



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTROMANYETİK KORUYUCU
FONKSİYONEL ÖRME KUMAŞ VE
GİYSİ TASARIMI**

Merve BALKIŞ

Tez Danışmanı : Hüseyin KADOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 29.08.2014

E. Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bornova-İZMİR

2014

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ELEKTROMANYETİK KORUYUCU
FONKSİYONEL ÖRME KUMAŞ VE
GİYSİ TASARIMI

Merve BALKIŞ

Tez Danışmanı : Hüseyin KADOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 29.08.2014

Bornova-İZMİR

2014

Merve Balkış tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Elektromanyetik Koruyucu Fonksiyonel Örme Kumaş ve Giysi Tasarımı” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 29.08.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr.Yalçın Bozkurt

.....

Raportör Üye: Doç. Dr.Pınar ÇELİK

.....

Üye : Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “Elektromanyetik Koruyucu Fonksiyonel Örme Kumaş ve Giysi Tasarımı” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

29 / 08 / 2014

İmzası

Merve BALKIŞ

ÖZET**ELEKTROMANYETİK KORUYUCU FONKSİYONEL
ÖRME KUMAŞ VE GİYSİ TASARIMI**

BALKIŞ, Merve

Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU

Ağustos 2014, 79 sayfa

Bu çalışmada, elektronik cihazların kullanılmasıyla artan ve insan sağlığı açısından zararlı olan elektromanyetik dalgaların etkisini minimize edebilmek için elektromanyetik koruyucu fonksiyonel örme kumaşlar tasarlanmıştır. Kumaşlara elektromanyetik koruyucu özellik kazandırabilmek için yalıtkan olan tekstil yüzeylerini iletken hale getirmek gerekmektedir. Bunun için bakır ve gümüş filamentler kullanılarak özlü iplikler üretilmiştir. Bakır özlü iplikler ve pamuk iplikler makinaya farklı oranlarda beslenerek süprem kumaşlar örülmüştür. Gümüş özlü ipliklerle ise süprem, ribana ve futter (2 iplik) örgü yapılarında kumaşlar örülmüştür. Kumaşların elektromanyetik koruyuculuk özellikleri EMC test cihazı sistemi ile 100 MHz-1GHz frekansları arasında test edilmiştir. Kullanılan hammadde, üretim yöntemi parametrelerinin elektromanyetik koruyuculuğa etkisi incelenmiş ve sonuçlar SPSS istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Elektromanyetik kalkanlama, iletken kumaşlar, iletken özlü iplikler, gümüş filamentler, bakır filamentler

ABSTRACT

**ELECTROMAGNETIC SHIELDING FUNCTIONAL
KNITTED FABRIC AND GARMENT DESIGN**

BALKIŞ, Merve

Master Thesis , Textile Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU

August 2014, 79 page

In this study, electromagnetic shielding functional knitted fabrics are designed in order to minimized the effect electromagnetic waves which increased by using electronic devices and they are harmful to human health. Insulating textile surfaces must be turned conductive to acquire electromagnetic shielding properties to fabrics. So core yarns were produced by using copper and silver filaments. Jersey fabrics were knitted by feeding copper core yarns and cotton yarns at different rate to the machine. Also fabrics were knitted as jersey, rib, futter (2 threads) by using silver core yarns. Electromagnetic shielding properties of fabrics were tested between 100 MHz-1GHz frequency with EMC test system. The effect of raw materials and production methods to shielding were examined and the results were analyzed by using SPSS statistics programme.

Anahtar sözcükler: Electromagnetic shielding, conductive fabrics, conductive core yarns, copper filaments, silver filaments

TEŞEKKÜR

Öncelikle beni gelişmekte olan ve zevkle çalışmamı sağlayan bu konuya yönlendiren çok değerli Hocam, Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU'na çalışmalarındaki büyük desteklerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarımın en başından beri her türlü konuda bana yardımcı olan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Deniz DURAN'a, desteklerini esirgemeyen Sayın Hocam Arş. Gör. Dr. Tuba BEDEZ ÜTE'ye ve Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hocalarıma ve çalışanlara, üretimlerdeki destek ve emeklerinden dolayı Sayın Zeki YİĞEN'e teşekkür ederim.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü'ne SAN-TEZ projeleri kapsamındaki desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

SAN-TEZ destek projesi kapsamında ortak çalıştığımız ÜNİTEKS Ar-Ge Müdürü Maşuk PAMUK ve Burçin ESER başta olmak üzere tüm ÜNİTEKS çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmalarımı destekleyen Prof. Dr. Ahmet TUTUŐ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımı beraber yürüttüğümüz Necati ER ve Ali KARTAL'a, yüksek lisans yapmam konusunda beni destekleyen annem Güler BALKIŞ'a, babam Mehmet BALKIŞ'a, kızkardeşim Hande Gülfem BALKIŞ'a, çalışmalarım sırasında bana destek olan Hacer OZAN ve Celile DÖLEKOĞLU'na sevgili arkadaşlarım, Özgün UANKALE, şafak AYVAZ ve Akif Cihan AYDIN' a anlayışları ve destekleri için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMANYETİK DALGALAR.....	2
2.1 Elektromanyetik Spektrum	3
2.1.1 Radyo dalgaları	4
2.1.2 Mikrodalgalar	4
2.1.3 Kızılötesi Dalgalar	5
2.1.4 Görünür ışık dalgaları	5
2.1.5 Mor Ötesi dalgalar	6
2.1.6 X ışınları.....	6
2.1.7 Gamma ışınları.....	6
3. ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK VE ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK	7
3.1 BEM (Bio-electromagnetic)	8

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2 EMC (Electromagnetic Compatibility).....	10
4. ELEKTROMANYETİK DALGALARDAN KORUNMA.....	11
4.1 Ekranlama	11
4.1.1 Ekranlama etkinliği.....	12
4.2 Faraday Kafesi	15
5. ELEKTROMANYETİK DALGALARDAN KORUMADA KULLANILAN MALZEMELER	17
5.1 Klasik Malzemeler	18
5.2 Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler.....	18
5.3 Elektro iletken boyalar	19
5.4 İletken İplikler ve Kumaşlar	19
6. ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMADA KULLANILAN TEKSTİL YÜZEYLERİ	22
6.1 Sağlık Alanında Kullanılan Tekstil Yüzeyleri.....	22
6.2 Endüstri Ve Savunma Alanında Kullanılan Tekstil Yüzeyleri.....	24
7. ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMA ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİNDE KULLANILAN METODLAR VE STANDARTLAR	25
8. TEKSTİL YÜZEYLERİNE ELEKTROMANYETİK KORUYUCULUK ÖZELLİK KAZANDIRMAK İÇİN YAPILMIŞ DAHA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	30

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
9. MATERYAL VE METOT	45
9.1 Materyal	45
9.2 Deneysel Çalışma.....	45
9.2.1 İplik üretimi	46
9.2.2 Kumaş üretimi.....	48
9.3 Ölçümler	50
9.3. Kumaşların gramaj ölçümü.....	50
9.3.2 Kumaşların hava geçirgenliği ölçümü	50
9.3.3 Kumaşların boncuklanma dayanımı	50
9.3.4 Elektromanyetik ekranlama etkinliğinin ölçülmesi	50
10. BULGULAR.....	53
10.1 Kumaşların Gramaj Ölçümü Sonuçları.....	53
10.2 Kumaşların Hava Geçirgenliği Ölçümü Sonuçları	55
10.3 Kumaşların Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları.....	57
10.4 Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Ölçümü Sonuçları	58
10.5 Elektromanyetik Koruyucu Fonksiyonel Giysi Tasarımları	63
11. SONUÇ VE TARTIŞMA	65

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
12. ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	74
ÖZGEÇMİŞ	79
EKLER.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Dalga yapısı ve özellikleri.....	3
2.2 Elektromanyetik spektrum ve frekanslarda uygulama alanları.....	4
2.3 Elektromanyetik spektrum ve görünür dalgalar.....	5
4.1 Ekranlama etkinliği	12
4.3 Faraday kafesi çalışma prensibi	15
7.1 Modifiye edilmiş MIL-STD-285 standartı ölçüm metodu	26
7.2a Ekranlama ölçümü için koaksiyel iletim hattı metodu	26
7.2b Koaksiyel iletim hattı kaynak ve yükü	26
7.3 ASTM D4935 test standardında kullanılan ölçüm ünitesi ve düzeneği	27
7.4 Çift TEM hücre metodu	27
7.5 Zaman bölgesi metodu	28
7.6 TS EN 50147-1 standardına göre manyetik alan (elektrik alanı) ölçmesi için deney düzeneği	29
8.1 Prob yöntemi ile iletkenlik ölçümünün şematik olarak gösterimi.....	31
8.2 Yeni rotor eğirme sistemi	32
8.3 Co-weaving-knitting makinası çalışma prensibi	33
8.4 Co-weaving-knitting kumaşlar	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.5 EMC test cihazı sistemi	36
8.6 Çalışmada kullanılan kumaş katmanları	40
8.7 Flanşlı koaksiyel tutucu ve vektör devre çözümleyici	42
9.1 Özlü iplik üretimi ve çekim bölgesi	46
9.2 Merlin Ring İplik Makinesi çekim bölgesi ve özlü iplik aparatı	46
9.3 EMC test cihazı sistemi	51
9.4 EMC test cihaz sisteminde verici ve alıcı antenler	51
10.1 Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB)	58
10.2 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	59
10.3 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB)	60
10.4 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	61
10.5 135 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	61

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
10.6 75 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	62
10.7 38 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	63
10.8 %100 pamuk ipliklerinden üretilen, farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması	63
10.9 Elektromanyetik koruyucu fonksiyonel giysiler ve tasarımları.....	64
11.1 Bakır içeren kumaşların ortalama EMSE değerlerinin kıyaslanması	67
11.2 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen süprem kumaşların ve %100 pamuk süprem kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.....	69
11.3 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen ribana kumaşların ve %100 pamuk süprem kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması	69
11.4 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen futter kumaşların ve %100 pamuk süprem kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.....	70
11.5 Gümüş özlü ipliklerden örülen kumaşların ve %100 pamuk kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Ekranlama etkinliği değerleri	13
6.1 Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına zararları	23
9.1 İplik üretiminde kullanılan hammadde türü ve incelikleri	45
9.2 Üretilen ipliklerin özellikleri	47
9.3 Özlü ipliklerin ve % 100 pamuk ipliklerin üretimindeki makine şartları	47
9.4 Bakır özlü ipliklerle üretilen kumaşlar ve elektromanyetik kıyaslamada kullanılacak kumaşlar	48
9.5 Gümüş özlü ipliklerle üretilen kumaşlar ve elektromanyetik kıyaslamada kullanılacak kumaşlar	49
9.6 Ölçümlerde kullanılan sistem elemanları	52
10.1 Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların gramaj değerleri	53
10.2 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların gramaj değerleri	54
10.3 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların gramaj değerleri ...	54
10.4 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter (2 iplik) kumaşların gramaj değerleri	55

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
10.5	Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların hava geçirgenlik değerleri ($l/m^2/s$) 55
10.6	135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların hava geçirgenlik değerleri($l/m^2/s$) 56
10.7	135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların hava geçirgenlik değerleri ($l/m^2/s$)56
10.8	135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter (2 iplik) kumaşların hava geçirgenlik değerleri ($l/m^2/s$)57
10.9	Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB)58
10.10	135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB)59
10.11	135,75 ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB)60
10.12	135, 75 ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması61

ÇİZELGELER DİZİNİ(Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
11.1 Bakır özlü ipliklerle üretilen kumaşların 100- 1000 MHz frekans aralığındaki ayrıntılı varyans analizi sonuçları	66
11.2 Kumaşlardaki bakır oranlarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine etkisi SNK testi	66
11.3 Gümüş özlü ipliklerle üretilen kumaşların 100- 1000 MHz frekans aralığındaki ayrıntılı varyans analizi sonuçları	67
11.4 Gümüş filament içeren kumaşlardaki öz inceliğinin elektromanyetik ekranlama etkinliğine etkisi SNK testi	68
11.5 Kumaşların EMSE değerleri ve gramajları arasındaki korelasyon	71
11.6 Kumaşların EMSE değerleri ve hava geçirgenlikleri arasındaki korelasyon	71
11.7 Kumaşların EMSE değerleri ve boncuklanma dayanımları arasındaki korelasyon.....	72

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında teknoloji hızla gelişmekte ve aynı zamanda insanların hayatlarına sağladığı kolaylıklar sebebiyle teknolojik ürünlerin kullanımı da buna paralel olarak hızla artmaktadır. Teknolojinin bize sunduğu elektronik cihazlar günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır.

