşların kalıcı uzama değerlerinin de bakır tel içeren kumaşlardan daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

#### **Elastan iplik kullanımının etkisi:**

İletken kompozit iplikli RL ve 1x1 Rib kumaşların (metal tel içermeleri nedeniyle), esnetildikten sonra geri gelme davranışlarının kötü olduğu, esnek olmadığı ve kumaş yapısının bozulduğu görülmüştür. Kumaşların elastanlı olarak üretilmesi EMSE değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir yapmamakla birlikte, kalıcı uzama değerlerinde artış gözlenmiştir.

#### **İletken iplik doğrultusunun etkisi:**

Koaksiyel iletim hattı test yöntemi ile yapılan testlerde; üretilen kumaştan alınan iki numunenin birbirine paralel olarak durması halinde daha az, dik durması halinde ise çok daha fazla elektromanyetik ekranlama etkinliği sağladığı görülmüştür. Üretilen kumaşların üst üste farklı doğrultularda kullanılması durumunda dikilecek iki katmanlı giysilerle daha yüksek EMSE sağlanabileceği düşünülmektedir.

Üstelik iletken ipliğın hem yatay (sıra yönlü) hem de dikey olarak (çubuk yönlü) kumaşa yerleştirilmesi ile daha yüksek EMSE sağlanabileceği düşünülmüştür. Günümüzde atkı örmeciliğinde bu uygulama sadece boyuna çizgili yuvarlak örme makinelerinde mümkündür.

Boyuna çizgili yuvarlak örme makinesi kullanılarak üretilen enine, boyuna ve hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren örme kumaş yapılarının EMSE etkinlikleri incelendiğinde, en yüksek EMSE değerlerinin hem enine hem de boyuna yönde iletken kompozit iplik içeren örme kumaş yapılarında olduğu görülmüştür. Bu kumaşlardan alınan EMSE sonuçlarında da iletken kompozit iplik sıklığının yüksek oluşunun kumaşların EMSE değerini arttırdığı görülmüştür.

**Bir örgü sırasındaki iletken kompozit iplik sayısının kumaş özellikleri üzerine etkisi:**

Örgü bölgesine beslenen üç iplik katının her biri pamuk ipliği, bir katı iletken kompozit iplik diğer ikisi pamuk ipliği, iki katı iletken kompozit iplik diğeri pamuk ipliği ve üç katta da iletken kompozit iplik kullanılarak RL düz örgü yapısında kumaşlar üretilmiştir. Bir örgü sırasında kullanılan iletken kompozit iplik sayısı arttıkça, her iki test metodunda da daha yüksek EMSE değeri elde edilmiştir. Kompozit iplik kullanım miktarının artmasının kumaşların ilmek yoğunluğu değerlerinin azalmasına, gramaj değerlerinin ise artmasına neden olduğu görülmüştür. Ürünlerde sıra sıklığı arttıkça EMSE değerleri de artmaktadır.

**Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisi:**

Örgü yapısının kumaşların EMSE değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla düz örme makinesi kullanılarak askı ve atlama içeren örme kumaş yapıları üretilmiştir. Koaksiyel test ölçümleri sonucunda, her sırasında atlama olan kumaşların en yüksek EMSE değerlerini verdiği, örgü yapısındaki atlama sayısı azaldıkça EMSE değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Askı içeren örgünün EMSE değerleri aynı oranda atlama içeren örgüden daha düşüktür. En düşük EMSE değerleri RL düz örgü kumaşlarda elde edilmiştir. EMSE ölçümleri için koaksiyel iletim hattı metodunun kullanıldığı literatür çalışmalarında da (Örtlek ve ark. 2011) tek toplama pike örgü yapısındaki kumaşların EMSE değerlerinin RL kumaşlardan daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Serbest uzay tekniği ile ölçülen EMSE değerlerine bakıldığında, askı içeren örgünün atlama içeren ve düz örgü kumaşlardan daha yüksek EMSE değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç Çeken ve arkadaşlarının (2011) çalışması ile de uyumludur. Atlama içeren



örgüler kendi içinde karşılaştırıldığında koaksiyel iletim hattı metodu test sonuçlarına benzer şekilde atlama sayısı azaldıkça EMSE değerlerinin de azaldığı görülmüştür.

**EMSE ölçüm metodunun ve ölçüm frekansının etkisi:**

Örülen kumaş numunelerinin elektromanyetik ekranlama etkinlikleri, koaksiyel-eş eksenli iletim hattı ve serbest uzay test düzeneğinde, sırasıyla (100 MHz – 1,5 GHz) ve (1 GHz – 18 GHz ) frekans değerleri arasında ölçülerek test metodlarının kıyaslanması da sağlanmıştır.

Her iki test metodunda da uygulanan frekans değerinin kumaşların EMSE değerlerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı gözlenmiştir. Kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliklerinin kullanım amacına uygun frekans değerinde ölçülmesi gerekeceği sonucuna varılmıştır. Örneğin 1800 MHz frekans GSM-2G ağlarını ifade ederken, 2100 MHz frekans GSM-3G ağlarını anlatmaktadır. 2450 MHz ise günümüzde çok yoğun etkisi altında kaldığımız Bluetooth, WLAN uygulamalarını ifade etmektedir.

Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak (Cheng 2000, Lin ve ark. 2007, Örtlek ve ark. 2011, Örtlek ve ark. 2012 ve Soyaslan ve ark. 2010), kumaşların düşük frekans değerlerindeki EMSE değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Serbest uzay tekniğinde anten düzlemine yatay olarak konumlandırılmış iletken kompozit iplikli kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliği gösterdiği, aynı kumaşın dikey olarak konumlandırıldığı durumda ise elektromanyetik ekranlama etkinliği özelliği göstermediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, Mühl ve Obelenski (2004), Örtlek ve ark. (2012), Volski ve Vandenbosch (2009) tarafından yapılmış çalışmalar ile uyumludur.

Metal tel içeren kumaşların bazı insanların cildinde iritasyon vb. hassasiyetler oluşturabileceği düşünüle gelmektedir. Kompozit ipliğin içindeki metal telin vücuda temasını önlemek amacıyla, çift yüzlü örgü yapıları üretilerek metal telin vücutla teması önenebilecektir. Bu durumun incelenebilmesi amacıyla üretilen bir yüzü %100 pamuk

diğer yüzü iletken kompozit iplikli doubleface (çift yüzlü) örgüdeki kumaş yapılarının serbest uzay test düzeneği ile 1 GHz – 1,5 GHz frekans aralığında yapılan EMSE test sonuçları, kumaşların anten düzlemine yatay olarak konumlandırıldığı durumda 26,95 dB ve üzerinde EMSE sağladığını (%99,8 ve üzerinde koruma) göstermiştir. Koaksiyel iletim hattı metodu ile yapılan EMSE test sonuçları ise, kumaşların 1 GHz – 1,5 GHz frekans bandında 5,27 dB ve üzerinde EMSE (%70,28 ve üzerinde koruma) sağladığını göstermektedir.

Bu durum, boynuz antenlerin kullanıldığı serbest uzay test düzeneğinde elektrik ve manyetik alanın doğrultusu birbirine dik olarak ilerlerken, koaksiyel test düzeneğinde elektriksel alan çemberin merkezinden çevresine doğru 360<sup>0</sup>’lik yarıçaplar oluşturacak şekilde ilerlemesi ile açıklanmaktadır. İletken metal tellerin kumaş yapısı içerisinde sadece yatay doğrultuda ilerlemesi nedeniyle kumaşlar bir yönde mükemmel yakın EMSE sağlarken diğer yönde EMSE sağlamamaktadır. EMSE değerlerinin hesaplanması logaritmik olarak yapıldığı için de iki metot ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark oldukça fazla olmaktadır.

#### **Boyama, terbiye ve yıkama işlemlerinin kumaşların EMSE özellikleri üzerine etkisi:**

Tez çalışmasında elde edilen sonuçların endüstriye ve seri üretime uyarlanması önem taşımaktadır. Ham pamuk iplikleriyle üretilen kompozit iplikli örme kumaşların boyanması gerekmektedir. Bu kumaşlar içindeki metal tellerin işletmede seri üretimde boya terbiye işlemleri sırasında sorun yaratabileceği öngörülmektedir.

İletken kompozit iplik içeren kumaşların nihai ürüne dönüşebilmesi uygulanacak boyama ve terbiye işlemlerin tümünde kompozit ipliklerin içindeki metal telin kırılması, aşınması dolayısıyla tüketiciyi özellikle giysi olarak kullanım sırasında rahatsız etmesi olasılığı mevcuttur. Bu sorun boyalı pamuk ipliği kullanılarak çözülebilir ancak maliyet çok yükselecektir.

Ham ve boyalı pamuk ipliklerinden üretilmiş kompozit iplikli kumaşların EMSE değerlerinin; boyama, terbiye ve tekrarlı yıkama işlemleri sonrasında belirgin bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir.

Evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları incelendiğinde, kumaşların metal tel içermesinin renk haslığı değerleri üzerinde negatif bir etki yaratmadığı görülmüştür. Daha ince metal tel kullanılarak üretilen kumaşların tekrarlı yıkamalar sonrası boyutsal değişimi kabul edilebilir aralıktadır ( $\pm 5$ ).

#### **Metal tellerin boyama ve terbiye işlemleri sonrasındaki deformasyonlarının tespiti:**

İletken kompozit iplik içeren kumaşların nihai ürüne dönüşebilmesi için boyanması ve az da olsa terbiye işlemi görmesi gerekecektir. Bu işlemlerin tümünde kompozit ipliklerin içindeki metal telin kırılması, aşınması dolayısıyla tüketiciyi özellikle giysi olarak kullanım sırasında rahatsız etmesi olasılığı mevcuttur. Elektronik tekstiller ve elektromanyetik ekranlama özellikli tekstillerin üretimi için en önemli konulardan birisi de ürünün kullanımı sırasında ürün ve cilt arasında oluşabilecek sürtünmenin etkisidir. Bu durumun tespiti için Martindale test cihazında aşındırıcı yüzey olarak kompozit iplikli kumaşlar kullanılarak 15 deneye ince bayan çoraplarına aşınma testi uygulanmıştır. İnce metal tel kullanılarak üretilen mamul kumaşların çoraplar üzerinde herhangi bir deformasyon oluşturmadığı, daha kalın metal tel kullanılanların ise çoraplar üzerinde takılma ya da çekilme oluşturmasa da ipliklerin yönlenmesine ve ilmek yapısının bozulmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

#### **İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerin etkisi:**

İletken kompozit iplikler içerdikleri metal teller nedeniyle, sert tutumludur. Örülme güçlükleri ve sonucunda tellerde kırılmalar görülebilmektedir. İletken ipliklerin daha yumuşak örnekleri olarak sayılabilecek olan iletken metal iplikler ve iletken materyaller ise yüksek maliyetlidir. Tez çalışmasında, hammadde maliyeti daha yüksek olan iletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların

elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri kompozit ipliklerden üretilenlerle kıyaslanmıştır.