Doğada zaten kendiliğinden var olan elektromanyetik dalgalar, elektronik cihazların kullanımı ile de oluşmakta; insanlara, çevreye ve diğer teknolojik sistemlere birtakım zararlar vermektedir. Elektromanyetik dalgaların etkisini azaltmak için ekranlama işlemi yapılmaktadır.

Tekstil sektörü önceleri sadece giyinme, örtünme gibi amaçlarla üretim bulmaktaydı; fakat şimdilerde ürünlere birtakım fonksiyonel özellikler kazandırılarak üretim yapılmaktadır. Ürünlere kazandırılan fonksiyonel özelliklerin arasında elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu tekstiller oldukça önemli ve dikkat çekici bir yer teşkil etmektedir. İnsanlar kendilerini, çevreyi ve diğer elektronik sistemleri korumak amacıyla pek çok yöntemler geliştirmişlerdir. Tekstil ürünleri de korunma amaçlı kullanılan ürünler arasında yerini almış kolay ve esnek kullanımı ile de tercih edilmeye başlamıştır.

Tezin amacı, elektromanyetik dalgaların etkisinden insanları koruyabilmek adına iletken kumaşlardan üretilen giysiler tasarlamaktır. Metal filamentler kullanılarak özlü iplikler üretilmiş ve farklı örgü yapılarında kumaşlar elde edilerek; elektromanyetik koruyuculuk özellikleri kıyaslanmıştır. Daha sonra bu kumaşlarla giysi tasarımları yapılmıştır.

2. ELEKTROMANYETİK DALGALAR

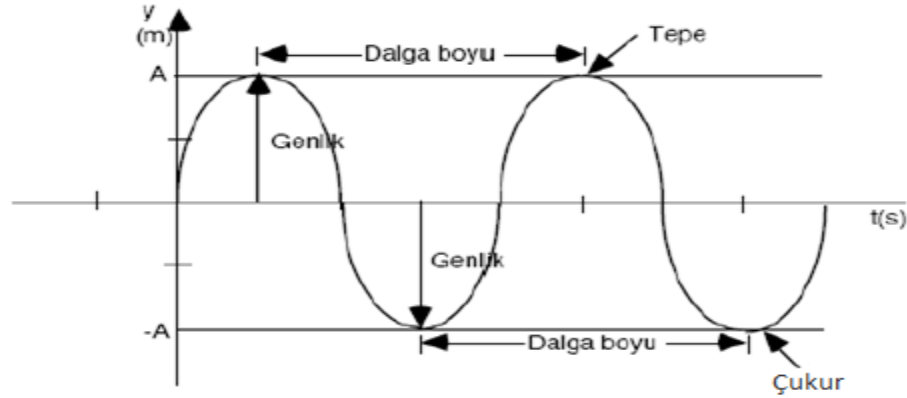
Birçok elektrikli cihaz; hayatımızın tüm yönlerine nüfus etmiş ve hayatımızı değiştirmiştir. Bu cihazlar ayrıca birbirlerine ve bazı durumlarda insan sağlığına tehlike olarak görülmektedir. Her gün sayısı artan bu cihaz, sistem ve servislerden bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Bilgisayarlar ve benzer tip dijital cihazlar,
- Radyo ve televizyon yayın servisleri, radarlar,
- Denizcilikte ve havacılıkta iletişimi sağlayan frekanslar,
- Modemler,
- Cep telefonları,
- Bilimsel alanda kullanılan elektronik cihazlar,
- Medikal cihazlar,
- Askeri alanda kullanılan elektronikler,
- Evlerde kullanılan elektronik cihazlar,
- Endüstriyel alanda kullanılan elektronik cihazlar,
- Lambalar ve floresan lambaları... (Tsalovich, 1999)

Elektrik ve elektromanyetik alanlar doğada kendiliğinden 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, simsek oluşumları ile lokal olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal elektrik ve elektromanyetik alanların yanı sıra insan yapımı kaynaklardan yayılan elektrik ve elektromanyetik alanlar günlük hayatımızda tüm çevremizi kaplamış bulunmaktadır. İnsan yapısı kaynaklar arasında X ışınlarının kaynağı olan röntgen cihazları, düşük frekanslı elektromanyetik dalga kaynağı olan elektrik soketleri, yüksek frekanslı radyo dalgaları yayın TV anteni, radyo istasyonu veya mobil telefon istasyonları gibi veri iletim hatları yer almaktadır. Bir iletken üzerinden geçen akım şiddeti ve gerilim seviyesine bağlı olarak, bu iletkenin bulunduğu ortama elektrik alan ve manyetik alan yayılmaktadır (Palamutçu ve Dağ, 2009).

Elektromanyetik dalgalar, iki etkinin sonucunda oluşurlar. Manyetik alanın değişimi bir elektrik alan oluşturur, elektrik alanın değişimi bir manyetik alan oluşturur. Bu nedenle, durgun elektrik yükleri ve kararlı akımlar elektromanyetik dalgalar oluşturmazlar (Yıldız, 1993).

Elektromanyetik dalgaların; dalga boyu, frekansı ve hızı ile tanımlanır. Dalga boşlukta ve madde içinde yayılabilen ritmik bir olaydır.



Şekil 2.1. Dalga yapısı ve özellikleri (Palamutçu ve Dağ, 2009).

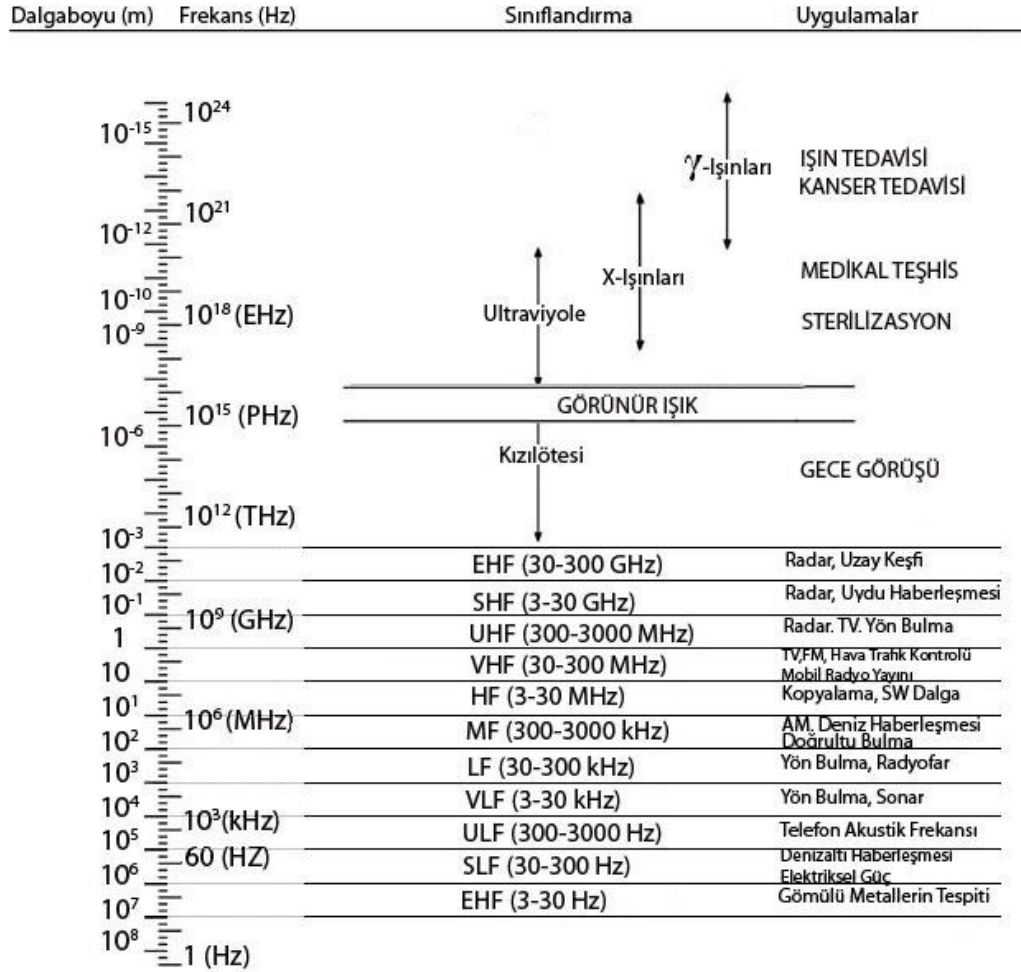
Her dalga belli bir dalga boyuna sahiptir. Bir tepeden bir tepeye veya bir çukurdan bir çukura olan toplam mesafeye bir dalga boyu adı verilir. Genlik, bir dalganın normal konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir. Genlik, dalgayı ortaya çıkaran enerjinin miktarına bağlıdır. Dalganın enerjisi arttığında genliği de artmaktadır. Tüm dalgalar belli bir frekansa sahiptir. Frekans, bir saniyede belli bir noktadan geçen dalgaların sayısı olarak tanımlanmaktadır. Maddenin ileri geri hareketine titreşim hareketi denir. Bir titreşimin frekansı, hertz birimi ile ölçülür. Bir hertz (Hz), bir dalganın her saniyede bir devir veya bir titreşim yapmasıdır. Dalganın boyu arttığında frekansı azalmaktadır. Uzun dalgalar düşük frekansa, kısa dalgalar ise yüksek frekansa sahiptir (Palamutçu ve Dağ, 2009).

Bütün elektromagnetik dalgalar, boşlukta $c(=3.10^8 m/s)$ hızı ile yayıldıkları için, f frekansı ile λ dalgaboyu arasında;

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ ilişkisi bulunmaktadır (Orhun ve Tanışlı, 2007).}$$

2.1 Elektromanyetik Spektrum

Farklı frekansların nümerik bir sıra ile oluşturduğu düzene elektromanyetik spektrum denir. Elektromanyetik spektrum, kozmik ışınlarından radyo dalgalarına kadar geniş bir frekans aralığına yayılmaktadır (Palamutçu ve Dağ, 2009).



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum ve frekanslarda uygulama alanları (Cengiz, 2009).

2.1.1 Radyo dalgaları

Radyo dalgaları elektromanyetik spektrumdaki en uzun dalga boyuna sahiptir. Radyo televizyon ve cep telefonu sinyallerini taşırlar (NASA, 2012).

Birkaç km'den 0,3 m'ye kadar dalgaboylarına ve birkaç Hz'den 10^9 Hz'e kadar frekanslara sahiptirler (Orhun ve Tanışlı, 2007).

2.1.2 Mikrodalgalar

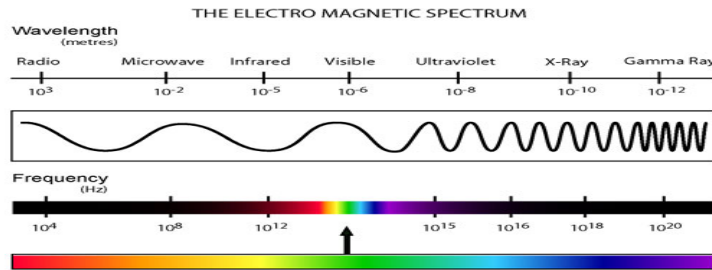
0,3 m'den 10^{-3} m'ye kadar dalga boylarına ve 10^9 Hz'den 3.10^{11} Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Mikrodalgalar, bilgileri içinde bulunduran sinyalleri, bir yerden başka bir yere taşımak için oldukça iyi bir taşıyıcı görevleri yaparlar. Kısa dalga boylarına karşılık gelen mikrodalgalar, uzaktan algılamalarda kullanılmaktadır. Bu mikrodalgalar, hava tahminlerinde kullanılan doppler radar sistemlerindeki gibi, radar olarak kullanılmaktadır. Yine bu dalgalar, yaklaşık boyları birkaç inç boyutunda olan dalgalarla bildiğimiz radar sistemleri içinde kullanılmaktadır. Mikrodalga kuleleri, telefon ve bilgisayar verileri gibi bilgileri bir şehirden başka bir şehre iletmek için kullanılmaktadır.