İletken metal iplikler ve iletken materyallerle kaplanmış ipliklerden üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 1,5 GHz frekans aralığında yapılan EMSE test sonuçları incelendiğinde, tüm kumaşların 20 dB ve üzerinde elektromanyetik ekranlama etkinliği (%99 ve üzerinde koruma) sağladığı tespit edilmiştir.

### **Cep Kısmında Elektromanyetik Koruma Sağlayan Giysiler:**

Tez çalışmasının, elektromanyetik dalgalara karşı koruma sağlayan örme kumaş araştırmalarından elde edilen bilgiler ışında, gündelik kullanıma uygun, cep bölümüne yerleştirilecek telefonda kaynaklanacak elektromanyetik dalga maruziyetini azaltan unisex v-yaka kazaklar üretilmiştir. İletken kompozit ipliklerden üretilen kumaşın gerek kesim gerek dikişinde sorunlar olabileceğinden kazakların cep kısmı örgü makinesinde dikişe gerek olmaksızın oluşturulmuştur. Kazakların cep kısımlarının iç tarafının (vücuda temas eden kısımda) üretiminde iletken kompozit iplikler ve gümüş ile kaplanmış PA iplikler kullanılmıştır.

Kompozit iplik içeren kazaklar 100 MHz–1,5 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik dalgalara karşı 5 dB (%68,38) ve üzerinde koruma sağlarken, cep kısmında 5 kat 20 Denye polyamid iplik içeren kazak 47 dB (%99,998) ve üzerinde koruma sağlamıştır. Kazağın cep kısmının hem iç hem de dış tarafının üretiminde gümüş ile kaplanmış 20 Denye PA (5 Kat) iplik kullanılınca 47 dB (%99,998) ve üzerinde koruma sağlanmış, cep telefonunun şebeke sinyalini azaltma/sıfırlama özelliği de kazanmıştır.

### **Örme Kumaş Üretim Teknikleri ile Üretilen Elektronik Tekstil Yapıları:**

İletken kompozit ipliklerin örgü teknikleri ile kumaşa istenilen konumda yerleştirilmesi mümkündür. Bu çalışmada, iletken yollara beslenen enerji sayesinde ledlerin ayrı ayrı ve istenilen sıralama ile yakılması suretiyle kayan yazı yazılabileceği görülmüştür. Bu

teknikler, kullanılacak sensörler ve kurulacak devreler desteğiyle pek çok değişik kullanım amacı için akıllı tekstil üretimine uyarlanabilecektir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ışığında hem giyilebilir elektronikler sınıfından akıllı tekstil ürünü üretilmesi, hem de bu ürünü giyecek kişinin elektromanyetik radyasyondan korunması mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

**Adhikari, A., 2004**, Conducting Polyaniline and Polypyrrole: Studies of Their Catalytic Properties, Ph.D. Thesis in Chemistry, University of Pune, India

**Aniolczyk,H., Koprowska,J., Mamrot,P., Lichawska,J., 2004**, Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, Fibres & Textiles in Eastern Europe, October/December 2004, Vol.12, No.4(48)

**Anonim, 2005**, Specified Requirements of Antistatic Textiles, Document No. FTTS-FA-009, Committee for Conformity Assessment of Accreditation and Certification on Functional and Technical Textiles, Taipei / Taiwan, Revised: March, 2005

**Anonim**, [http://www.artecs-gmbh.de/en/en\\_garne.html](http://www.artecs-gmbh.de/en/en_garne.html)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim**, [http://www.artecs-gmbh.de/en/en\\_gewebe.html](http://www.artecs-gmbh.de/en/en_gewebe.html)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim**, <http://birdunyabilgi.net/manyetik-gecirkenlik>-(Erişim tarihi: 29.06.2010)

**Anonim**, <http://bonusteknik.com/>-(Erişim tarihi:20.04.2010)

**Anonim**,[http://elektroteknoloji.com/elektrik\\_elektronik/temel\\_eletronik/elektromanyetik\\_alanlar\\_nedir\\_tanimi.html](http://elektroteknoloji.com/elektrik_elektronik/temel_eletronik/elektromanyetik_alanlar_nedir_tanimi.html)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim**, <http://www.emf-info.ch/>-(Erişim tarihi:08.03.2013)

**Anonim**, <http://www.emrkoruma.com/>-(Erişim tarihi:08.03.2013)

**Anonim**, <http://www.fiberinoks.com/>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim**, <http://www.filafiliplik.com/>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim**,[http://glendash.com/Dash\\_of\\_Maxwells/Chapter\\_2/Dash\\_of\\_Maxwells\\_Chapter\\_2.htm](http://glendash.com/Dash_of_Maxwells/Chapter_2/Dash_of_Maxwells_Chapter_2.htm)-(Erişim tarihi:26.10.2011)

**Anonim**,[http://www.itkib.org.tr/itkib/hedef/old\\_hedef/200602\\_subat/haberteksitiltek2.htm](http://www.itkib.org.tr/itkib/hedef/old_hedef/200602_subat/haberteksitiltek2.htm)-(Erişim tarihi:20.12.2011)

**Anonim, 2004**, <http://www.kaizenken.jp/2004/43world/img/34.jpg>-(Erişim tarihi:02.05.2013)

**Anonim**, <http://www.lessemf.com/>-(Erişim tarihi:20.04.2010)

**Anonim**, <http://oursure.com/p/41/anti-radiation-shielding-man-clothes-t-shirt-8900635-super-protection/>-(Erişim tarihi:20.04.2010)

**Anonim**, [http://www.metexcorp.com/shielding\\_conductive\\_fabric.cfm/](http://www.metexcorp.com/shielding_conductive_fabric.cfm/)-(Erişim tarihi:15.02.2013)

**Anonim,** <http://www.photonicslabs.com/Assets/downloads/smarttextiles.pdf>-(Erişim tarihi:01.02.2008)

**Anonim,** [http://www.polartecheat.net/documents/PLT005Manual\\_R6.pdf](http://www.polartecheat.net/documents/PLT005Manual_R6.pdf)-(Erişim tarihi:01.02.2008)

**Anonim,** [http://www.safelivingtechnologies.ca/EMF\\_Health\\_Effects.htm](http://www.safelivingtechnologies.ca/EMF_Health_Effects.htm)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim,** <http://www.scottevest.com>-(Erişim tarihi:22.06.2009)

**Anonim,** <http://www.shieldextrading.net/>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim,** [http://sura.org/news/docs/sura\\_electromagnetic\\_spectrum\\_full\\_chart.pdf](http://sura.org/news/docs/sura_electromagnetic_spectrum_full_chart.pdf)-(Erişim tarihi:14.12.2009)

**Anonim,** <http://www.sweetcolors.com.tr/>-(Erişim tarihi:20.04.2010)

**Anonim,** <http://www.swiss-shield.ch/>-(Erişim tarihi:20.04.2010)

**Anonim,** <http://www.tedankara.k12.tr/osgk/elektromanyetikradyasyonlar.doc>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim,**[http://topraklama.com/statik\\_elektrige\\_karsi\\_topraklama-98.html](http://topraklama.com/statik_elektrige_karsi_topraklama-98.html)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim,** <http://www.ubergizmo.com/2006/01/north-face-met-5-jacket-with-polartec-heat-technology/>-(Erişim tarihi:08.03.2013)

**Anonim,** <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/print.html>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Anonim,** <http://www.yshield.com/> -(Erişim tarihi:15.08.2013)

**Arı,Ö., Özen,Ş., Çolak,Ö., Teşneli,A., 2008,** Elektromanyetikte Sonlu Farklar Metodu, Palme Yayıncılık

**Asanovica, K.A., Mihajlidia, T.A., Milosavljevica, S.V., Cerovicb, D.D., Dojcilovicc, J.R., 2007,** Investigation of the Electrical Behavior of Some Textile Materials, Journal of Electrostatics 65, s.162–167

**ASTM D4935-10** Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials, 2010

**Aşıla,L.N., 2010,** Elektro Manyetik Işınım, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu İzmir Bölge Müdürlüğü,  
[http://www.tk.gov.tr/Etkinlikler/Ulusal\\_Etkinlikler/cesitli/2009/sunumlar/nasila\\_sunum.pps](http://www.tk.gov.tr/Etkinlikler/Ulusal_Etkinlikler/cesitli/2009/sunumlar/nasila_sunum.pps)-(Erişim tarihi:25.06.2010)

**Atalay,N.S., Karakaş, 1990**, Elektromanyetik Kirlilik Sempozyumu, Türk Hava Kurumu Basım Evi, 1. Baskı, Ankara

**Bedeloğlu,A., Sünter,N., Bozkurt,Y., 2010**, Elektriksel Olarak İletken Tekstil Yapıları, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları, Tekstik ve Mühendis, Yıl:17 - Sayı:79

**Bertuleit, K., 2007**, Tekstiler Gümüş Kullanılarak İletken Hale Getiriliyor, Tekstil Maraton, Mart-Nisan, 2/2007

**Bertuleit, K., 2008**, İletken Gümüş Filamentlerle Üretilmiş Akıllı Tekstiller, Tekstil Maraton, Eylül-Ekim, 5/2008

**Burunkaya, M., 2008**, Design and Construction of A Reliable Grounding System and Antistatic Work Station for Protection Against ESD, Journal of Polytechnic, Vol: 11 No: 2 s.93-98

**Candan,N., 2005**, Mikrodalga / RF Konnektör ve Kablolar, Tübitak UEKAE Sunumu,[http://www.ume.tubitak.gov.tr/meeting/emd/sunular/TUBITAKUEKAE\\_MW\\_RFKONNEKTORKABLOLAR.pdf](http://www.ume.tubitak.gov.tr/meeting/emd/sunular/TUBITAKUEKAE_MW_RFKONNEKTORKABLOLAR.pdf)-(Erişim tarihi:28.04.2010)

**Chen,H.C., Lee,K.C., Lin,J.H., 2004**, Electromagnetic and Electrostatic Shielding Properties of Co-Weaving-Knitting Fabrics Reinforced Composites, Composites: Part A35 (2004) p.1249-1256

**Chen,H.C., Lin,J.H., Lee,K.C., 2008**, Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/StainlessSteel/Polyamide Fiber Co-Woven-Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites, Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol.27, No.2/2008, s.187-204

**Cheng, K.B., 2000**, Production and electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless Steel/Polyester Fabrics, Journal of Textile Engineering The Textile Machinery Society of Japan, 46 (2), s.42 – 52.

**Cheng,K.B., Lee,K.C., Ueng,T.H., Mou,K.J., 2002**, Electrical and Impact Properties of the Hybrid Knitted Inlaid Fabric Reinforced Polypropylene Composites, Composite Part A, 33(9) (2002), s.1219-1226.

**Chiumento,A., 2010**, Modeling of Shielding Textiles, M.Sc. Thesis in Department of Electrical Engineering, Katholieke Universiteit Leuven

**Ciesielska-Wróbel,I., Grabowska,K., 2012**, Estimation of the EMR Shielding Effectiveness of Knit Structures, Fibres & Textiles in Eastern Europe 2012; 20, 2(91): 53-60

**Cihaner, A., 2004**, Electrochemical Synthesis of Crowded Conduction Polymers, Nature of Radical Cations in Polimerization and Mechanism of Conductivity, Philosopy in Chem. Edu.