2.1.3 Kızılötesi Dalgalar

Spektrumun bu bölgesine Infrared ışınları olarak da isimlendirilmektedir. 10^{-3} m'den $7,8.10^{-7}$ m'ye kadar dalga boylarına ve 3.10^{11} Hz'den 4.10^{14} Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu bölge üçe ayrılır: 10^{-3} m'den 3.10^{-5} m'ye (uzak kızılötesi), 3.10^{-5} m'den 3.10^{-6} m'ye (orta kızılötesi), 3.10^{-6} m'den $7,8.10^{-7}$ m'ye (yakın kızılötesi) adı verilir. Yakın infrared ışınları dalga boyunun uzunluğu, yaklaşık bir toplu iğnenin basından daha küçük olurken, yakın infrared ışınlarının dalga boyu, bir hücre boyutu olan mikro boyuttadır. Uzak infrared dalgaları, ısısal özelliğe sahiptir. Diğer bir deyişle, infrared ışınlarının bu tipini, ısı biçiminde, günlük hayatımızda sürekli olarak karşılarız. Güneş'ten, bir ateşten, bir radyatörden veya yaya kaldırımından hissettiğimiz sıcaklık infrearddır.

2.1.4 Görünür ışık dalgaları

Görünür ışık dalgaları, elektromanyetik dalganın sadece çıplak gözle görülebilen kısmına karşılık gelir. Buradaki her bir renk farklı bir dalga boyuna karşılık gelir.



Şekil 2.3. Elektromanyetik spektrum ve görünür dalgalar (İTÜ SÖZLÜK, 2012).

Kırmızı renge karşılık gelen dalga, görünür bölgenin en uzun dalga boyuna karşılık gelirken, mor en kısa dalga boylarına karşılık gelir. Görünür bölgedeki bütün dalgaları birlikte gözleendiği zaman beyaz ışığı oluşturur.

2.1.5 Mor Ötesi dalgalar

Mor ötesi (ultraviöle UV) görünür bölgeden daha kısa dalga boylarına sahiptir. $3,8 \cdot 10^{-7}$ m'den $6 \cdot 10^{-10}$ m'ye kadar dalga boylarına ve $8 \cdot 10^{14}$ Hz'den $3 \cdot 10^{17}$ Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Bu dalgalar, elektrik deşarjda atomlar ve moleküller tarafından üretilir. Ultraviöle (mor ötesi) spektrumu üç kısma ayırmaktadırlar. Bunlar, yakın mor ötesi, uzak mor ötesi ve aşırı mor ötesi olarak isimlendirilmiştir. Bu üç bölge, mor ötesi ışığın dalga boyuna ve mor ötesi ışınlarının frekansına bağılı olarak, bunların enerjileri ile de ifade edilmektedir. NUV olarak kısaltılan yakın mor ötesi, görünür bölgeye yakın olurken, EUV olarak kısaltılan aşırı (ekstrem) mor ötesi, X-ışınlarına yakın bölgelere karşılık gelmektedir ve en enerjik kısmıdır. FUV olarak kısaltılan, Uzak mor ötesi bölge de yakın ve aşırı UV bölgeleri arasında kalan kısmıdır. Işığın dalga boyu azaldıkça, enerjileri artmaktadır.

2.1.6 X ışınları

10^{-9} m'den $6 \cdot 10^{-12}$ m'ye kadar dalga boylarına ve $3 \cdot 10^{17}$ Hz'den $5 \cdot 10^{19}$ Hz'e kadar frekanslara sahiptir. X ışınları, oldukça küçük dalga boylarına sahip olduğu için, bunların enerjileri ultraviöle (morötesi) ışınlarından daha büyüktür. X ışınları, dalga boylarından daha ziyade enerjileri ile temsil edilmektedir. X ışınlarının ışığı, bir dalga etkisinden daha çok parçacık etkisi göstermektedir. X ışını ışığının fotonlarını toplayan X ışını dedektörleri, dalgaları odaklamak için dizayn edilen çok büyük aynalara sahip olan radyo teleskoplardan çok farklıdır. X ışınları, vakum tüpleriyle deney yaparken şans eseri onu bulan Alman bilim adamı Vilhem Conrad Roentgen tarafından keşfedilmiştir.

2.1.7 Gamma ışınları

Gamma-ışınları, elektromanyetik spektrumun en fazla enerjiye sahip olduğu bölgesine karşılık gelmekle birlikte, en kısa dalga boyuna sahip olduğu kısma karşılık gelen bölgesidir. Bu dalgalar, radyoaktif atomlar veya nükleer patlamalar sonucu oluşmaktadır. Gamma-ışınları, canlı hücreleri öldürebilir. Bu özelliği tıpta,

kanserli hücreleri öldürmek için tedavi amaçlı kullanılmaktadır (Orhun ve Tanışlı, 2007; NASA, 2012).

3. ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK VE ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK

Yaşadığımız alanlarda bulunan elektrik akımı taşıyan kablolar, radyo frekans dalgaları yayan radyo ve televizyon vericileri, cep telefonu baz istasyonları, yüksek gerilim hatları, trafolar, mikrodalga yayan ev aletleri vb.nin yarattığı, insanın ve diğer canlıların üzerinde bozucu etkiler yaratan elektromanyetik alanlar, elektromanyetik kirlilik oluşturmaktadır (HKMO, 2008).

Elektromanyetik alan kirliliği yaratacak kaynaklar şu şekilde sıralanabilir:

Doğal EM kaynakları;

- Güneş
- Bazı uzak yıldızlar
- Atmosferik deşarj (yıldırımlar)

Doğal olmayan EM kaynakları;

- Elektrik akımı taşıyan yeraltı ve yer üstü elektrik hatları
- TV ve bilgisayarlar
- Elektrikli ev aletleri (Elektrikli süpürge, saç kurutma, traş makinesi vb.)
- Mikro dalga fırınlar
- Radyo ve TV vericileri
- Telsiz haberleşme sistemleri
- Kordonsuz telefonlar
- Hücreli telefon sistemleri (Uygunol ve Durduran, 2008).

Elektromanyetik dalgalar, canlıları ve diğer elektronik sistemleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple, elektromanyetik dalga (EMW) yayan cihazların elektromanyetik girişimlerini (Electromagnetic Interference) (EMI) en aza indirmek gerekmektedir. Hem canlılar üzerindeki etkiler en aza indirgenmeli, hem de bir arada kullanılan bu cihazların, birbirleriyle uyumlu çalışmaları sağlanmalıdır.

Ayrıca kullandığımız elektrikli cihazlara her geçen gün bir yenisinin eklenmesi, özel radyo ve televizyonların sayılarının artması, bilgisayarların işlemci hızlarının yükselmesi hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte “elektrosmog” olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmiştir. Elektromanyetik kirliliğin artması ve elektronik sistemlerin elektromanyetik duyarlılığının artmasıyla birlikte, elektromanyetik uyumluluk önem kazanmıştır (Okyay vd., 2011).

Elektromanyetik dalgaların nesnelere ve canlılarla etkileşimleri frekansa göre değişiklik göstermektedir. Yüksek gerilim hatları gibi düşük frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının manyetik alan etkileri daha baskın iken, cep telefonları, radyo-TV yayınları ve mikrodalga fırınlar gibi nispeten yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının, elektrik alan etkilerinin daha baskındır. Canlı bir organizma, radyo frekanslı (10kHz-300GHz) elektromanyetik alanlara maruz kaldığında, elektrik alanları, organizmadaki iyon gibi yüklü parçacıklar üzerinde bir kuvvet uygularlar ve onların hareket etmelerini sağlarlar. Elektrik akımının akması ile ısı oluşur. Isı organizma içinde olduğu için, örneğin söz konusu organizma insan vücudu olduğunda, ısı algılayıcısı olan deri tarafından algılanması mümkün olmayacak ve vücut sıcaklığı kontrol sistemi olumsuz etkilenecektir. Bu ısı etkisi nedeniyle insan vücuduna etki eden sürekli ve yüksek oranda elektromanyetik dalga, DNA ve RNA'nın hücre yenilemesini engellemektedir. Aşırı oranda elektromanyetik dalgalara maruz kalındığında, vücutta kanserli hücrelerin oluşumuna neden olabilecek kimyasal değişimler oluşmaktadır (Kılıç vd., 2007).

EMC (Electromagnetic Compability) ve BEM (Bio Electro Magnetic) elektromanyetik dalgaların etkisinden korunmak için araştırılan iki ayrı konudur. EMC, elektromanyetik dalga yayan cihazların birbirleriyle etkileşimini incelerken; BEM, elektromanyetik dalga yayan cihazla canlı doku arasındaki etkileşimi incelemektedir.

3.1 BEM (Bio-electromagnetic)

Elektromanyetik enerji canlı bir dokuya geldiğinde, dokunun elektriksel özelliklerine bağlı olarak yutulur. Elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğrulma hızı “Özgül Soğurma Oranı” (Specific Absorption Rate-SAR) olarak adlandırılır ve birimi W/kg'dır. SAR değeri dokudan dokuya

değiştirdiği gibi, doku içerisinde de noktadan noktaya (farklı noktalara farklı elektromanyetik enerji nüfuz edebileceğinden) değişir (Kılıç vd., 2007).

Temel standart olarak “ortalama insan vücut sıcaklığını 1°C arttıran EM enerji yutulmasının zararlı olduğu” kabul edilmiştir. Bu standarda göre kilogram başına dokuların yutabileceği maksimum güç 4 Watt olarak saptanmıştır. Fakat bu değer çalışan insanlar için 0,4 W/kg SAR, genel halk için 0,08 W/kg SAR değerine, yani güvenlik sınırlarına çekilmiştir (Palamutçu ve Dağ, 2009).

Radyo frekans (RF) alanlar bir çeşit düşük enerjili elektromanyetik alanlardır (Vodafone, 2012). RF elektromanyetik dalgalarının foton enerjileri, atomları ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde değildir. Elektromanyetik radyasyonun göreceli olarak düşük frekanslı biçimleri olan görünen ışık, kızılötesi radyasyon ve RF dalgalar iyonlaştırıcı olmayan radyasyona örnektir. Ortamdaki iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgaların etkisinde kalma sonucunda canlılarda iki tür etki oluşabilir. Bunlar; ısıl etkiler ve ısıl olmayan etkilerdir. Isıl etkiler, vücut tarafından yutulan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını arttırması olarak tanımlanır. Bu sıcaklık artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine dek sürer. Cep telefonları gibi RF kaynaklarının sebep olabileceği sıcaklık artışı gerçekte çok düşüktür ve büyük olasılıkla vücudun normal mekanizmaları ile kolayca etkisizleştirilebilir. Cep telefonu ile beyinde oluşabilecek sıcaklık artışı ortalama 0,1 °C dolayındadır (TÜBİTAK-BİLTEN, 2001).

Isıl olmayan etkilere bağlı olarak RF dalgaların etkili olduğu iddia edilen bozukluk ve hastalıklar arasında beyin aktivitelerinde değişiklikler, uyku bozuklukları, dikkat bozuklukları, baş ağrıları bulunmaktadır. Ancak bu riskler çok yüksek deneysel dozlar ve sürelerde geçerli olabilir ve cep telefonları gibi kullanımlar için geçerli değildir.

Yüksek enerjili iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalar, DNA ve genetik malzemeyi kapsayan biyolojik dokuda hasara yol açabilen moleküler değişikliklere yol açabilirler. Bu etkinin olabilmesi için dokunun x-ışınları ve gama ışınları gibi yüksek enerjili fotonlarla etkileşmesi gerekir.

BEM ile ilgili uluslararası kuruluş International Radiation Protection Agency (IRPA)'dır. IRPA 1974 yılında NIR (Non-Ionizing Radiation) İyonlaştırmayan Radyasyon çalışma grubunu oluşturmuş ve 0Hz-300GHz frekans

bölgesinde BEM konusunu incelemekle görevlendirmiştir. Bu çalışma grubu 1977 yılında Paris'te yapılan bir IRPA kongresinde INIRC (International Non-Ionizing Radiation Committee) Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyon Komitesine dönüştürülmüştür (Sevgi, 2012).

3.2 EMC (Electromagnetic Compatibility)

Gündelik yaşantımızda sık karşılaştığımız bilgisayarların radyo yayınlarını bozması, saç kurutma makinelerinin televizyonda karlanmaya sebep olması, cep telefonlarının araçların ABS fren sistemini kilitlemesi ve benzeri olaylar elektromanyetik girişim (EMI, Electromagnetic Interference) ve etkileşim olaylarından sadece bir kaçıdır (Cengiz, 2009).

Bir aygıt, donanım veya sistemin, bulunduğu elektromanyetik çevre içinde, bu çevreyi veya diğer donanımları rahatsız edecek düzeylerde elektromanyetik gürültü oluşturmadan ve ortamdaki diğer sistemlerin oluşturduğu girişimden etkilenmeden, kendisinden beklenen işlevlerini yerine getirme yeteneğine elektromanyetik uyumluluk (EMC, electromagnetic compability) denir.

EMC, elektronik cihazların bir arada, birbirini rahatsız etmeden ve birbirinden en az etkilenecek şekilde çalışabilmesi için gerekli düzenlemelerle ilgilidir. Örneğin, buzdolabı, çamaşır makinesi gibi şehir şebekesinden yüksek akım çeken cihazlar çalışırken şehir şebekesine gürültü aktarmaması için üreticinin alması gereken önlemleri ayrıntılı olarak sıralar. Ya da, televizyon üreticisine ürününün ne tür etkilere karşı dayanıklı olması gerektiğini belirtir. Ya da, kişisel bir bilgisayardan çevreye istenmeyen sızıntısının frekansa ve uzaklığa göre en fazla ne olması gerektiğini belirler. Tüm bunlar standartlar halinde yayınlanır. Standartları belirleyen başlıca üç uluslararası kuruluş vardır. Bunlar; uluslararası IEC (International Electrotechnical Committee), CISPR (Comite International Special des Perturbations RadioElectriques) kuruluşları ile Avrupa Birliğinin (AB) CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique) kuruluşudur. Bu kuruluşlar ve onların belirlediği teknik uzman kadrolar bilimsel ve teknolojik çalışmaları yürütür, izler, inceler ve değişik standartlar olarak belgelere döker (Sevgi, 2012).

4. ELEKTROMANYETİK DALGALARDAN KORUNMA

Elektromanyetik dalgalardan korunmanın en basit yolu dalga kaynağına uzak durmaktır. Elektromanyetik alanlar genellikle kendilerini oluşturan kaynaktan uzaklaştıkça zayıflamaktadır (Kılıç vd., 2007).

Elektromanyetik dalgaların etkilerinden korunmak için ekranlama işlemi yapılmaktadır. Ayrıca Faraday kafesi kurularak elektromanyetik dalgaların etkisini indirmek mümkündür.

4.1 Ekranlama

Elektromanyetik dalgaların insanlar veya elektronik cihazlar üzerinde yarattığı daha önce bahsedilen olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabilmesi veya bu etkilerin zayıflatılabilmesi için “Elektromanyetik Ekranlama” yapılması gerekmektedir (Şeker, 2000).

Elektromanyetik ekranlama, insanları ve cihazları etkileyen elektromanyetik radyasyonun iletiminin (transmisyonun) bir materyal ile engellendiği bir süreçtir (Das et al., 2009).

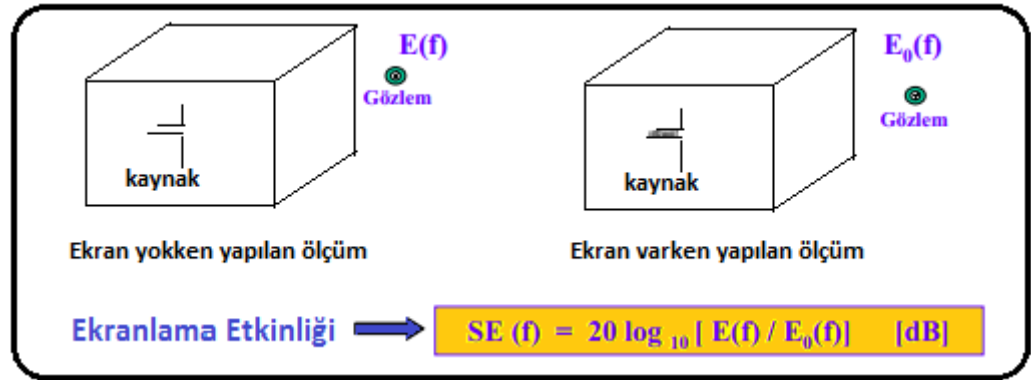
Ekranlama iki temel amaç için kullanılır. Bir bölgenin (oda, bina vb.), cihazın veya devrenin, dışarıdaki elektromanyetik dalga kaynaklarından izole edilmesi ve bir kaynak tarafından yayınlanan elektromanyetik dalganın ortamdaki dışarı sızmasının önlenmesi için ekranlama işlemi yapılmaktadır (Perumalraj et al., 2009).

EMC problemlerinde iki tip girişim kaynağı söz konusudur. Bunlar; elektrik dipolü gibi davranan kaynaklar, manyetik dipol gibi davranan kaynaklardır. İçinden akım akan iletken tel parçaları elektrik dipolü gibi, içinden akım akan halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipolü gibi davranır. Elektrik dipolü yakınında güçlü elektrik alan, manyetik dipolü ise yakınında güçlü manyetik alan oluşur. Uzak alanda iki kaynağın etkileri açısından bir fark yoktur. Elektrik dipolü gibi davranan girişim kaynağı yakınında elektriksel ekranlama, manyetik dipolü gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik ekranlama gereklidir. Manyetik ekranlama pratik olarak düşük frekanslarda ($f < 30$ MHz) önemlidir. Manyetik ekranlama frekans arttıkça zayıflamaktadır. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir. Elektriksel alan ekranlama ise 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. Elektriksel ekranlama için mükemmel iletken duvarlar kullanılırken, manyetik ekranlama ferro-manyetik malzemelerden oluşan filtrelerle sağlanır. Alüminyum folyodan oluşan ince metal perdeler bile bazen yeterli elektriksel ekranlama sağlayabilir (Sevgi, 2004; Kılıç vd., 2007).

4.1.1 Ekranlama etkinliği

Ekranlamanın ölçüsü olarak ekranlama etkinliği (SE, Shielding effectiveness) kullanılır. Ekranlama etkinliği elektromanyetik dalgaya maruz kalan cisim, cihaz vb. ile elektromanyetik dalga üreten kaynak arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Yüksek SE iyi ekranlama etkinliği demektir.



Şekil 4.1. Ekranlama etkinliği (Sevgi,2004).

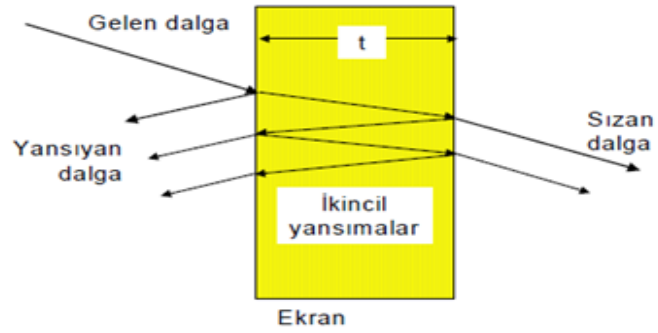
Bir ekranlamanın EMC performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerine, çalışma frekansına ve dikkate alınan kaynaklara bağlıdır. Ancak, pratikte girişim kaynağına göre ekranın konumu farklı ekran parçalarının arasındaki bağlantılar, ekran üzerindeki delikler ve boşluklar ve benzeri başka etkenler de baskın rol oynar. Ekranlama elektrik alanın yüksek frekanslarda yutulması, düşük frekanslarda yansıtılması gerçekleşir. Yüksek iletkenlik ekranlama özelliğini artırır. Yüksek manyetik geçirgenlik yüksek yutulma gerçekleştirirken, düşük yansıma oluşturur. Bu sebepten dolayı çok düşük frekanslı manyetik kaynakların ekranlanacağı durumlarda yüksek manyetik geçirgenlikli malzemeler kullanılmaktadır. Ekran kalınlığı arttıkça yutulma artar. Manyetik alan için kalın ekranlara ihtiyaç duyulurken elektrik alan için ince yapılar kullanılabilir. Kaynak ile ekran arasındaki özellik yansıma özelliklerini değiştirebilir (Sevgi, 2004; Kılıç vd., 2007).

Çizelgede ekranlama etkinliği seviyeleri verilmiştir. 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).

Çizelge 4.1. Ekranlama etkinliği değerleri (E : EM alan, P : EM güç) (Sevgi, 2004).

Ekranlama (SE)	$E_{dış} / E_{iç}$	$P_{dış} / P_{iç}$	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

Elektromanyetik dalgalar bir cismin içinden geçtiğinde veya cisimle etkileşime girdiğinde dalgaların gücünü azaltan üç olay vardır. Bunlar; absorpsiyon ile zayıflama(soğrulma), çoklu yansıma ile zayıflama(ikincil yansımadan kaynaklanan kayıplar) ve yansıma ile gerçekleşen zayıflamalardır (Kılıç vd., 2007).



Şekil 4.2. Kalınlığı t olan duvarın ekranlama etkinliği (Kılıç vd., 2007).

$SE = A + B + R$ (dB) A: Soğrulma Kaybı B: İkincil yansımaların kaybı R: Yansıma kaybı

t : ekranlama için kullanılan duvar kalınlığı

4.1.1.1 Yansıma

Yansıma yoluyla sağlanacak elektromanyetik koruma fonksiyonelliği için özel bir materyal kalınlığı gerekmemektedir. Yansıma hava ile numune arasındaki

empedans uyumsuzluğundan kaynaklanmaktadır. Empedans farkının büyümesi yansıma etkisinin artmasına neden olmaktadır (Perumalraj et al., 2009).

Elektromanyetik koruyucu etkinliği, yansıma yoluyla serbest yük taşıyıcılarının hareketi ile gerçekleştirilmektedir (Shie, J.W., and Tien-Wei, S., 2013).

Yansıma kaybı, malzemenin bakıra göre relatif iletkenliğinin (σ_r), bakıra göre relatif geçirgenliğine (μ_r) oranının (σ_r / μ_r) bir fonksiyonudur (Von Klemperer and Maharaj, 2009).

Metaller gibi elektriksel iletkenliği yüksek malzemelerde ekranlama yansıma mekanizmasıyla sağlanmaktadır (Kılıç vd., 2007).

4.1.1.2 Absorbsiyon ile zayıflama (Soğrulma)

Ekranlama materyalinin yüzeyi ile temas eden dalga yansıtılmayıp, materyalin karşı tarafına geçerken absorbe edilerek zayıflatılır. Absorbsiyon ile zayıflama, ekranlama materyalinin kalınlığı ile orantılıdır. Soğurma yoluyla zayıflatma, ekranlama materyalinin kalınlığı ile orantılı olup, malzemenin bakıra göre relatif iletkenliği ile bakıra göre relatif geçirgenliğinin çarpımının ($\sigma_r \cdot \mu_r$) bir fonksiyonudur (Duran, 2011).

Absorbsiyon kaybı alanın dalga empedansına bağlı değildir. Elektromanyetik dalgaların tamamı geri yansıtılmayıp bir kısmı bariyeri geçerek ölçülen sinyali oluşturur. Bu bariyerin etkisi ile elektromanyetik alan bir çok yönde yayılarak saçılır. Elektromanyetik dalganın bir kısmı titreşime zorlandığından ısı formunda enerji kaybedilir. Elektromanyetik ekrandaki absorpsiyon elektrik enerjiyi termal enerjiye çevirir. Elektromanyetik soğurucu ekranlar istenmeyen elektromanyetik dalgaları zayıflatır ve elektromanyetik girişimi (Electromagnetic Interference, EMI) çözer (Kılıç vd., 2007).