**Çam, E., 2013,** Elektrikle Çalışmalarda ISG, <http://isgagri.com/wp-content/uploads/2013/04/elektrik.pdf>-(Erişim tarihi:02.05.2013)

**Çeken, F., Kayacan, Ö., Özkurt, A. And Uğurlu, Ş.Ş., 2011,** The electromagnetic shielding properties of some conductive knitted fabrics produced on single or double needle bed of a flat knitting machine, Journal of Textile Institute, iFirst, 1-12

**Çeken, F., Pamuk,G., Kayacan, O., Özkurt, A. and Uğurlu, Ş.Ş., 2012,** Electromagnetic Shielding Properties of Plain Knitted Fabrics Containing Conductive Yarns, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol.7, Issue 4-2012, p.81-87

**Çerezci, O., 2008,** Elektromanyetik Radyasyon Maruziyeti ve Risk Değerlendirmesi, Meslek Hastalıkları Kongresi, Bursa, 20-22 Kasım 2008

**De Rossi,D., Della Santa,A., Mazoldi,A. 1999,** Dressware: Wearable Hardware, Mater. Sci. Eng., C7, sa:31-35

**Deangelis,A.,R., Child,A.D., Green,D.E., 1995,** Patterned Conductive Textiles, US Pat. 5624736

**Deguillement, D., 2003,** Bio Medical Clothes, Smart Textile. Minatec, Institut Français Textile Habillement, France.

**Devaux,E.,Koncar,V.,Kim,B.,Campagne,C.,Roux,C.,Rochery,M.,Saihi,D., 2007,** Processing and Characterization Of Conductive Yarns By Coating or Bulk Treatment For Smart Textile Applications, Transactions of the Institute of Measurement and Control, 29,3-4, s.355–376.

**Dhawan, A., Seyam,A.M., Ghosh,T.K., Muth,J.,F., 2004,** Woven fabric based electrical circuits: Part I - Evaluating Interconnect Methods, Textile Research Journal, 74(10) (2004), s.913-919

**Dhawan, A., Seyam,A.M., Ghosh,T.K., Muth,J.,F., 2004,** Woven fabric based electrical circuits: Part II – Yarn and Fabric Structures to Reduce Crosstalk Noise in Woven Fabric-Based Circuits, Textile Research Journal, 74(11) (2004), s.955-960

**Dhawan,S.K., Singh,N., Venkatachalam,S., 2002,** Shielding Effectiveness of Conducting Polyaniline Coated Fabrics at 101 GHz, Synthetic Metals 125 (2002),p. 389-393

**Dordevix,Z., 1990,** Textile Fabric Shielding Electomagnetic Radiation and Clothing Made Thereof, US Pat. 5103504

**Ebneth,H., Fitzky,H.G., 1981,** Metalized Sheet Form Textile Microwave Screening Material, and The Method of Use, US Pat. 4439768

**Ekiz, E., 2007,** Bursa-Nilüfer Belediyesi “Nilüfer Elektromanyetik Alan Kirliliği Projesi” Sunumu, 08.09.2007, İzmir, [http://sagliklikent.nilufer.bel.tr/pdf\\_doc/elek\\_alan\\_kir\\_p.ppt](http://sagliklikent.nilufer.bel.tr/pdf_doc/elek_alan_kir_p.ppt)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Erol,Y., 2006,** Kendimiz Yapalım, 16 Sütunlu Kayan Yazı, Bilim ve Teknik, Haziran 2006, s.86-88

**Geetha,S., Kumar,K.K.S., Rao, C.R.K., Vijayan,M., Trivedi,D.C., 2009,** EMI Shielding Methods and Materials - A Review, Journal of Applied Polymer Science, Vol.112, p. 2073-2086

**Ghosh,T., Dhawan,A., 2006,** Electronic Textiles and Their Potential, Indian Journal of Fibre&Textile Research, Vol.31, March 20069, pp.170-176

**Gonzalez J.A., 2003,** Advances in Technology: Smart & Engineered Textiles, Protective Clothing Research Group - Department of Human Ecology University of Alberta, [www.ualberta.ca/~jag3/Smart\\_textiles\\_printable\\_version\\_with\\_notes.ppt](http://www.ualberta.ca/~jag3/Smart_textiles_printable_version_with_notes.ppt)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Gregory,R.V., Kimbrell,W.C.(Jr), Cuddihee,M.,E., 1990,** Electrically Conductive Polymer Material Having Conductivity Gradient, US Pat. 5162135

**Hakansson,E., Amiet,A., Kaynak,A., 2007,** Dielectric Characterization of Conducting Textiles Using Free Space Transmission Measurements: Accuracy and Methods for Improvement, Synthetic Metals, 2007, Vol. 157, Issue: 24, pp. 1054-1063

**IEEE Std 299-1997,** IEEE Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures

**Ikkanzaka I., Ikeda,K., Takai, 1994,** Nonwoven Fabric Sheet Separator Material for Storage Batteries and Method For Making The Same, US Pat. 05487944

**Inaba,M., Hoshino,Y., Nagasaka,K., Ninomiya,T., Kagami,S., Inoue,H., 1996,** A Full-Body Tactile Sensor Suit Using Electrically Conductive Fabric and Strings, Proceedings, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IEEE Press), sa.450-457

**Innis,P.C., Mazurkiewicz,J., Aboutanos,V., Ding,J., Spinks,G.,M., Zhou,D., Wu,J., Wallace,G.G., MacFalane,D., Forsyth,M., Forsyth,S., 2002,** Inherently Conducting Polymers for Wearable Energy Conversion and Storage Systems, International Interactive Textiles for the Warrior Conference, Cambridge, MA, 9-11 July 2002

**Kacprzyk,R., Domagala,W.U., 1997,** Discharge of The Carpet Type Structure Antistatized By Introduction of Conducting Fibers, J. Electrostatics, 40, sa.553-558

**Kar, S.,B., 2005,** Studies on Electromechanical Sensors and Actuators Based on Conducting Polymers, Ph.D. Thesis in Chemical Engineering, University of Pune, India

**Kayacan, O., 2008,** Akıllı Giysi Dizaynı Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Doktora Tezi

**Kim,M.S., Kim,H.K., Byun,S.W., Jeong,S.H., Hong,Y.K., Joo,J.S., 2002,** PET Fabric/Polypyrrole Composite with High Electrical Conductivity for EMI Shielding, Synthetic Metals 126 (2002) 233-239

**Kim, T., Chung, D.L., 2006,** Mats and Fabrics for Electromagnetic Interference Shielding, Journal of Materials Engineering and Performance, volume 15(3) June, pp.295-298

**Kirsten, T., 2006,** Smart Clothing, Wearable Systems II SS2006, Wearable Computing Lab. ETH Zürich

**Kuhn,H.H., Child,A.D., Kimbrell,W.C., 1995,** Toward Real Applications of Conductive Polymers, Synth Metals, 71, sa.2139-2142

**Kuhn,H.H., Kimbrell,W.C.(Jr), 1987,** Electrically Conductive Textile Materials and Method for Making Same, US Pat. 4803096

**Lebby,M.S., Jachimowicz,K.E., Ramdani,J., 1998,** Textile Fabric with Integrated Sensing Device and Clothing Fabricated Thereof, US Pat. 6080690

**Li,L., Wan,K.W., Wan,S.H., Wong,K.S., 2009,** Design of Intelligent Garment with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Function Based on the Intersia Knitting Technique, Textile Research Journal, December 7

**Lin, J.H., Lou, C.W., and Liu, H.H., 2007,** Process and Anti-Electrostatic Properties of Knitted Fabrics Made from Hybrid Staple/Metallic-Core Spun Yarn, Journal of Advanced Materials, 39(1), 11-16, 2007.

**Lin J.H., Chen A.P., Hsieh C.H., Lin C.W., Lin C.M., Lou C.H., 2010,** Physical Properties of The Functional Bamboo Charcoal/Stainless Steel Core-Sheath Yarns and Knitted Fabrics, Textile Research Journal, November 3

**Linz, T., Kallmayer,C., Aschenbrenner,R. Reichl, H., 2005,** Embroidering Electrical Interconnects with Conductive Yarn for The Integration of Flexible Electronic Modules into Fabric, Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05), 86-91

**Lowell,J., McIntyre,J.E., 1978,** Antistatic Fibers in Fabrics and Carpets, J. Electrostatics, 4(1978), sa:267-282

**Marvin,A.C., Dawson,L., Flintoft,I.D., Dawson,J.F., 2009,** A Method for the Measurement of Shielding Effectiveness of Planar Samples Requiring No Sample Edge Preparation or Contact, IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol.51, Issue. 2, pp. 255-262, May 2009.

**MEGEP, 2007**, Elektrik Elektronik Teknolojisi Telefon Arıza Tespiti, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP(Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi),

[http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/telefonari\\_zatespiti.pdf](http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/telefonari_zatespiti.pdf)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**MIL-STD-285**, Military Standard, Method of Attenuation Measurements for Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Test Purposes., <http://www.wbdg.org/ccb/FEDMIL/std285.pdf>-(Erişim tarihi:25.06.2010)

**Mühl,T., Obelenski,B., 2004**, Knitted and Warp-Knitted Fabrics Offering Electromagnetic Shielding, Mellian Textilberichte, Vol 85, No 7/8, July 2004: E88 and Mellian English, 7-8/2004

**Ogunsola, A., 2001**, Harmonization of Shielding-Effectiveness Standards for Enclosures, Compliance Engineering, <http://www.ce-mag.com/archive/01/Spring/Ogunsola.html>-(Erişim tarihi:07.03.2012)

**Örtlek,H.G., Kılıç,G., Okyay,G., Bilgin,S., 2011**, Electromagnetic Shielding Characteristics of Different Fabrics Knitted From Yarns Containing Stainless Steel Wire, Industria Textila, Vol.62, nr.6, 2011, pp.304-308

**Örtlek,H.G., Alpyıldız,T., Kılıç,G., 2012**, Determination of Electromagnetic Shielding Performance of Hybrid Yarn Knitted Fabrics with Anechoic Chamber Method, Textile Research Journal, published online 23 August 2012, DOI: 10.1177/0040517512456758

**Örtlek,H.G., Cüneşoğlu,C., Okyay,G., Türkoğlu,Y., 2012**, Investigation of Electromagnetic Shielding and Comfort Properties of Single Jersey Fabrics Knitted From Hybrid Yarns Containing Metal Wire, Tekstil ve Konfeksiyon, Vol.22, No. 2, p.90-101, 2012

**Özdemir, A.,R., 2009**, Baz İstasyonlarının Çalışma Prensipleri ve Halk Sağlığına Etkisi Konusunda Bilgilendirme Sunumu, [http://www.tk.gov.tr/Etkinlikler/Ulusal\\_Etkinlikler/cesitli/2009/baz.htm](http://www.tk.gov.tr/Etkinlikler/Ulusal_Etkinlikler/cesitli/2009/baz.htm)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Özyalçın, M. O., Sevgi, L., Topuz, E., 2003**, İletim Hattı Matrisi Yöntemi ile Ekranlama Etkinliği ve Özgül Soğurma Oranı Hesabı, İTU dergisi/d, mühendislik, Cilt:2, Sayı:2, 15-27, Nisan