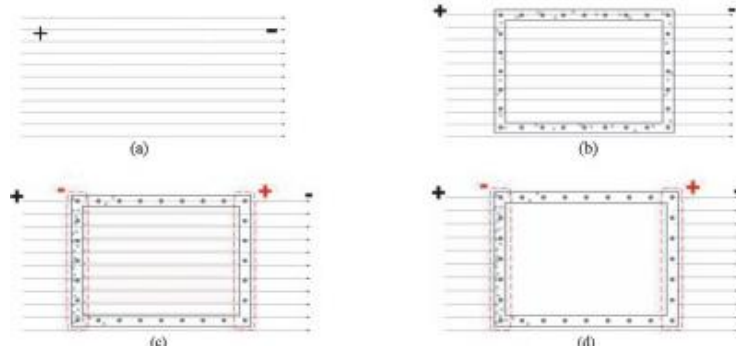
4.1.1.3 Çoklu yansıma ile zayıflama(İkincil yansımalar)

Ekranlama materyalinden geçen dalga, materyalin arka yüzünde metal-hava sınırı ile karşılaşınca empedans farkından dolayı materyale geri yansıtılır.

Dalgaların çoklu yansıması, numune içindeki homojen olmayan kısımlardan ortaya çıkmakta; ekranlama malzemesinin yüzeylerinde ya da ara yüzlerinde gerçekleşmektedir. Bu mekanizma, geniş yüzey alanlı olan veya gibi geniş ara yüzleri bulunan malzemelerde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu mekanizma malzemenin özelliklerinden ziyade geometrisiyle ilgilidir. (Von Klemperer and Maharaj, 2009; Duran, 2011).

4.2 Faraday Kafesi

Faraday kafesi; yüksek frekanslı gerilimlerin, elektromanyetik parazitlerin ve türlü elektriksel gürültünün dışarıdan içeriye aynı şekilde içerden dışarıya geçmesini engelleyen, iyi bir iletkenlik özelliğine sahip topraklanmış bir çeşit zırhtır (Kılıç vd., 2007). İletken malzemeleri oluşturan atomların en dış yörüngelerindeki değerlik (valans) elektronları, atomlarından kolayca ayrılarak hareket etme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla; kapalı bir yüzeye sahip olan iletken bir cisim elektrik alanı içerisine yerleştirildiğinde bu elektronlar, iletkenin içerisindeki elektrik alanı sıfırlanmaya kadar hareket eder ve yeniden dağılıma uğrarlar. Elektrik alanın sıfırlanmasıyla birlikte, hareket etmelerinin gerekçesi ortadan kalkmış olur. Faraday kafesi bu ilkeye göre çalışır ve içindeki nesnelere dış elektrik alanlara karşı korur. Dolayısıyla ideal olarak; topraklanmış, örneğin içi boş metal bir küre gibi kapalı bir iletken yüzeyden oluşur. Ancak iletken yüzey sürekli olmak yerine, kafes şeklinde de imal edilebilir. Ağ gözü sıklığı ve topraklama kalitesi korumayı artırır.



Şekil 4.3. Faraday kafesi çalışma prensibi (Kılıç vd., 2007).

Faraday kafesi, radyo frekans yayan cihazların konulduğu kabinlerin çevreye parazit radyo sinyalleri yaymasını diye dış metal kılıfından topraklanması, telsiz ile haberleşmenin yapıldığı binalarda haberleşmenin dışarı sızmasının önlenmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Wikipedia, 2013).

5. ELEKTROMANYETİK DALGALARDAN KORUMADA KULLANILAN MALZEMELER

Ekranlama amacıyla kullanılacak malzemeler, iyi elektrik iletkenliğine ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır. Yüksek elektrik iletkenliğine sahip malzemeler 300 MHz' den yüksek frekans aralığında elektromanyetik kalkan

olarak davranabilirler. İyi iletkenler, elektrik ve manyetik bileşeni eşit olarak azaltırlar. Frekansın 30 MHz' den düşük olduğu durumlarda manyetik bileşenin azalması zor olduğu için bu durumda ekranlama için ferro-manyetik malzemeler kullanılır (Aniolczyk et al., 2004). Metaller elektromanyetik koruyuculuk istenen durumlarda en çok kullanılan materyallerdir (Chung, 2000).

Ekranlama amacıyla seçilecek malzemeler ekranlama etkinliklerine göre üç grupta toplanabilir.

1. Yüksek performanslı malzemeler: Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış ve tamamen metal kaplı kutu (80-120 dB ekranlama etkinliği).

2. Standart performanslı malzemeler: İletken metal tabakalar ya da Metal parçacıklı plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği).

3. Zayıf performanslı malzemeler: Metalleştirilmiş kumaş yapılar iletken kağıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği) (Sevgi, 2004).

Tekstil malzemelerinin yüzey dirençleri genelde $10^{12} \Omega/\text{cm}^2$ ' den fazladır. Bu da tekstil malzemelerinin yalıtkan olduğu anlamına gelmektedir. Ekranlama işlemi için tekstil malzemesinin yüzey direncinin $10^5 \Omega/\text{cm}^2$ 'den düşük olması gerekmektedir (Chen et al., 2007; Duran, 2011).

Ekranlamada kullanılacak malzemeler şu şekilde sıralanabilir:

- Klasik Malzemeler
- Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler
- Elektro-İletken Boyalar
- İletken İplikler ve Kumaşlar

5.1 Klasik Malzemeler

Elektromanyetik ekranlamada kullanılan klasik malzemeler; metal levha, metal ağ, metal köpüğü olarak sıralanabilir. Radyo dalgaları ve görünür ışıkların elektromanyetik ve elektrostatik alanların etkisini azaltan bu malzemelerin

ekranlama etkinlikleri kullanılan malzemeye, ekranı oluşturan parçaların birleştirilme şekline ve elektromanyetik dalgaların frekansına bağlıdır (Kılıç vd., 2007).

5.2 Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla maddenin üstün özelliklerini bir araya getirmek için birleştirilerek oluşturulur. Metal alaşımların aksine kompozit malzemelerde bileşenler, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini kaybetmezler (Asminternational, 2010).

Kompozit malzemeler reçine (Matrix) ve takviye (Reinforcement) bileşenlerinden oluşur. Kompozitler temel olarak kalıp görevi gören reçine içine gömülmüş sürekli veya kırılmış elyaflardan oluşmaktadır. Bu bileşenler birbirleri içinde çözülmezler veya karışmazlar. Kompozit malzemelerde elyaf sertlik, sağlamlık gibi yapısal özellikleri, plastik reçine malzemesi ise elyafın yapısal bütünlüğü oluşturması için birbirine bağlanması, yükün elyaf arasında dağılmasını ve elyafın kimyasal etkilerden ve atmosfer şartlarından korunmasını sağlar.

Kompozit malzemelerde takviye amacıyla kullanılan elyaflar şu şekilde gruplandırılabilir;

1. Doğal elyaflar
2. Sentetik, organik elyaflar; Naylon, aramid (düşük yoğunluklu ve güçlü elyaflardır)
3. Sentetik inorganik, elyaflar; Cam, karbon vb.(Argeportal, 2013).

Kompozit malzemeler, deri efekti (skin effect) sayesinde iletken olan diğer malzemelere göre daha az miktarda kullanılarak iletkenlik özelliği gösterebilmektedir. Bu sebeple daha küçük miktarlarda kompozit malzeme kullanımı ile daha efektif ekranlama özelliği elde edilmektedir (Chung, 2000).

Ekranlamada kompozitlerin kullanımı oldukça yaygındır. Kompozitlerin üretiminde sıkça kullanılan iki metot; plastik yüzeyini iletken bir malzeme ile kaplamak ve polimeri iletken bir dolgu malzemesi ile birleştirmek olarak belirtilebilir (Chung, 2000; Kılıç vd., 2007).

İletken kaplı veya iletken dolgulu elastomerler ve iletken polimerler ekranlamada kullanılmaktadır. İletken polimerlerin kullanımı ekranlama için uygun olmasına rağmen, işlenebilirlikleri ve mekanik özellikleri yeteri kadar iyi olmadığı için kullanımları pek yaygın değildir. Tekstil malzemelerinin iletken hale getirilmesinde polianilin, polivinilalkol, poliamid 11 gibi kendiliğinden iletkenlik özelliğine sahip polimerler kullanılmaktadır (Chung, 2000; Duran, 2011).

İletken polimerlerin askeri uygulamalarda, elektrik ve bilgisayar teknolojisi gibi alanlarda kullanımı mevcuttur. Çok düşük akımlar üretmeleri ve uzun ömürlü olmaları sebebiyle kalp pillerinde elektrod olarak kullanılmışlardır. Radyo frekansı ya da kızılötesi dalgalar gibi gönderilen bütün radyasyonu emdikleri için bu polimerler görünmez cihazların yapımında kullanılmışlardır.

Polimerlerin elektrik iletkenliğini arttırmak için iletken veya katkı maddeleri ile karıştırılması gerekmektedir. İletken polimer materyaller elde etmek için şimdiye dek, kesikli paslanmaz çelik lifleri, karbon parçaları, kesikli karbon lifleri gibi lifler kullanılarak bir çok çalışma yapılmıştır. Üretim yöntemleri iletken elemanlarla termoplastik yüzeylerin kaplanması veya karıştırılması şeklindedir (Kılıç vd., 2007).

5.3 Elektro iletken boyalar

Elektro-İletken boyalar, nikel, bakır, gümüş veya grafit tozu gibi elektriksel olarak iletken dolgu maddesi ile karıştırılmış akrilik, akrilik üretilen ve üretilen reçine gibi yapıştırıcılardan oluşan katı madde içeriğine sahiptir. Ekranlama kapasitesi boyanın kalınlığı ile ilgilidir. Boyalar doğru şekilde uygulandığı takdirde etkin bir ekranlama sağlamaktadırlar.

5.4 İletken İplikler ve Kumaşlar

Klasik ekranlama malzemeleri, esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu sebebiyle yerini esnek ve nispeten daha düşük maliyetli tekstillere bırakmıştır. Elektromanyetik ekranlama özelliği gösteren tekstil yapıları iletken iplik kullanılarak üretilen tekstiller ve çeşitli bitim işlemleri ile iletkenlik özelliği kazandırılan tekstil yüzeyleri olarak iki grupta incelenebilir.

Tekstilde iletken iplik üretiminde yaygın olarak paslanmaz çelik, gümüş ve bakır gibi metaller ve iletken sentetik iplikler kullanılmaktadır. İletken iplikleri şu şekilde gruplandırmak mümkündür:

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

%100 metalin sürekli olarak kumaş üretiminde kullanımı üretimde sorunlar çıkardığı gibi, kullanımda da dezavantajlara sahiptir. Metal kullanılarak üretilen iletken ipliklerin iletkenlik dereceleri, kullanılan metalin cinsine, metalin kullanım oranına bağlı olarak değişmektedir.

Kesik elyaf/ sürekli metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen metal iplikler farklı üretim yöntemleri ile elde edilebilirler.

Elektriksel iletkenliğe sahip olmayan veya elektromanyetik ekranlama özelliği göstermeyen konvansiyonel tekstil yüzeyleri bazı metodlarla metalize edilebilmektedir. Bunlar;

Yüzeylerin doğrudan kaplanması: İletken katkı maddeleri içeren çözelti tekstil yüzeyine, köpükle kaplama yöntemiyle veya iletken bir folyonun yüzeye uygulanması ile sağlanabilmektedir. Bu yöntemde harekete maruz bırakılan tekstil yüzeyinde kırılmalar görülmesi yöntemin dezavantajıdır.

Kimyasal polimerizasyon metodu: İletken polimerin ve çeşitli katkı maddelerinin kumaş yüzeyi üzerine sentezlenmesi ile yüzey oluşturulmaktadır.