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

**Palamutçu,S., Özek,A., Karpuz,C., Dağ,N., 2010**, Electrically Conductive Surfaces and Their Electromagnetic Shielding Efficiency Measurements, Tekstil ve Konfeksiyon, 3/2010, pp.199-207

**Paradiso, R., 2006,** Multi-sensory textile for Health Biomonitoring, Milior-Smartex, Italy, [www.phealth-2006.com/presentations/S6\\_Paradiso.pdf](http://www.phealth-2006.com/presentations/S6_Paradiso.pdf)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Paradiso, R., 2006,** Seamless E-Health Systems, Knitting International, [http://www.smartex.it/Press/Knitting%20International\\_May2006.pdf](http://www.smartex.it/Press/Knitting%20International_May2006.pdf)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Perumalraj,R., Dasaradan,B.S., 2009,** Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Core Yarn Knitted Fabrics, Indian Journal of Fibre&Textile Research, Vol.34, June 2009, p.149-154

**Pittman,E.H., Kuhn,H.H., 1991,** Electrically Conductive Textile Fabric Having Conductivity Gradient, US Pat. 5102727

**Post,E.,R., Orth,M., Russo,P.,R., Gershenfeld,N., 2000,** E-broidery: Design and Fabrication of Textile-based computing, IBM Systems J., 39 (3&4), sa:840-860

**Ramachandran,T., Vigneswaran,C., 2009,** Design and Development of Copper Core Conductive Fabrics for Smart Textiles, Journal of Industrial Textiles, Vol.39, No.1-July 2009

**Rantanen,J. Vuorela,T. Kukkonen,K., Ryynanen,O., Sili,A., Vanhala,J., 2001,** Improving Thermal Comfort with Smart Clothing, Proceedings of IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace, sa. 795-800

**Rehnby,W.,Gustafsson,M.,Skrifvars,M., 2008,** Coating of Textile Fabrics with Conductive Polymers for Smart Textile Applications, Smart Textiles Ambience'08 - International Scientific Conference, University College of Boras-Sweden, June 2-3, 2008

**Replinger,R.S., Coates,D.K., 1994,** Nonwoven Electrode Construction, US Pat. 5518833

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

**Schwarz, A., 2007,** Gold Coated Yarns – A Material for Endurance, Proceedings of ITMC 2007, p. 91-97

**Sevgi, L., 2001,** Elektronik Sistemler ve Elektromanyetik Kirlilik, MSB Araştırma Teknoloji ve Faaliyetleri Bülteni, Kasım-2001, [www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/Savunma/MSB\\_BEM.pdf](http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/Savunma/MSB_BEM.pdf)-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Sevgi, L., 2004,** EMC ve Korunma yöntemleri: (I) Ekranlama, Endüstriyel & Otomasyon, Eylül, [http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO\\_Eylul04.pdf](http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf) (Erişim tarihi:15.12.2009)

**Soyaslan, D.D., 2009,** Elektromanyetik koruma etkinliğine sahip atkılı örme kumaş ve kompozitlerinin geliştirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Doktora Tezi

**Soyaslan, D., Çömlekçi, S. and 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, 890–897.

**Stegmaier,T., Schmeer-Lioe,G., Abele,H., Planck,H., 2008,** Shielding Effect of Textiles Against Electromagnetic Waves - New High-Frequency Test Device, Technical Textiles, 2008, 51(3), p.128, ISSN:0323-3243

**Su,C.I., Chern,J.T., 2004,** Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Research Journal, Vol. 74, No. 1, 51-54

**Tappura,K., Nurmi,S., 2003,** Computational Modelling of Charge Dissipation of Fabrics Containing Conductive Fibers, J. Electrostatics, 58, 2003, sa. 117-133

**Toprak,H.,** Doğru Akım Devre Analizi, [http://www.raylisistemler.com/teknik\\_b\\_pay/elektrik/Doğru\\_Akım\\_Devre\\_Analizi.pdf](http://www.raylisistemler.com/teknik_b_pay/elektrik/Doğru_Akım_Devre_Analizi.pdf) (Erişim tarihi:01.06.2010)

**Toyo Bosekik K.K., Miramura H.,Yoshida F., Shimura T., 1993,** US Pat. 5248486

**Türkkan,A., 2012,** Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri, F.Özsan Matbaacılık San.Tic.Ltd.Şti., Nilufer, BURSA / Mayıs 2012, 132 sa., ISBN: 978-605-62172-6-5

**TS EN 50147-1 April 2005** ICS 29.020; 17.140.01 Anechoic chambers - Part 1: Shield Attenuation Measurement

**Vassiliadis,S., Provatidis,C., Prekas,K. Ranguss,M., 2004,** Electrically Conductive Spun Yarns, Xth International Izmir Textile and Apparel Symposium, Çeşme, Turkey

**Volski,V., Aerts,W., Vasylchenko,A., Vandenbosch,G.A.E., 2006,** Analysis of Composite Textiles Filled with Arbitrarily Oriented Conducting Fibres Using a Periodic Model for Crossed Strips, MMET 2006: 11th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, Conference Proceedings, pp. 58-63

**Volski,V., Vandenbosch,G.A.E., 2009,** Full-Wave Electromagnetic Modelling of Fabrics and Composites, Composites Science and Technology, 69 (2009) p.161-168

**Xue, P., Tao, X., Leung, M., Zhang, H. 2005.** Electromechanical Properties of Conductive Fibres, Yarns and Fabrics, Wearable Electronics and Photonics, Woodhead Publishing Limited, New York Washington, s. 81-102

**Yaman, N., Öktem, T., Seventekin, N., 2007,** Karbon Liflerinin Özellikleri ve Kullanım Olanakları, Tekstil ve Konfeksiyon, 2/2007, s. 90-95

**Yajima, T., Yamada, K., Tanaka, S., 2002,** Protection Effects of a Silver Fiber Textile Against Electromagnetic Interference in Patients with Pacemakers, The Japanese Society for Artificial Organs, 2002/5:, 175-178, <http://www.springerlink.com/content/wy5rw3hemw946u7a/fulltext.pdf>-(Erişim tarihi:15.12.2009)

**Zhang, X.X., Tao,X.M., 2001,** Smart Textiles(1): Passive Smart, Textile Asia, June,pp.45-48

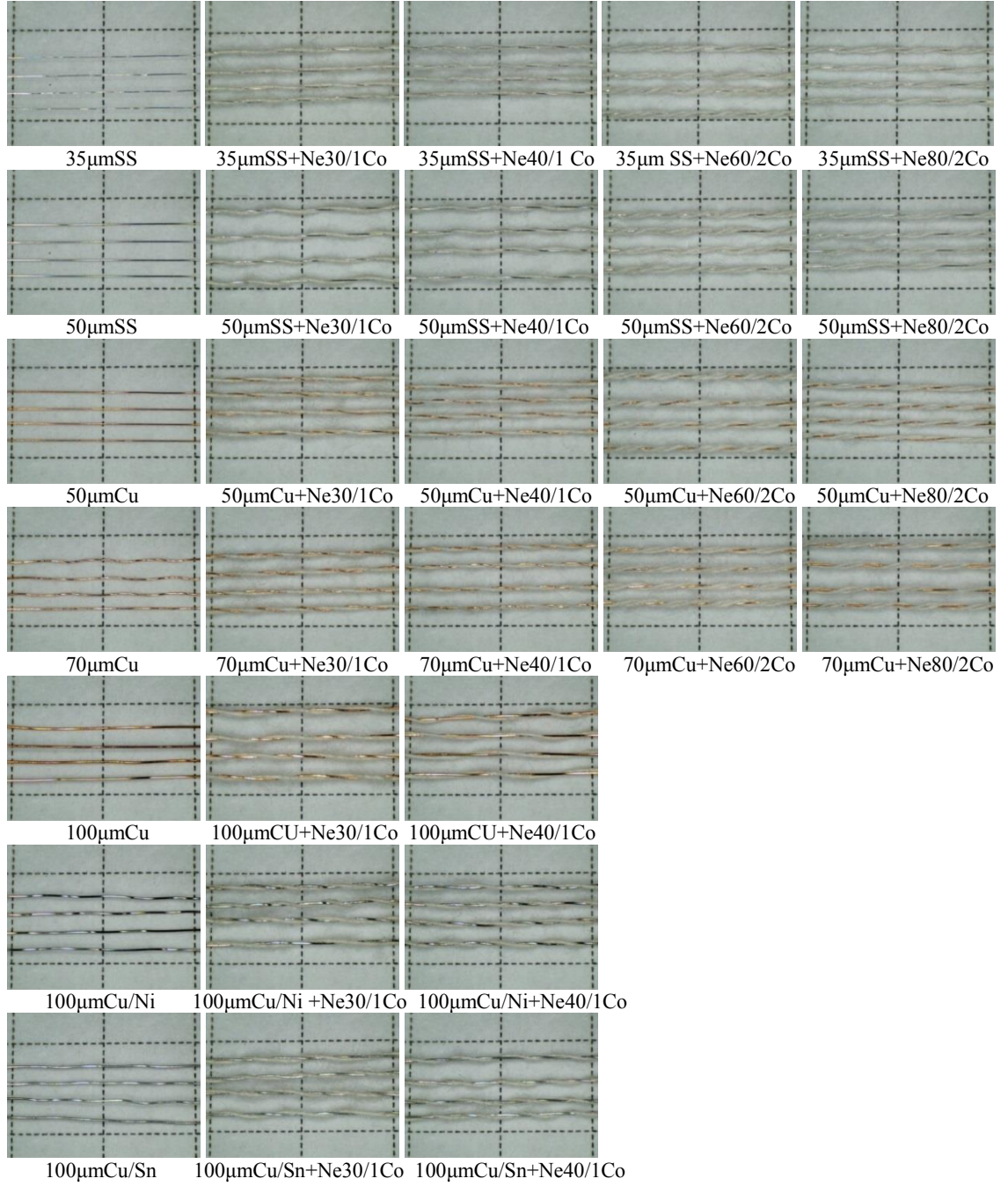
**Zhang, X.X., Tao,X.M., 2001,** Smart Textiles(3): Active Smart, Textile Asia, July,pp.49-52

**Zhang, X.X., Tao,X.M., 2001,** Smart Textiles(3): Very Smart, Textile Asia, August,pp.35-37

**Zhou, X., 2008,** Review on nanofiber and applications, ECG653 Project Report, nanotechnology.unlv.edu/ecg653\_fall2008\_projects/ecg653\_project8.doc-(Erişim tarihi:01.02.2008)