Vakum kaplama metodu: Vakumlu ortamda metallerin buharlaştırılarak, metal atomlarının kaplanacak ürünün yüzeyinde yoğunlaşması ile oluşturulan kaplama yöntemidir. Bu yöntemle homojen dağılım elde edilir.

İyon implantasyon metodu: Yüksek vakum içerisindeki metal iyonları, ışın yoluyla katı içine doğru gömülür. İyonlar malzemede yavaşladıkça, iyon

enerjisine, iyonun gelme açısına ve alt tabaka bileşimine bağlı olarak, birkaç nanometre'den birkaç mikrometre'ye dağılırlar. Tekstil yüzeylerine elektriksel iletkenlik, optik, mekanik, antibakteriyel vb. özellikler bu şekilde uygulanabilmektedir. İyon implantasyonu ara yüzey oluşturmaz, kaplama yöntemi değildir (Kılıç vd., 2007).

6. ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMADA KULLANILAN TEKSTİL YÜZEYLERİ

Son yıllarda AC motorları, bilgisayarlar, modemler, cep telefonları, elektrikli ev aletleri gibi cihazların kullanımı artmış; bu da elektromanyetik kirlilikle sonuçlanmıştır (Das et al., 2009).

Elektromanyetik kirlilik, hem insan sağlığına hem de cihaz ve sistemlere olumsuz etkide bulunduğu için; elektromanyetik dalgaların girişimini engellemek veya en aza indirmek için yapılan çalışmalar sürekli artmaktadır.

Elektromanyetik dalgaların etkilerinden korunmak için kullanılan pek çok ürün arasında elektromanyetik koruyucu tekstil ürünleri de yerini almıştır. Esnek, konforlu, pratik kullanımları ve etkili kalkanlama göstermeleri sebebiyle koruyucu tekstil ürünlerinin kullanımı ve bu alanda yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Elektromanyetik radyasyondan korunmak için üretilen tekstil yüzeyleri kullanım alanına göre sağlık alanında kullanılan tekstil yüzeyleri, endüstri ve savunma alanında kullanılan tekstil yüzeyleri olarak, iki temel başlık altında incelenebilir.

6.1 Sağlık Alanında Kullanılan Tekstil Yüzeyleri

Elektromanyetik (EM) dalga üreten cep telefonları ve baz istasyonlarının insanlar üzerine etkileri frekans ve güçlerine bağlıdır. EM dalgaların dokular üzerinde iki temel etkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki termal etki, ikincisi de kimyasal (termal olmayan) etkilerdir. Yüksek frekanslı EM dalgalar ısıya bağlı zarar verirken, düşük frekanslı EM dalganın uzun süre alınmasıyla dokularda kimyasal değişikliklere bağlı zararlı etkiler ortaya çıkmaktadır.

EM dalgaların ve cihazların çevreye yaydığı EMA'nın, biyolojik sistemler ve insanlar üzerinde; fiziksel ve nöral asteni (halsizlik), uyku bozuklukları, baş ağrısı, miyalji (kas ağrısı), ekstremitelerin dizestezi (deri ve mukozaya yönelik uyarıları hissetme yeteneğinde azalma) gibi olumsuz etkileri görülmektedir. Yüksek frekanslı EMA'nın daha çok endokrin ve sinir sistemi üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır (Koyu vd., 2005).

İnsan sinir sistemi 500.000 km uzunluğunda, 25 milyar sinir hücresi ile dev bir elektriksel donanıma sahip elektronik bir sistemdir. EMA'nın dışardan bu hassas sisteme tesir etmesi durumunda, dolaşım sistemi ve sinir sisteminde bir takım bozukluklar çıkabilir. EMA'ların biyolojik sistemler üzerinde nörolojik, nöroendokriolojik, hematolojik, kardiovasküler etkiler oluşturduğu ve bağışıklık sistemi ve hücre çoğalmasını etkilediği bilinmektedir.

Son yıllarda yapılan yoğun araştırmalar E.M. dalgaların hücreleri etkilediğini göstermekle birlikte, kansere yol açan bir faktör olduğu henüz kesin olarak ispatlanamamıştır. Moleküler ve kimyasal bağları bozacak kadar kuvvetli olmadığı anlaşılan E.M. dalgaların hücrelerin büyüme ve normal olarak

çoğalmalarına etki edip edemediği araştırılmaktadır. Elektromanyetik alanların Alzheimer hastalığına neden olduğu ihtimali hayli yüksektir. Çok düşük frekanslı alanların; hücreler arası aktiviteyi etkilemek, Hormon salgılarını etkilemek, vücudun koruma sistemini etkilemek, embriyolarda anormal gelişmelere neden olmak gibi zararlı etkileri araştırılmaktadır. EMA'nın kadınlarda östrojen salgısını arttırdığı, östrojeninin meme kanseri yapabileceği ve erkeklerde testesteron düzeyini azalttığı, bunun ise prostat veya erbezi kanserine neden olabileceği literatürde ifade edilmiştir (Şeker, 2000).

Çizelge 6.1. Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına zararları (Özgüner ve Mollaoğlu, 2006).

Frekans Aralıkları	Tipik Uygulamalar(Kaynaklar)	Bilinen Etkiler
Çok Çok Düşük Frekanslar	Taşıma, Dağıtma, İç tesisat Endüstride kullanılan cihazlar	Kan hastalıkları, Kanser, Hücre büyümesi, Embriyo etkileri
Düşük Frekanslar	Denizcilik, Haberleşme cihazları	Merkezi sinir sistemi etkileri İmmün sistem etkileri, Hücre zarı etkileri
Radyo Frekansları	Haberleşme cihazları	Katarakt, Doğumsal zararlar, Merkezi sinir sistemi
Mikro dalgalar	Haberleşme cihazları, Fırınlr, Radar	Katarakt, Doğumsal zararlar, Düşük Genetik hasarlar
Kızıl Ötesi	Flüoresan lambalar	Katarakt
Görünür Işık	Görünür ışık	Göz yorulması, Göz gerilmesi
Mor Ötesi	Flüoresan lambalar	Katarakt, Deri kanseri
Yumuşak X ışınları	Medikal uygulamalar	Kanser, Genetik hasarlar, Erken doğum
Sert X ışınları	Nükleer patlamalar	Kanser, Genetik hasarlar, Erken doğum
Gama Işınları	Nükleer patlamalar	

Sağlık alanında kullanılan elektromanyetik koruyucu tekstil ürünlerinin kullanım alanları:

- Perdeler, cebinlik
- Hamile bayanlar için koruyucu iç çamaşırları
- Bebek giysileri
- Kalp pili koruma uygulamaları
- İş kıyafetleri
- Yatak örtüleri, yatak kumaşları
- Ceket astarları...

6.2 Endüstri Ve Savunma Alanında Kullanılan Tekstil Yüzeyleri

Elektrik enerjisiyle çalışan bütün cihazlar, yaydıkları elektromanyetik dalgalar sebebiyle diğer elektronik cihazlarla etkileşimde bulunurlar. Bu etkileşim cihazlara zarar vermektedir. Uçakların, radyo dalgalarının, telsiz telefonların, bilgisayar ve benzeri sistemlerin birbirleriyle olan etkileşimini engellemek için endüstriyel ve savunma alanlarında tekstil ürünleri kullanılmaktadır. Endüstri ve savunma alanında kullanılan elektromanyetik koruyucu tekstil ürünlerinin kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

- TV, radyo vericilerinin korunması
- Hassas medikal ürün ve cihazların korunması
- Ses kayıt stüdyoları
- Otomotiv ve uçak sanayi...

7. ELEKTROMANYETİK EKSPANLAMA ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİNDE KULLANILAN METODLAR VE STANDARTLAR

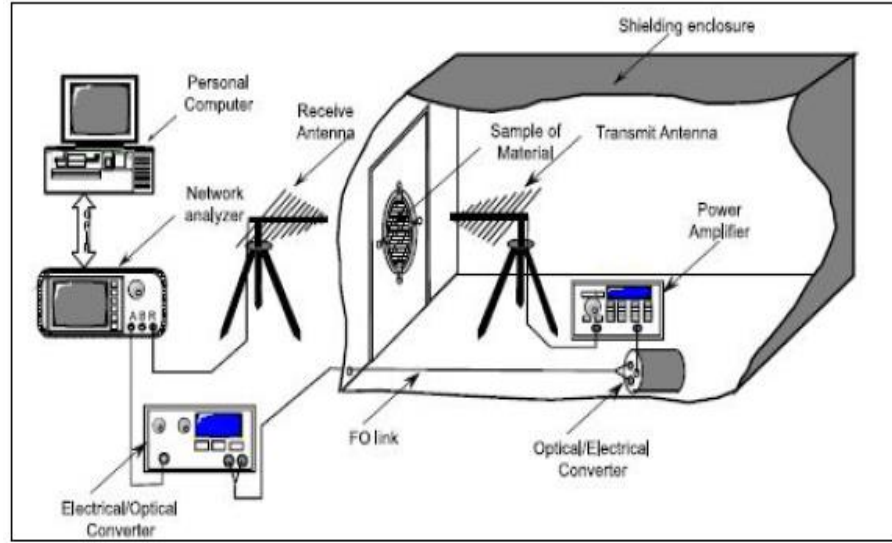
Ekspanlama etkinliği ile ilgili ölçümlerde kullanılan bazı metodlar şu şekilde sıralanmaktadır:

- MIL-STD-285
- Koaksiyel iletim hattı metodu
- Çift TEM hücre metodu
- Boşlukta zaman alan ölçüm metodu
- TS EN 50147-1

MIL-STD-285, ekranlama etkinliğini ölçmek için ABD’de askeri amaçlı olarak 1956’da yayınlanmıştır. Daha sonra bu standart iptal edilerek yerine IEEE-STD-299-1997 standardı geliştirilmiştir. Bu standart üzerinde 2005 yılında yapılan son düzenlemelerle IEEE-STD-299-2005 olarak değiştirilmiş, ancak değişiklik olarak sadece kararsız ölçümle ilgili bir bölüm eklenmiştir (Palamutçu, 2009).

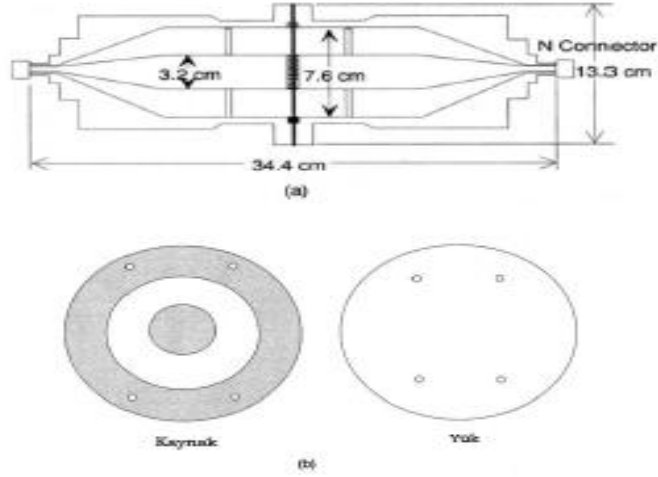
MIL-STD-285 metodu, 180 kHz’ den 10 GHz’ e kadar olan frekanslarda ekranlama etkinliğini ölçebilir. Bu ölçme metodunda iki anten, bir verici ve bir alıcı kullanılır. Ekran varken ve ekran yokken elde edilen veriler değerlendirilir. Ekranlama etkinliği antenlerin yeri değiştirilmeden, bu veriler arasındaki farkın alıcıda gösterdiği zayıflamadan bulunur (Cengiz, 2009).

MIL-STD-285 standardının modifiye edilmiş halinde ekranlama etkinliği değerlendirilecek olan materyal, tamamen ekranlanmış bir odanın içindeki açıklığa yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirilir (Duran, 2009).