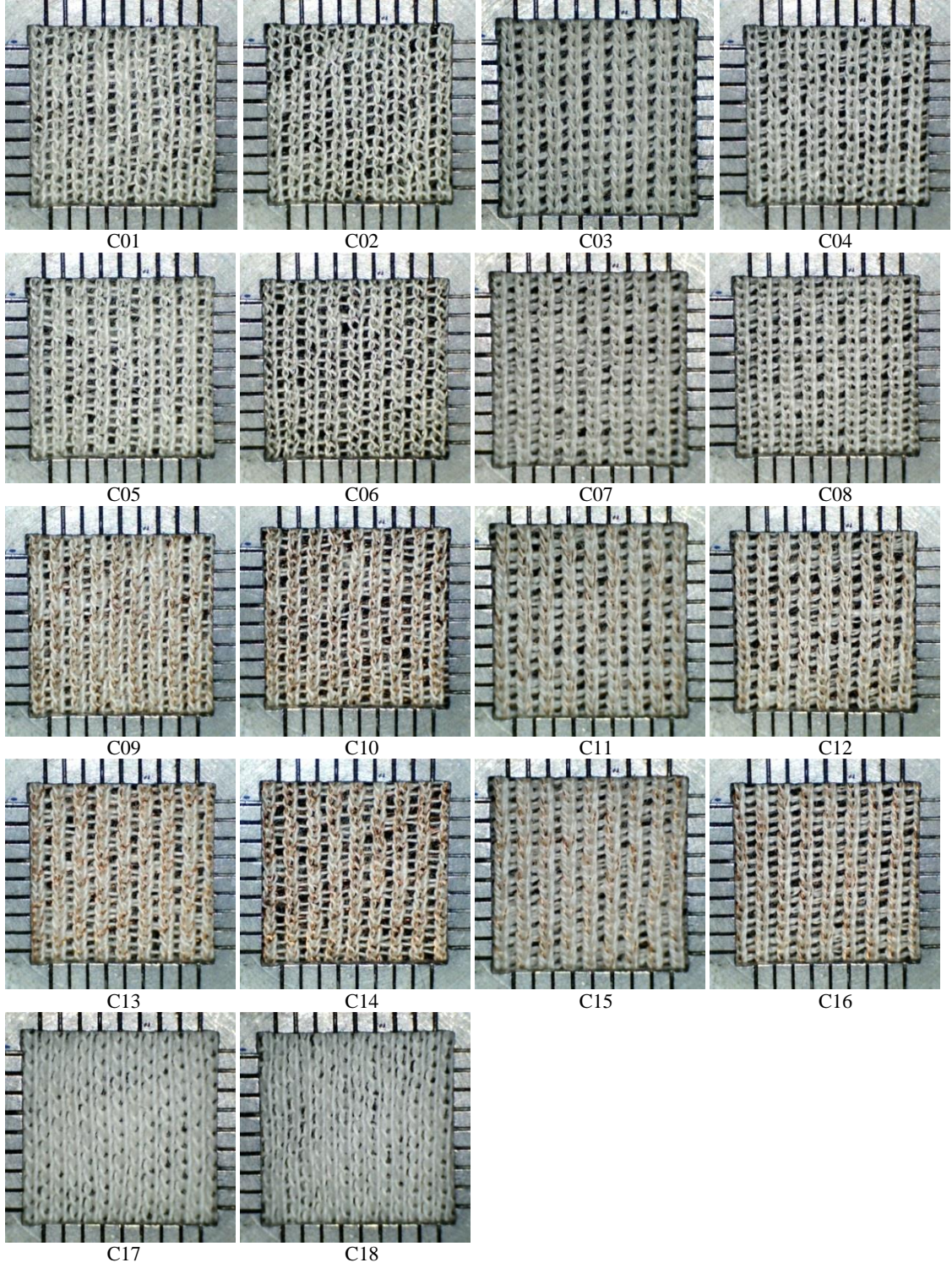
## EKLER

### EK 1. İletken Metal Teller ve İletken Kompozit İplikler



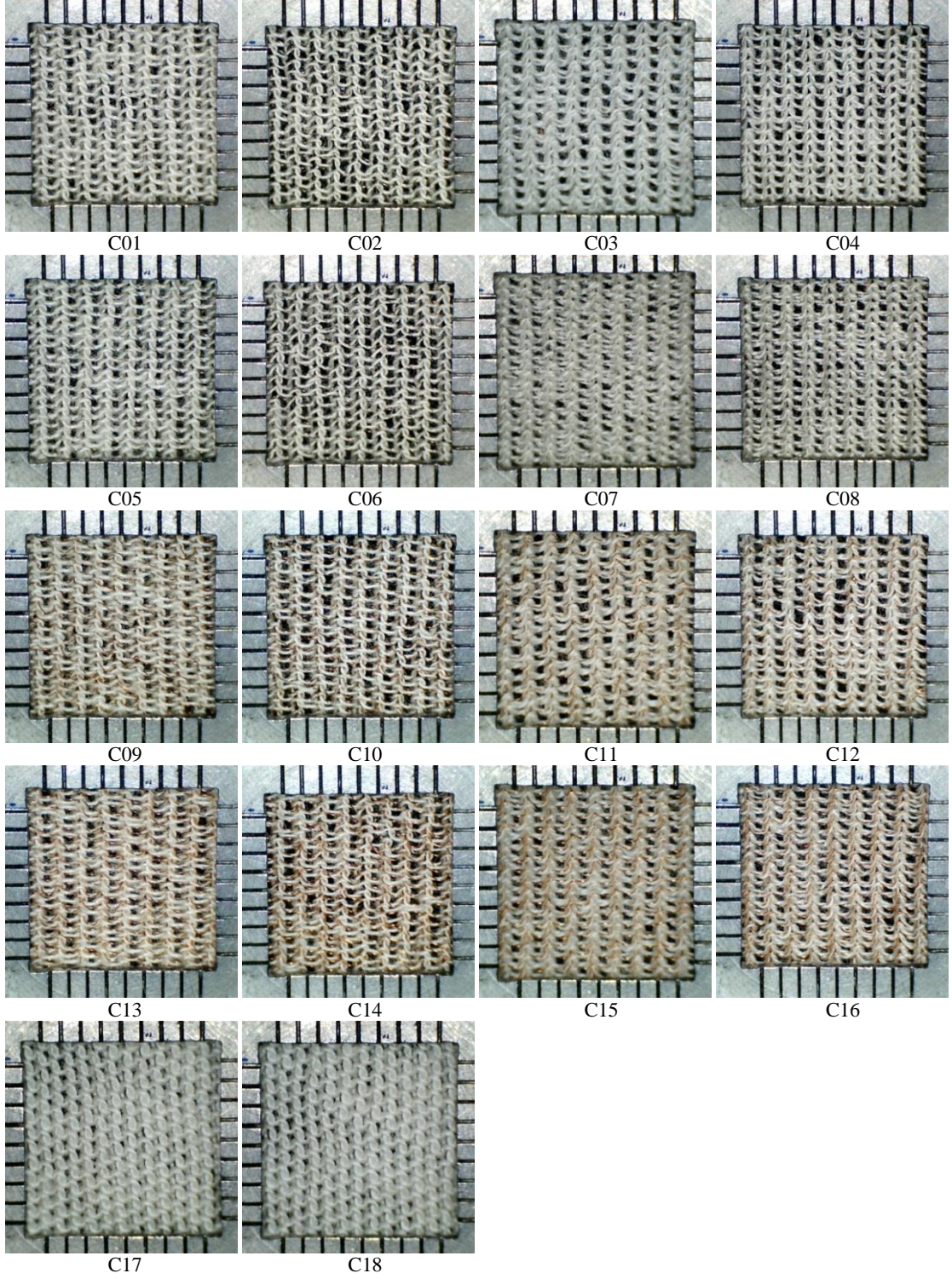


**EK 2. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL (Süprem) Kumaşların Ön (R) Yüz Görüntüleri (10x10 mm)**



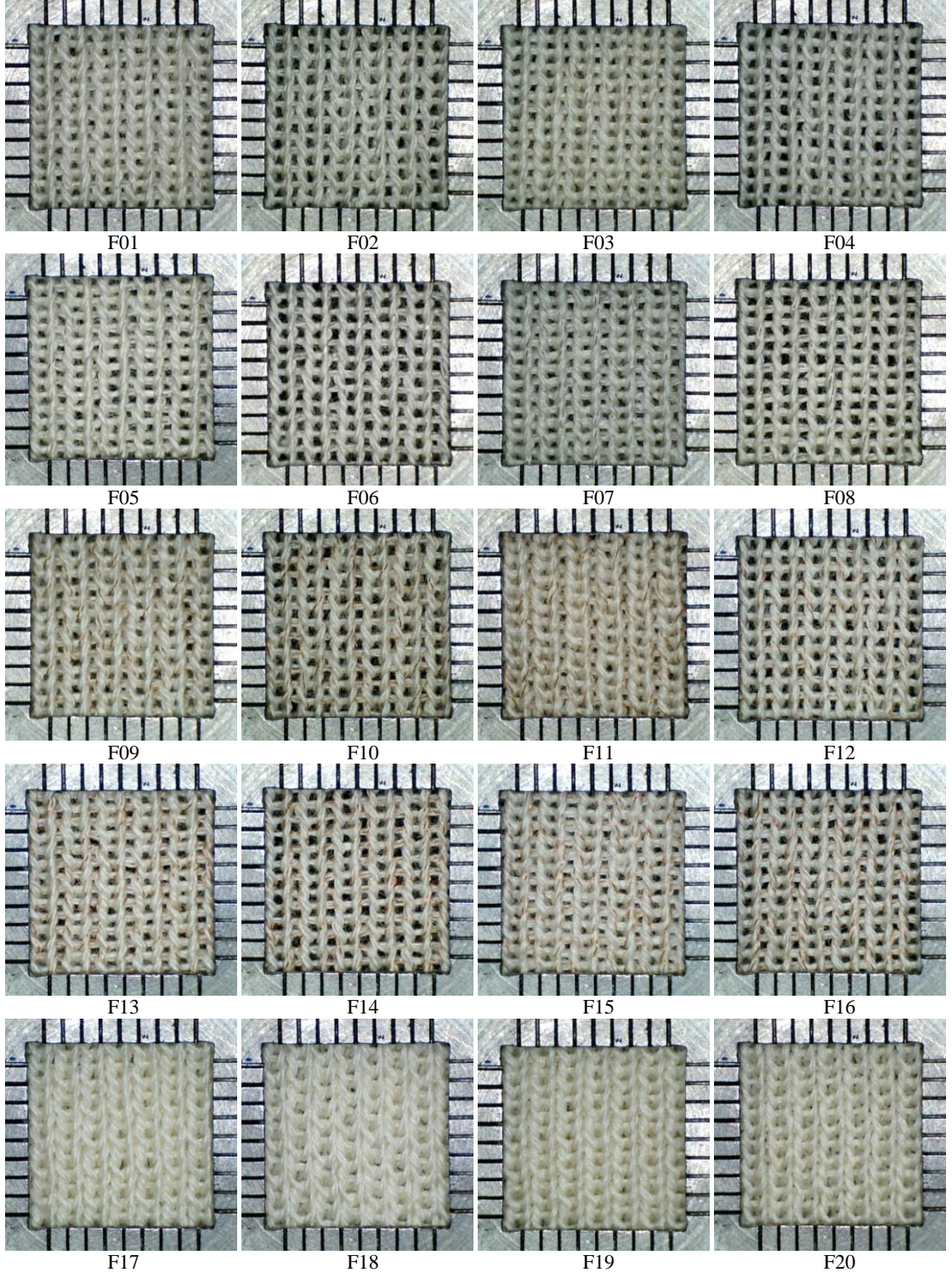


**EK 3. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL (Süprem) Kumaşların Arka (L) Yüz Görüntüleri (10x10 mm)**

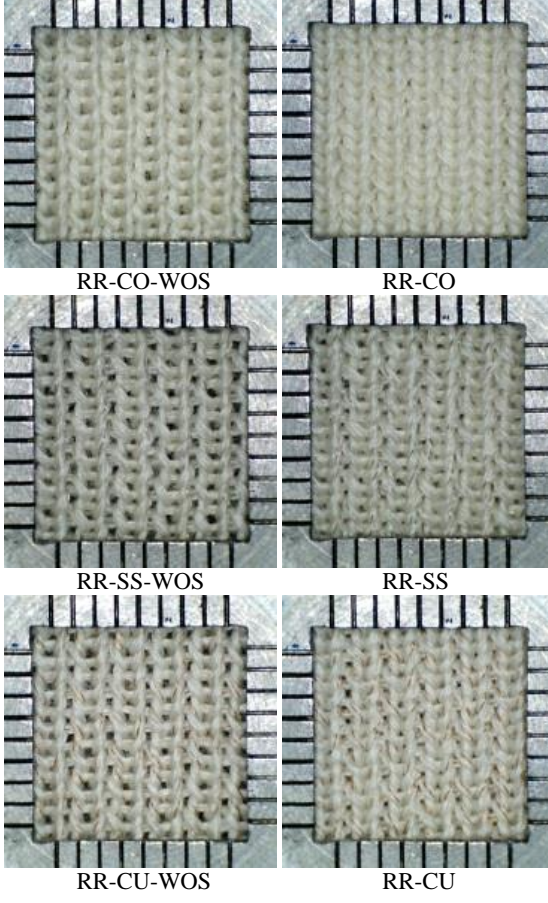




**EK 4. İletken Kompozit İplik Tipinin Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşlar (10x10 mm)**

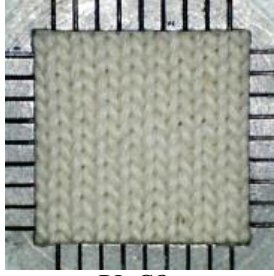