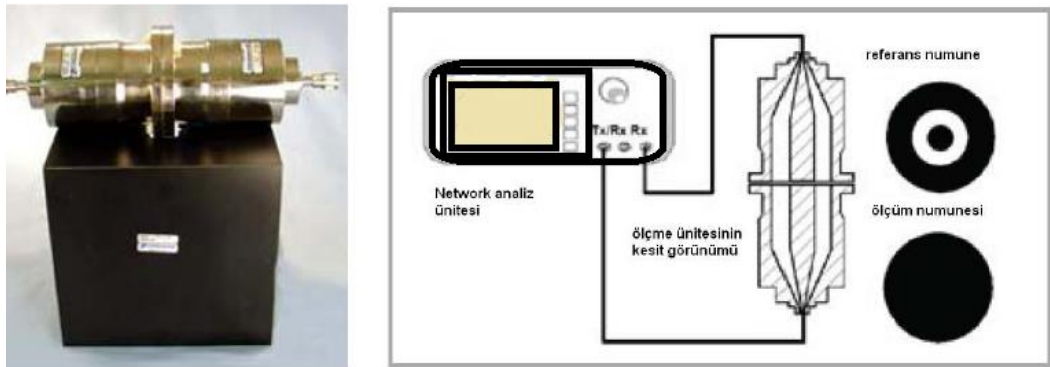
Şekil 7.1 Modifiye edilmiş MIL-STD-285 standardı ölçüm metodu (Duran, 2009)

Koaksiyel Metotta, kaynak sinyali koaksiyel hat boyunca zayıflamadan iletilir. Materyalin ekranlama etkinliği, kaynağın bulunduğu ortamda test örneğinin olduğu ve olmadığı hallerde okunan değere göre hesaplanır. Materyali bölgede tutmak için iki geniş kenar kullanılır (Cengiz, 2009).



Şekil 7.2 (a) Ekranlama ölçümü için koaksiyel iletim hattı metodu (b) Koaksiyel iletim hattı kaynak ve yükü (Cengiz, 2009).

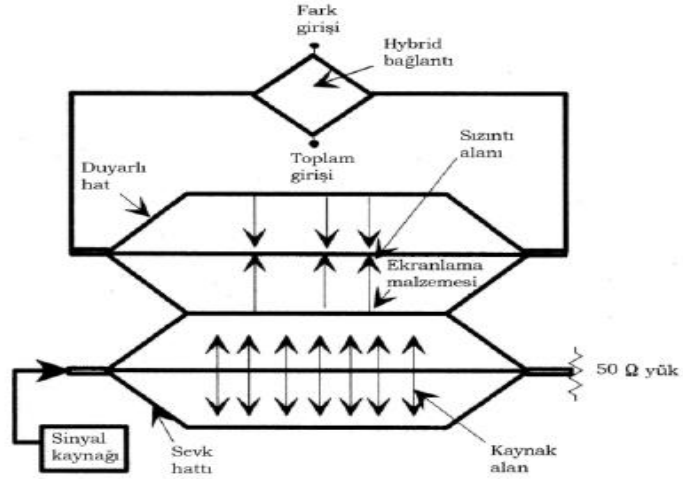
Koaksiyel metotta ASTM D 4935-99 standardı kullanılmaktadır. Bu standarda göre yaklaşık 5.1/4" (13.3 cm) çaplı disk şeklinde hazırlanmış olan malzeme sinyal jeneratörü ve alıcı arasındaki özel olarak tasarlanmış bir koaksiyel iletim hattı arasına yerleştirilerek ölçüm yapılmaktadır. Elektromanyetik ekranlama etkinliği, referans dalga gücü değeri ile numuneden geçen elektromanyetik dalga gücü arasındaki değişim ile ölçülmektedir. Bu yöntemde yapılan ölçümlerde frekans ölçüm bölgesi 1GHz 'in üzerine çıkamamaktadır. Dolayısıyla bu yöntem cep telefonlarının çalışma alanlarından olan 900MHz bölgesi için kullanılabilir (Palamutçu ve Dağ, 2009).



Şekil 7.3 ASTM D4935 test standardında kullanılan ölçüm ünitesi ve düzeneği (Palamutçu ve Dağ, 2009).

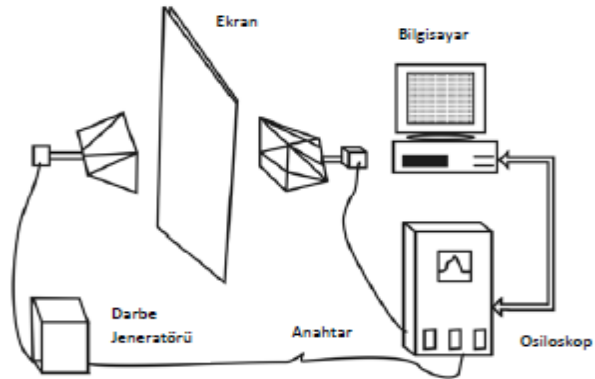
Çift TEM (Tranverse Electromagnetic Mode - Çapraz Elektromanyetik Mod) hücre metodunda yakın alanda malzemelerin ekranlama performansının test

edilmesinde kullanılabilir. Çift TEM hücresi kullanılarak hem elektrik alan ekranlaması, hem de manyetik alan ekranlamasında uygulanabilir bir metoddur. İki adet sabit boyutlarda TEM hücresi açıklığın çevresinde birleştirilir. Bir hücre kaynak olarak kullanılırken diğeri ölçüm maksatlı kullanılır. Ekranlama malzemesi varken ve yokken elde edilen değerlerin farkı ekranlama etkinliğini (SE) verir (Cengiz, 2009).



Şekil 7.4 Çift TEM hücre metodu (Cengiz, 2009).

Zaman Bölgesi Metodu, koaksiyel metot ve çift TEM hücreler metodlarının sınırlı olduğu yüksek frekanslarda düzlem dalganın ekranlama etkinliği değerini elde etmek için kullanılabilir. Bu metodda; test altındaki malzeme, ya geniş bir plaka ya da iletken bir ekrandaki veya ekranlanmış çevredeki açıklığı kapatan basit küçük bir plaka olur. Verici antenden açıklığa doğru yol sinyalleri, ekran varken ve ekran yokken ölçümlenir.

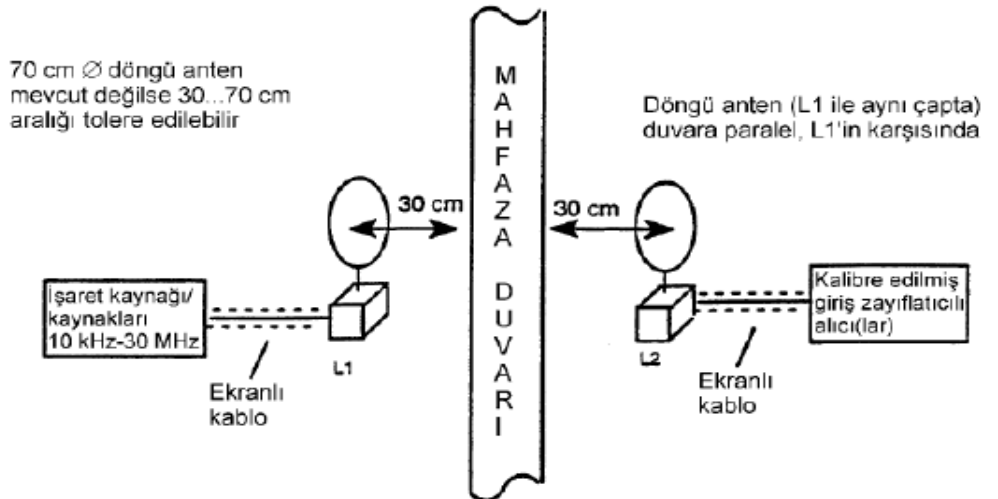


Şekil 7.5 Zaman bölgesi metodu (Palamutçu ve Dağ, 2009).

Tekstil yüzeyleri gibi düzlemsel materyallerin elektro manyetik ekranlama etkinliği ölçümlerinde IEEE Std 299-1997, Mil-Std-285, NSA 65-6, EN50147-1 standartları kullanılmaktadır (Palamutçu ve Dağ, 2009).

EN50147-1 standardı TSE tarafından TS EN50147-1 olarak 1996'dan 2005 yılına kadar kullanılmış daha sonra iptal edilip yerine, TS EN 50147-1, standardı getirilmiştir. 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. 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 bu şekilde engellenmektedir.

TS EN 50147-1 standartında elektrik alanı ve manyetik alan zayıflatma deneyleri (referans ölçmeler) tanımlanmaktadır. Ölçümler, antenler tam olarak birbirlerinin karşısına yerleştirilerek ve 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 (Palamutçu ve Dağ, 2009).



Şekil 7.6 TS EN 50147-1 standardına göre manyetik alan (elektrik alanı) ölçmesi için deney düzeneği (Palamutçu ve Dağ, 2009).

8. TEKSTİL YÜZEYLERİNE ELEKTROMANYETİK KORUYUCULUK ÖZELLİK KAZANDIRMAK İÇİN YAPILMIŞ DAHA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Akşit ve arkadaşları, polianilin ve polipirol ile kaplanan pamuklu kumaşların elektromanyetik koruyuculuk ve iletkenlik özelliklerini araştırmışlardır. Polianilin (PAni) ve polipirol (PPy) elektrokimyasal özellikleri, yüksek iletkenlikleri, kolay sentez özellikleri, ısıl ve kimyasal etkilere dayanırlıkları bakımından avantaj sağlamaktadır; fakat endüstriyel uygulamalarda düşük işlenebilirlik ve düşük mekanik özellikleri sorunludur.

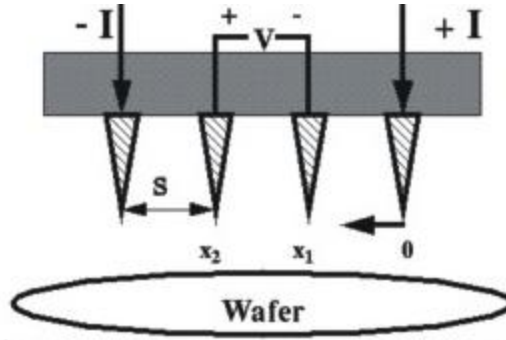
Uzay teknolojisi, navigasyon, telekomünikasyon, uçak teknolojisi, elektronik araçların ve kablosuz sistemlerin hızla çoğalması birkaç yılda elektromanyetik kirliliği artmıştır. Dolayısıyla iletken polimerler de bu alandaki kullanımlarda yerini almıştır.

Anilin ve pirol monomerlerinin polimerizasyonu kimyasal oksidatif polimerizasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Anilin monomerinin kumaş üzerinde polimerizasyonu için ilk olarak anilin monomeri hidroklorik asit çözeltisinde çözülmüştür. Çözeltinin pH değeri 3,62 çıkmıştır. Flotte oranı 1:30 olarak çalışılmıştır. Kumaşların daldırılmış olduğu çözelti 3 saat 0 °C' de su-buz banyosu içinde karıştırılarak bekletilmiştir. Daha sonra kumaşlara 0 °C'ye soğutulmuş amonyum persülfatın (APS) HCl içindeki çözeltisi damlatılarak ilave edilmiştir. Karışımın pH değeri 0,15 olarak ölçülmüştür. Bu çözelti ile kumaşlar 1 saat 0 °C'de su-buz banyosu içinde muamele edilmiştir. Polimerizasyon tamamlandıktan sonra kumaşlar çıkarılmış, reaksiyona girmeyen monomer ve aşırı amonyum persülfatı uzaklaştırmak için hidroklorik asit çözeltisi ile yıkanmıştır. Daha sonra aşırı HCl moleküllerini uzaklaştırmak için eşit hacimde distile su ile yıkanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Emeraldin yeşili renginde kumaşlar elde edilmiştir.

Pirol monomerinin kumaş üzerindeki polimerizasyonu için, pirol distile su içerisinde çözülmüştür. Bu çözeltinin pH değeri 5 olarak bulunmuştur. Çözelti içerisine kumaş ilave edilmiş; karışım 30 dk 0-5⁰C su-buz banyosunda karıştırılmıştır. Ayrı olarak FeCl₃.6H₂O aynı hacimde distile su içerisinde çözülmüştür. Bu çözelti 30 dk. Sonrasında ilk karışıma ilave edilmiştir. Bu karışımın pH değeri 1,37 olarak ölçülmüştür. 0-5⁰C' de karıştırma işlemine 2,5 saat devam edilmiştir. 1:30 flote oranında çalışılmıştır. 2,5 saat sonra kumaş örnekleri çıkarılmış ve distile su ile durulanmıştır. Kumaş örnekleri oda sıcaklığında kurutulmuştur.