**EK 5. Elastan İplik Kullanımının Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşlar (10x10 mm)**

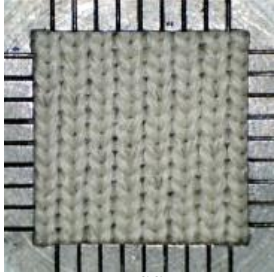




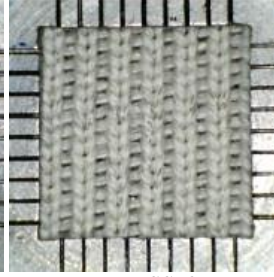
**EK 6. Metal Tel Miktarının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek  
Amacıyla Üretilen RL Kumaşlar (10x10 mm)**



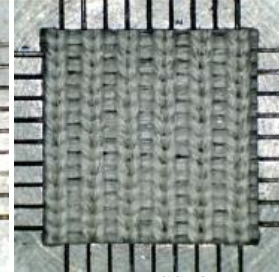
RL-CO



RL-SS



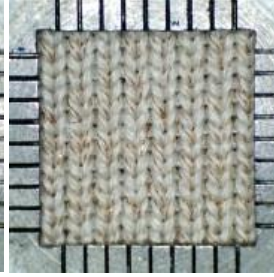
RL-SSx2



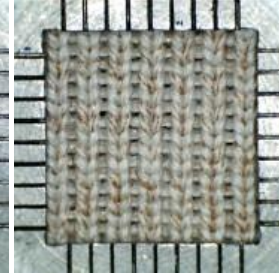
RL-SSx3



RL-CU

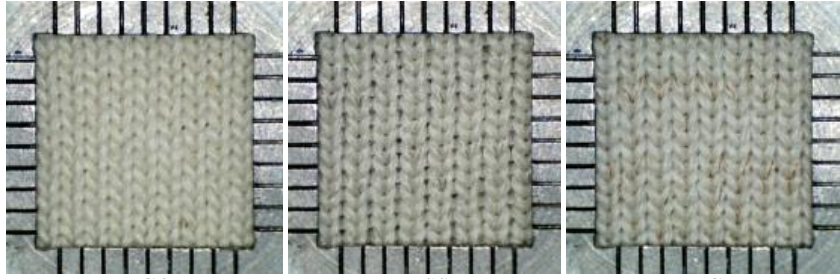


RL-CUx2



RL-CUx3

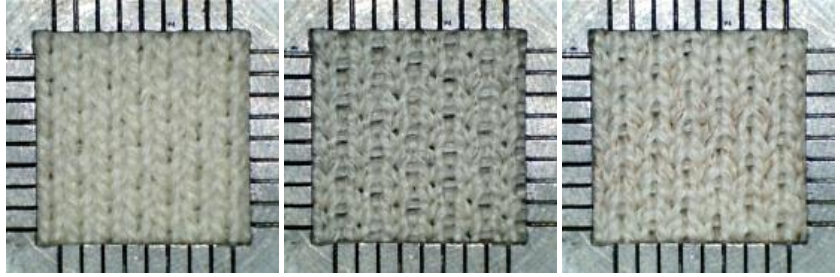
**EK 7. Askı ve Atlama İçeren Kumaşlar (10x10 mm)**



RL-CO

RL-SS

RL-CU



PIQ-CO

PIQ-SS

PIQ-CU



MIS-CO

MIS-SS

MIS-CU

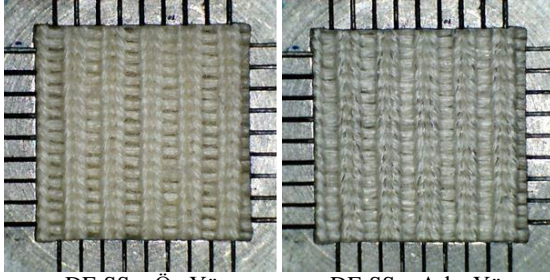


MISS-CO

MISS-SS

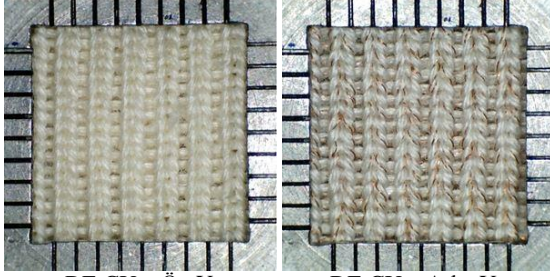
MISS-CU

## EK 8. Çift Yüzlü Örme Kumaşlar (10x10 mm)



DF-SS – Ön Yüz

DF-SS – Arka Yüz

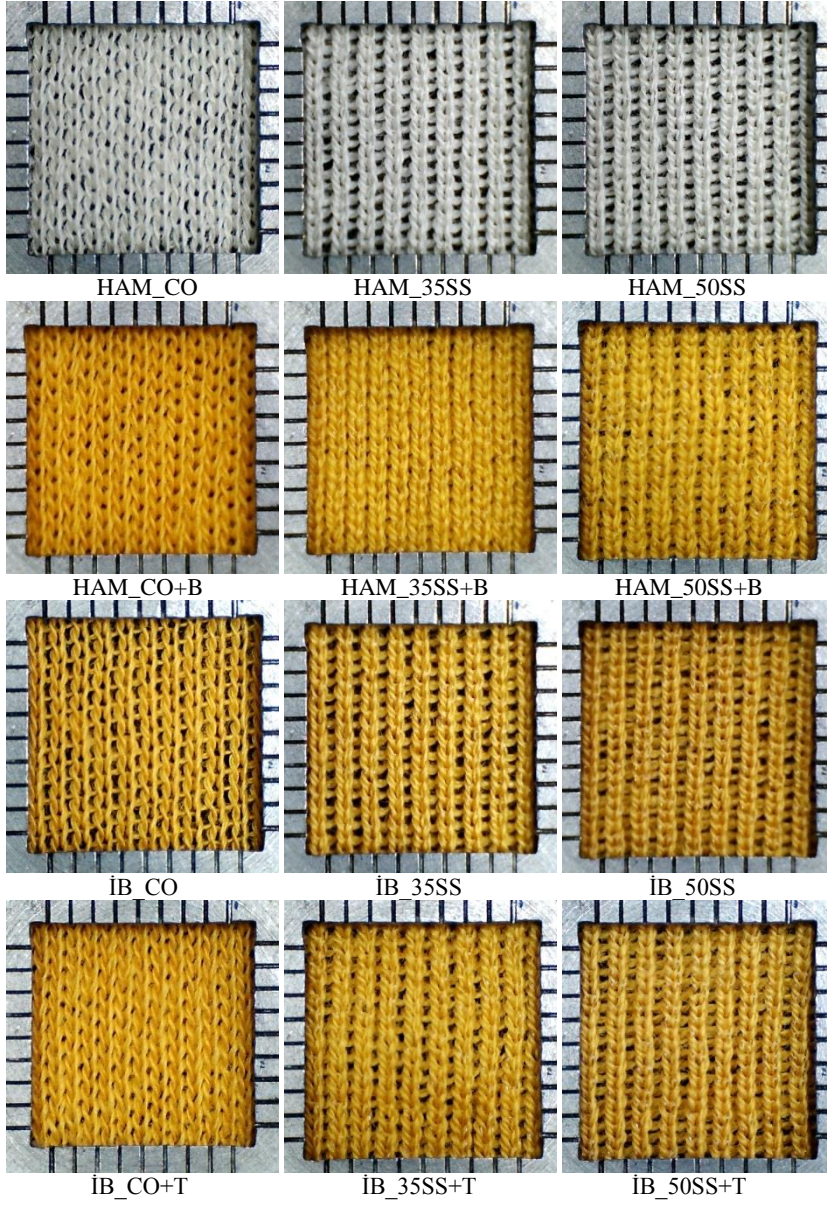


DF-CU – Ön Yüz

DF-CU – Arka Yüz

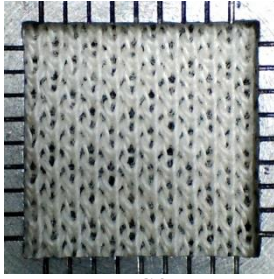


**EK 9. Boyama ve Terbiye İşlemleri Görmüş RL Kumaşlar (10x10 mm)**

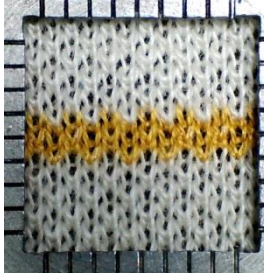




**EK 10. Farklı Doğrultularda İletken Kompozit İçeren Örme Kumaşlar(10x10 mm)**



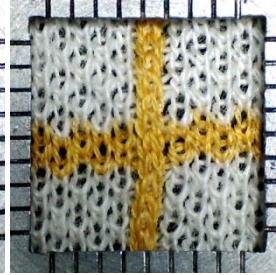
W-CO



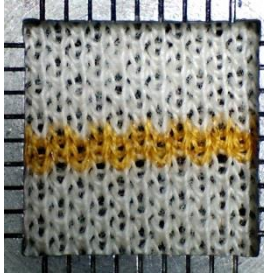
W-35SS-E



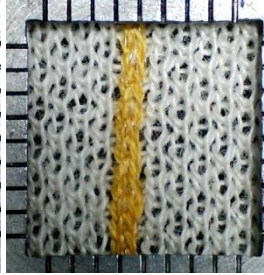
W-35SS-B



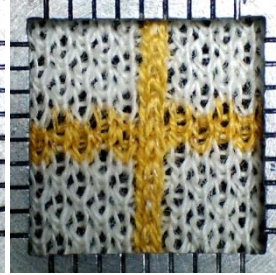
W-35SS-E&B



W-50SS-E

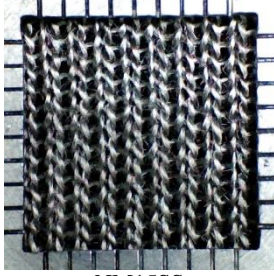


W-50SS-B

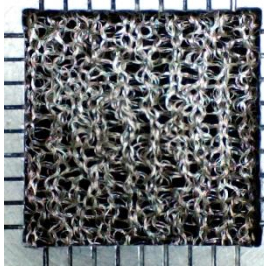


W-35SS-E&B

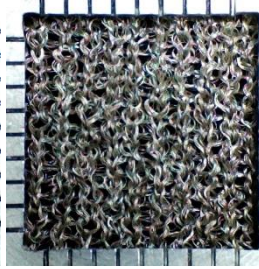
**EK 11. İletken Metal İplikler ve İletken Materyallerle Kaplanmış İplikler ile Üretilen RL Kumaşlar (10x10 mm)**



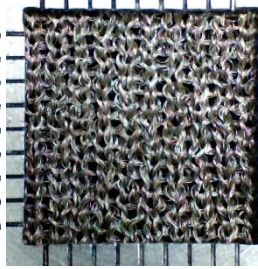
NM15SS



20PAx2



20PAx3



20PAx4



20PAx5



20PA+Co



20PA+Co+Co



20PAx2+Co

## EK 12. İletken Kompozit İplik Tipinin Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları

**Çizelge 12.1.** RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 400 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

C01-18 (100MHz-400MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Pamuk İpliği	91,169	3	30,390	214,299	0,000
Metal Tel	124667,616	4	31166,904	219780,241	0,000
Frekans	27229,898	42	648,331	4571,847	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel	91,095	10	9,109	64,238	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	11,536	126	0,092	0,646	0,999
Metal Tel * Frekans	2919,299	168	17,377	122,536	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel * Frekans	12,062	420	0,029	0,203	1,000
Hata	439,042	3096	0,142	0,000	0,000
Toplam Varyans	1327593,873	3870	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.2.** RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 400 MHz – 800 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

C01-18 (400MHz-800MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Pamuk İpliği	81,190	3	27,063	358,709	0,000
Metal Tel	60098,754	4	15024,688	199143,190	0,000
Frekans	7136,017	56	127,429	1688,993	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel	59,043	10	5,904	78,257	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	0,738	168	0,004	0,058	1,000
Metal Tel * Frekans	835,791	224	3,731	49,455	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel * Frekans	6,896	560	0,012	0,163	1,000
Hata	309,633	4104	0,075	0,000	0,000
Toplam Varyans	595690,820	5130	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.3.** RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 800 MHz – 1200 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

C01-18 (800MHz-1200MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Pamuk İpliği	64,128	3	21,376	303,988	0,000
Metal Tel	25909,510	4	6477,378	92114,428	0,000
Frekans	5251,130	57	92,125	1310,106	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel	78,439	10	7,844	111,547	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	7,121	171	0,042	0,592	1,000
Metal Tel * Frekans	779,125	228	3,417	48,596	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel * Frekans	11,935	570	0,021	0,298	1,000
Hata	293,651	4176	0,070	0,000	0,000
Toplam Varyans	254348,159	5220	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.4.** RL kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 1200 MHz – 1500 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>C01-18 (1200MHz-1500MHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Pamuk İpliği	54,836	3	18,279	276,543	0,000
Metal Tel	13684,813	4	3421,203	51760,252	0,000
Frekans	255,589	42	6,085	92,069	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel	171,633	10	17,163	259,668	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	14,324	126	0,114	1,720	0,000
Metal Tel * Frekans	119,528	168	0,711	10,764	0,000
Pamuk İpliği * Metal Tel * Frekans	70,276	420	0,167	2,531	0,000
Hata	204,637	3096	0,066	0,000	0,000
Toplam Varyans	121532,517	3870	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.5.** RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 1 GHz – 5 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>C01-18 (1GHz-5GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	101644,206	4	25411,051	67530,148	0,000
Pamuk İpliği	212,056	3	70,685	187,847	0,000
Frekans	6041,059	47	128,533	341,578	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	124,965	10	12,496	33,210	0,000
Metal Tel * Frekans	1115,900	188	5,936	15,774	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	103,060	141	0,731	1,942	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	153,671	470	0,327	0,869	0,969
Hata	650,232	1728	0,376	0,000	0,000
Toplam Varyans	972921,346	2592	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.6.** RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 5 GHz – 9 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>C01-18 (5GHz-9GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	50692,133	4	12673,033	226899,611	0,000
Pamuk İpliği	145,453	3	48,484	868,068	0,000
Frekans	4707,048	46	102,327	1832,078	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	243,276	10	24,328	435,565	0,000
Metal Tel * Frekans	669,752	184	3,640	65,170	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	7,906	138	0,057	1,026	0,405
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	9,075	460	0,020	0,353	1,000
Hata	94,503	1692	0,056	0,000	0,000
Toplam Varyans	465827,512	2538	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.7.** RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 9 GHz – 13 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>C01-18 (9GHz-13GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	25931,845	4	6482,961	302980,002	0,000
Pamuk İpliği	256,283	3	85,428	3992,446	0,000
Frekans	900,786	46	19,582	915,176	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	292,915	10	29,291	1368,932	0,000
Metal Tel * Frekans	123,935	184	0,674	31,479	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	0,909	138	0,007	0,308	1,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	3,318	460	0,007	0,337	1,000
Hata	36,204	1692	0,021	0,000	0,000
Toplam Varyans	225175,024	2538	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 12.8.** RL kumaşların serbest uzay tekniği ile 13 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>C01-18 (13GHz-18GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	25478,640	4	6369,660	238700,370	0,000
Pamuk İpliği	306,620	3	102,207	3830,147	0,000
Frekans	53,888	57	0,945	35,428	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	356,817	10	35,682	1337,156	0,000
Metal Tel * Frekans	12,688	228	0,056	2,085	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	1,926	171	0,011	0,422	1,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	8,713	570	0,015	0,573	1,000
Hata	55,718	2088	0,027	0,000	0,000
Toplam Varyans	213458,602	3132	0,000	0,000	0,000

### EK 13. İletken Kompozit İplik Tipinin Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları

**Çizelge 13.1.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 100 MHz – 400 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

F01-20 (100MHz-400MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	149176,308	4	37294,077	15618,409	0,000
Pamuk İpliği	916,627	3	305,542	127,958	0,000
Frekans	6106,455	42	145,392	60,889	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	2481,110	12	206,759	86,589	0,000
Metal Tel * Frekans	5746,732	168	34,207	14,325	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	1030,488	126	8,178	3,425	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	1391,554	504	2,761	1,156	0,014
Hata	8214,129	3440	2,388	0,000	0,000
Toplam Varyans	980129,959	4300	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.2.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 400 MHz – 800 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

F01-20 (400MHz-800MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	85409,469	4	21352,367	53463,810	0,000
Pamuk İpliği	690,227	3	230,076	576,083	0,000
Frekans	8267,957	56	147,642	369,678	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	406,219	12	33,852	84,760	0,000
Metal Tel * Frekans	1625,626	224	7,257	18,171	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	51,924	168	0,309	0,774	0,986
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	186,297	672	0,277	0,694	1,000
Hata	1821,172	4560	0,399	0,000	0,000
Toplam Varyans	479297,824	5700	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.3.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 800 MHz – 1200 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

F01-20 (800MHz-1200MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	39298,002	4	9824,500	56323,606	0,000
Pamuk İpliği	338,772	3	112,924	647,391	0,000
Frekans	2764,569	57	48,501	278,056	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	370,506	12	30,876	177,008	0,000
Metal Tel * Frekans	738,814	228	3,240	18,577	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	6,887	171	0,040	0,231	1,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	48,114	684	0,070	0,403	1,000
Hata	809,353	4640	0,174	0,000	0,000
Toplam Varyans	211201,747	5800	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.4.** 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla 1200 MHz – 1500 MHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>F01-20 (1200MHz-1500MHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	26736,923	4	6684,231	43733,107	0,000
Pamuk İpliği	20,906	3	6,969	45,594	0,000
Frekans	158,735	42	3,779	24,728	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	163,459	12	13,622	89,122	0,000
Metal Tel * Frekans	185,175	168	1,102	7,212	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	15,968	126	0,127	0,829	0,916
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	66,004	504	0,131	0,857	0,987
Hata	525,775	3440	0,153	0,000	0,000
Toplam Varyans	122492,555	4300	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.5.** 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 1 GHz – 5 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>F01-20 (1GHz-5GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	105081,950	4	26270,488	254012,660	0,000
Pamuk İpliği	408,836	3	136,279	1317,696	0,000
Frekans	22645,570	47	481,821	4658,785	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	263,241	12	21,937	212,109	0,000
Metal Tel * Frekans	5921,942	188	31,500	304,574	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	14,161	141	0,100	0,971	0,580
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	34,139	564	0,061	0,585	1,000
Hata	198,570	1920	0,103	0,000	0,000
Toplam Varyans	546198,450	2880	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.6.** 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 5 GHz – 9 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>F01-20 (5GHz-9GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	24855,113	4	6213,778	233958,221	0,000
Pamuk İpliği	211,752	3	70,584	2657,598	0,000
Frekans	5029,147	46	109,329	4116,414	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	127,657	12	10,638	400,539	0,000
Metal Tel * Frekans	1259,754	184	6,846	257,781	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	1,498	138	0,011	0,409	1,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	3,457	552	0,006	0,236	1,000
Hata	49,932	1880	0,027	0,000	0,000
Toplam Varyans	127945,895	2820	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.7.** 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 9 GHz – 13 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>F01-20 (9GHz-13GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	6234,410	4	1558,603	227011,124	0,000
Pamuk İpliği	120,517	3	40,172	5851,130	0,000
Frekans	562,428	46	12,227	1780,824	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	88,663	12	7,389	1076,153	0,000
Metal Tel * Frekans	137,723	184	0,748	109,019	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	1,555	138	0,011	1,641	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	1,836	552	0,003	0,484	1,000
Hata	12,908	1880	0,007	0,000	0,000
Toplam Varyans	29625,830	2820	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 13.8.** 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile 13 GHz – 18 GHz frekans değerleri arasındaki EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

<b>F01-20 (13GHz-18GHz)</b>					
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Toplamı Ortalaması</b>	<b>F Testi</b>	<b>Önemlilik Durumu</b>
Metal Tel	4924,768	4	1231,192	185027,446	0,000
Pamuk İpliği	99,656	3	33,219	4992,220	0,000
Frekans	13,845	57	0,243	36,504	0,000
Metal Tel * Pamuk İpliği	96,789	12	8,066	1212,145	0,000
Metal Tel * Frekans	3,254	228	0,014	2,145	0,000
Pamuk İpliği * Frekans	1,382	171	0,008	1,215	0,035
Metal Tel * Pamuk İpliği * Frekans	2,177	684	0,003	0,478	1,000
Hata	15,438	2320	0,007	0,000	0,000
Toplam Varyans	21318,257	3480	0,000	0,000	0,000



## EK 14. Elastan İplik Kullanımının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen 1x1 Rib Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları

**Çizelge 14.1.** Elastan ipik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G01-06 (100MHz-1500 MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	112394,119	2	56197,059	75183,091	0,000
Frekans	50389,296	200	251,946	337,066	0,000
Metal Tel * Frekans	13579,883	400	33,950	45,420	0,000
Hata	4056,516	5427	0,747	0,000	0,000
Toplam Varyans	456238,094	6030	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 14.2.** Elastan ipik kullanımının etkisini incelemek amacıyla üretilen 1x1 Rib kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G01-06 (1GHz-18GHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	41134,655	2	20567,327	422418,688	0,000
Frekans	45119,201	199	226,730	4656,650	0,000
Metal Tel * Frekans	22480,652	398	56,484	1160,088	0,000
Hata	146,068	3000	0,049	0,000	0,000
Toplam Varyans	193043,426	3600	0,000	0,000	0,000

## EK 15. Metal Tel Miktarının Kumaş Özellikleri Üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen RL Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları

**Çizelge 15.1.** Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların koaksiyel iletim hattı metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G07,G08,G09,G10,G11,G12,G13 (100MHz-1500 MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	97626,525	6	16271,087	54071,749	0,000
Frekans	159019,777	200	795,099	2642,257	0,000
Metal Tel * Frekans	21078,874	1200	17,566	58,374	0,000
Hata	1693,559	5628	0,301	0,000	0,000
Toplam Varyans	889443,463	7035	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 15.2.** Metal tel miktarının etkisini incelemek amacıyla üretilen RL kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G07,G08,G09,G10,G11,G12,G13 (1GHz-18GHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	138381,058	6	23063,510	79102,622	0,000
Frekans	72767,770	199	365,667	1254,156	0,000
Metal Tel * Frekans	14967,602	1194	12,536	42,995	0,000
Hata	816,380	2800	0,292	0,000	0,000
Toplam Varyans	794475,184	4200	0,000	0,000	0,000

## EK 16. Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine Etkisini İncelemek Amacıyla Üretilen Kumaşların Varyans Analizi Sonuçları

**Çizelge 16.1.** Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen iletken kompozit iplikli kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G08,G11,G15,G16,G18,G19,G21,G22 (100MHz-1500 MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Örgü Yapısı	6151,706	3	2050,569	686,312	0,000
Frekans	265231,049	200	1326,155	443,855	0,000
Örgü Yapısı * Frekans	18182,139	600	30,304	10,142	0,000
Hata	21619,795	7236	2,988	0,000	0,000
Toplam Varyans	1343405,484	8040	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 16.2.** Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların koaksiyel iletim hattı test metoduyla yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G07,G08,G11,G14,G15,G16,G17,G18,G19,G20,G21,G22 (100MHz-1500 MHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	314463,463	2	157231,732	40263,992	0,000
Frekans	203162,566	200	1015,813	260,130	0,000
Metal Tel * Frekans	66818,263	400	167,046	42,777	0,000
Hata	44739,825	11457	3,905	0,000	0,000
Toplam Varyans	1348452,380	12060	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 16.3.** Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen iletken kompozit iplikli kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G08,G11,G15,G16,G18,G19,G22 (1GHz-18GHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Örgü Yapısı	29514,499	3	9838,166	6990,728	0,000
Frekans	88700,830	199	445,733	316,725	0,000
Örgü Yapısı * Frekans	1589,915	597	2,663	1,892	0,000
Hata	4784,876	3400	1,407	0,000	0,000
Toplam Varyans	841519,943	4200	0,000	0,000	0,000

**Çizelge 16.4.** Örgü yapısının kumaş özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların serbest uzay tekniği ile yapılan EMSE test sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları

G07,G08,G11,G14,G15,G16,G17,G18,G19,G20,G22 (1GHz-18GHz)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı Ortalaması	F Testi	Önemlilik Durumu
Metal Tel	256952,268	2	128476,134	22933,130	0,000
Frekans	68918,742	199	346,325	61,819	0,000
Metal Tel * Frekans	36045,582	398	90,567	16,166	0,000
Hata	33613,240	6000	5,602	0,000	0,000
Toplam Varyans	841555,600	6600	0,000	0,000	0,000

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serkan TEZEL  
Doğum Yeri ve Tarihi : Edirne - 27.09.1981  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise : Vatan Anadolu Lisesi ( 1992 - 1999 )

Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü (1999 - 2003)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı ( 2004 - 2007)

Doktora : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı ( 2007 - 2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Pameks Giyim San. A.Ş. / İstanbul (2003 - 2005)

Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Tekstil Müh. Anabilim Dalı (2005 - 2007)

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fak., Tekstil Müh. Bölümü (2007 - 2009)

Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Tekstil Müh. Anabilim Dalı (2009 - ... )

İletişim (e-posta) : serkantezel@yahoo.com; serkantezel@uludag.edu.tr

URL : www.serkantezel.com

Yayınları:

*Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan / Yayımlanmaya Kabul Edilen Makaleler:*

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2008,** Experimental Investigation of Effects of Spandex Brand and Tightness Factor on Dimensional & Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics, Textile Research Journal, Vol. 78, sa. 966-976

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., Vandenbosch,G.A.E., Volski,V., 2013,** Comparison of Electromagnetic Shielding Effectiveness of Conductive Single Jersey Fabrics With Coaxial Transmission Line and Free Space Measurement Techniques, Textile Research Journal, Yayına Kabul Edildi

*Kitaplar:*

**Alpay,H.R., Karaca,E., Kavuşturan,Y., Ömeroğlu,S., Kahraman,N., Özkan,G., Çeven,E.K., Tezel,S., 2005,** “Dünyada ve Türkiye’de Ev Tekstilleri İthalatı ve İhracatı 1999-2003”, Uludağ Üniversitesi Yayınları No:1-024-0422, Bursa 2005, 186 sayfa, ISBN: 975-6149-02-7

*Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sözlü Olarak Sunulan Bildiriler:*

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2008,** Influence of Relaxation Process on Dimensional Properties of Cotton/Spandex Knitted Fabrics, ITC&DC International Textile, Clothing & Design Conference, Dubrovnik-Croatia, October 5th-8th, 2008, sa.281-286

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., Vandenbosch,G.A.E., 2013,** Effect of Spandex Yarn on Electromagnetic Shielding Effectiveness of Double Jersey Knitted Fabrics, 14th National & 1st International Recent Developments, Textile Technology and Chemistry Symposium, May 8th to 10th 2013, Bursa, Turkey, p.23-24&112-13

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., Vandenbosch,G.A.E., 2013,** Comparison of Two Test Methods To Evaluate The Electromagnetic Shielding Effectiveness of Double Face Knitted Fabrics With Spandex Yarn, The International Istanbul Textile Congress 2013, May 30th to June 1th 2013, Istanbul, Turkey, p.34

*Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Poster Olarak Sunulan Bildiriler:*

**Kavuşturan,Y., Tezel,S., 2012,** “Örme ve Dokuma Kumaşlarla Elektronik Tekstil Uygulamaları”, UİB Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe IV. Ar-Ge Proje Pazarı, 02-03.02.2012, Bursa, sa:487-488 (Proje Pazarında Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

**Kavuşturan,Y., Tezel,S., Hatun,M., 2013,** Kalp Ritmini Ölçerek Kullanıcıyı Uyaran, Gündelik Kullanıma Uygun Örme Giysi Üretimi, UTİB Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe V. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı Zirvesi, 04-05.04.2013, Bursa (Proje Pazarında sunulan ve Kitapçıkta basılan Proje Önerisi)

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., Hatun M., 2013,** Prototype Smart Mattress Pad for Patient Beds, The International Istanbul Textile Congress 2013, May 30th to June 1th 2013, Istanbul, Turkey, p.200

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., Hatun,M., 2013,** Dikişsiz Elektronik Giysiler / Seamles Wearable Electronics, Istanbul Brokerage Event Functional and Innovative Textiles, 1th June 2013, İstanbul (Proje Pazarında Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

*Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler:*

**Kavuşturan,Y., Tezel,S., 2009,** Elektronik Kumaşlar ve Giysiler, UİB Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe I. Ar-Ge Proje Pazarı, 19.02.2009, Bursa, sa:147-165 (Proje Pazarında Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

**Kavuşturan,Y., Tezel,S., 2010,** Elektromanyetik Koruma Amaçlı Örme Kumaş Üretimi, UİB Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe II. Ar-Ge Proje Pazarı, 18.02.2010, Bursa, sa:155-156 (Proje Pazarında Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2011,** Elektromanyetik Koruma Amaçlı Örne Kumaş Üretimi, Uludağ Üniversitesi Bilgilendirme ve Ar-Ge Günleri, 15-16.11.2011, Bursa, sa:104 (Ar-Ge Günlerinde Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2012,** Giyilebilir Elektronikler, ULUTEK Teknoloji Geliştirme Bölgesi Ödüllü Proje Sergisi, 13.03.2012, Bursa

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2012,** Giyilebilir Elektronikler ve Akıllı Tekstillerin Örne Teknolojisindeki Uygulamaları, Uludağ Üniversitesi Bilgilendirme ve Ar-Ge Günleri, 13-15.11.2012, Bursa, sa:126 (Ar-Ge Günlerinde Sunulan ve Kitapçıkta Basılan Proje Önerisi)

**Tezel,S., Kavuşturan,Y., 2013,** Konutlar İçin Elektromanyetik Ekranlama, ULUTEK Teknoloji Geliştirme Bölgesi, Uludağ Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi İşbirliği ile Bilim ve Teknoloji Haftası Etkinlikleri - Proje Pazarı ve Patent Sergisi, 11-13.03.2013, Bursa

*Araştırma Projeleri:*

**Kavuşturan,Y., Tezel,S., Hatun,M., 2013,** Giyilebilir Elektronikler ve Akıllı Tekstillerin Örne Teknolojisindeki Uygulamaları, Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Hızlı Destek Projesi, Proje No. HDP(M) - 2013/24, (Projedeki Görevi: Araştırmacı)

*Araştırma Bursları:*

TÜBİTAK BİDEB-2214: KU Leuven / Belçika - 01.05.2011-31.07.2011