Kumaşların iletkenlik ölçümleri 4-nokta prob yöntemine göre yapılmıştır. İletkenlik σ (S/cm) = $l/dW * I/V$

σ ; elektrik iletkenliğini, l ; problar arası uzaklığı, d ; kumaş kalınlığını, w ; probun uzunluğunu, I dış problar boyunca geçirilen akım ve iç problar boyunca voltaj düşüşü değerlerini göstermektedir.



Şekil 8.1. Prob yöntemi ile iletkenlik ölçümünün şematik olarak gösterimi.

Kumaşların elektromanyetik parametreleri 6-14 GHz, 5-6 GHz ve 50 MHz-4 GHz frekans bölgesinde ölçülmüştür. Network analizör kullanılarak koaksiyel iletim hattı ile ölçümler yapılmıştır.

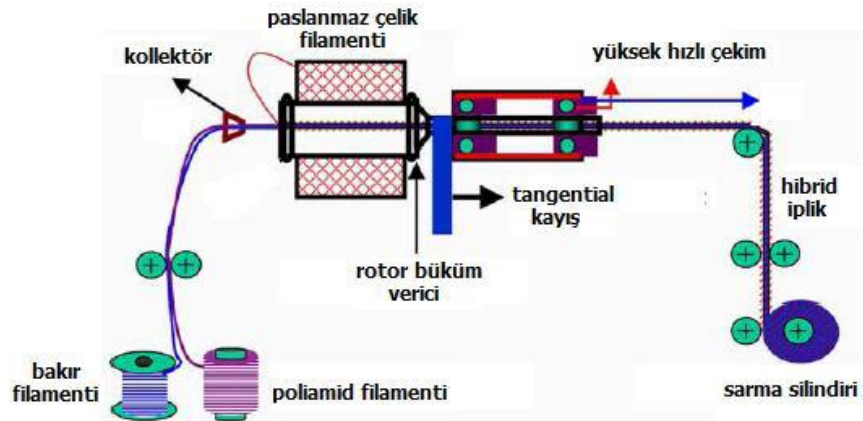
$$SE=10 \log |P1/P2| = 20 \log |E1/E2| \text{ (dB)}$$

P: elektromanyetik güç (W), (P1: ekranlama yokken yapılan ölçüm; P2 ekranlama varken yapılan ölçüm)

E:elektrik alan (V/m); (E1: ekranlama yokken yapılan ölçüm; E2 ekranlama varken yapılan ölçüm)

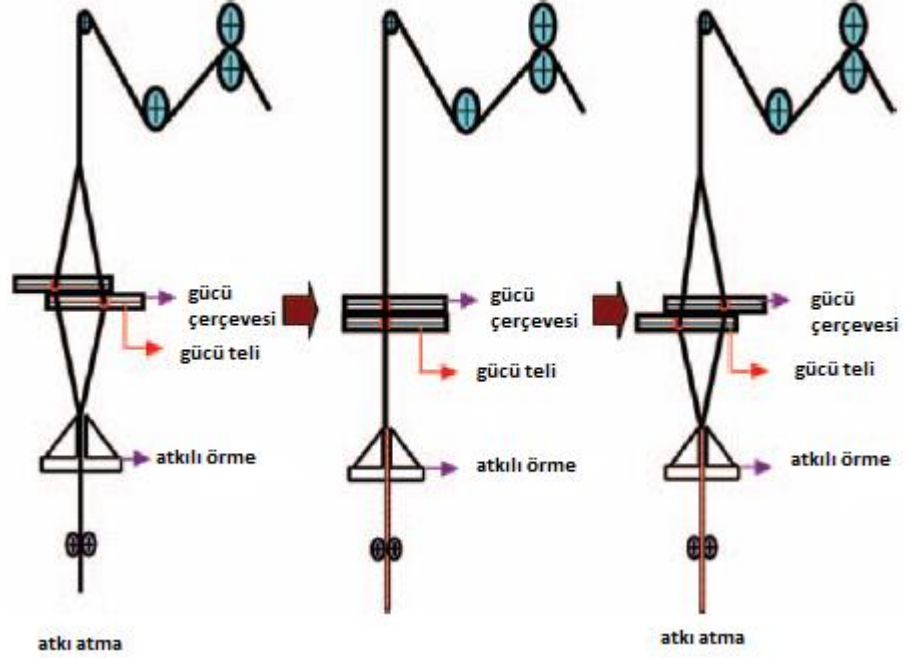
Sonuç olarak Pani ve PPy ile kaplanan kumaşların iletkenlik dereceleri 10^{-2} S/cm' e kadar değerler göstermiştir. Ortalama elektromanyetik koruma etkinliği ve ortalama absorpsiyon değerleri sırasıyla polianilin için 3,8 dB ve %48; polipirol için 6dB ve %50 olarak tespit edilmiştir. Polianilin ve polipirol ile kaplanan kumaşların elektromanyetik koruyuculuk özellikleri arasında büyük farklılık görülmemiştir.

Chen ve arkadaşları (2007), “co-weaving-knitting fabrics” adını verdikleri bir kumaş geliştirmişlerdir. Bu kumaş için rotor eğirme prensibine göre üç tür iplik üretilmiştir. Bakır tel ve poliamid filamentinin öz olarak ve paslanmaz çelik telin de manto olarak kullanıldığı hibrid iplikler ayrıca öz olarak polipropilen non woven kumaş kenarlarının ve manto olarak bakır ve paslanmaz çelik filamentin kullanıldığı iplikler üretilmiştir. Bakır tel ve poliamid filamentinin öz olarak kullanıldığı ipliklerle örme kumaş elde edilmiştir. “co-woven-knitted fabrics” kumaş yapısı için öz olarak polipropilen non-woven kumaş kenarlarının kullanıldığı ipliklerden de atkı iplikleri üretilmiştir. Bu ipliklerin üretimi rotor iplik makinesininin küçük bir modifiyesi ile gerçekleştirilmiştir. Öz olarak kullanılan bakır tel ve poliamid filamenti sarma silindiri ile çekilmiştir. Rotorun üzerine yerleştirilmiş bobinden paslanmaz çelik tel filamentini çekilerek, bakır tel ve poliamid filamenti ile birlikte büküm alması sağlanmıştır. Sistemde rotorun her dönüşünde iplik bir büküm almaktadır. Hibrid ipliklerin üretiminde rotorun hızı 8000 rpm, sarma silindirlerinin hızı 200 rpm' dir. İpliklerin bükümü 200 tur/metre olarak belirlenmiştir. Paslanmaz çelik telin manto olarak kullanıldığı ipliklerin üretimi rotor hızı 9000 rpm ve sarma silindirlerin hızı 200 rpm olarak gerçekleştirilmiştir.



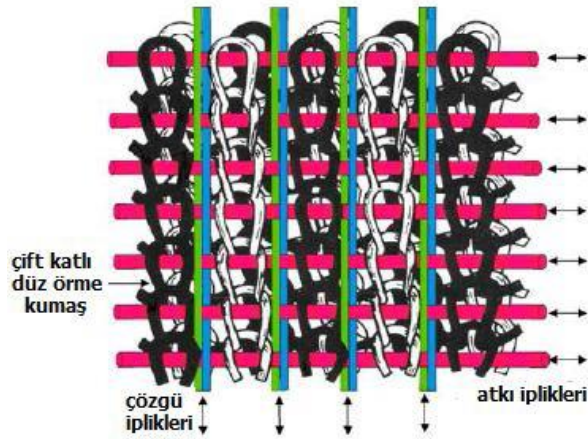
Şekil 8.2. Yeni rotor eğirme sistemi.

Hibrid ipliklerle “co-weaving knitting” kumaşların üretimi için co-weaving knitting makinesi kullanılmıştır. “Co-weaving-knitting” makinası atkılı örme makinasının modifiye edilmiş şeklidir. Örme makinasının üst kısmına 2 adet gücü takımı monte edilerek modifiyesi sağlanmıştır.



Şekil 8.3. Co-weaving-knitting makinası çalışma prensibi.

Üretilen iletken “co-weaving-knitting” kumaşlar 4 ve 6 kat halinde çeşitli açılarla serilmiş; daha sonra ısı ile pres yapılarak 2 mm ve 3 mm inceliklerine getirilmiştir.



Şekil 8.4. Co-weaving-knitting kumaşlar.

Kompozitlerin elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri ASTM D4935-99 standardına göre, bir koaksiyel iletim hattı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 30-3000 MHz arası ölçümler yapılmıştır. Bakır tel ve paslanmaz çeliğin birlikte kullanıldığı ipliklerden oluşan kumaşlar en iyi ekranlama özelliğini gösteren kumaşlardır.

4 kat olarak farklı açılarla (0/0/0/0 - 0/30/0/30 - 0/90/0/90) yerleştirilmiş kumaşlardan 30⁰ açıyla yerleştirilen “co-weaving-knitting” kumaşlar daha iyi elektromanyetik koruyuculuk göstermiştir. Bakırın iletkenlik özelliği paslanmaz çeliğe göre daha iyi olduğundan, atkı ipliği olarak polipropilen non woven kumaş kenarı ve bakırın kullanıldığı iplikler daha iyi ekranlama özelliği göstermiştir.

Cheng ve arkadaşları (2001) “Electromagnetic Shielding Effectiveness of Stainless Steel/ Polyester Woven Fabrics” adlı çalışmalarında paslanmaz çeliğin dokumadaki uygulamalarını kolaylaştırmak ve elektromanyetik koruyuculuk sağlamak için kesikli paslanmaz çelik lifleri ve polyester liflerini harmanlamışlardır. Paslanmaz çelik ve polyesterin daha uygun maliyetli üretim yapmak adına seçilmiştir. Ayrıca dokumada kolaylık sağlaması bakımından paslanmaz çelik kesikli halde polyesterle harmanlanarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan paslanmaz çelik liflerin %0,08’i karbon, %18-20’si krom, %8-10,5’u nikel, % 2’ si mangan, % 1 silikon ve geri kalan kısmı ise demirdir.

%20 paslanmaz çelik - %80 polyester ve %30 paslanmaz çelik- %70 polyester kullanılarak ring iplik makinesinde iki tip iplik üretilmiştir. Üretilen bu ipliklerden bez ayağı, dimi, saten, 2,3 ve 6 tabakalı kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların atkı ve çözgü sıklıkları değiştirilerek elektromanyetik koruyuculukları kıyaslanmıştır. Kumaşların ekranlama etkinliklerini ölçmek için koaksiyel iletim hattı kullanılarak 300 kHz ve 3GHz arası değerlerde ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar kumaştaki paslanmaz çelik liflerinin yüksek olduğu numunelerin yüksek elektromanyetik koruyuculuk göstermiştir. Bunun dışında kumaş yapısı atkı ve çözgü sıklığı da elektromanyetik koruyuculuk üzerine etki etmektedir. Atkı ve çözgü sıklığı fazla olan kumaşlar testlerde daha iyi sonuç göstermiştir.

Cheng ve arkadaşları (2002) iletken polimer kompozitleri ile örme kumaşlar üreterek; kumaşların elektromanyetik koruyucu (EMSE) ve elektrostatik deşarj (ESD) özelliklerini incelemiştir. Çalışmada polipropilen (PP) matriks, karbon lifleri (C) ise takviye malzemesi olarak seçilmiştir. Ayrıca takviye malzemesi olarak aramid lifleri (K) de seçilmiş ve karbon lifleri ile kıyaslaması yapılmıştır.

Bunun dışında iletkenlik özellikleri yüksek olan bakır (Cu) ve paslanmaz çelik (SS) filamentlerle de üretim yapılmış ve kompozit malzemelere göre EMSE ve ESD özellikleri kıyaslanmıştır. İplik üretimi içi boş iğ eğirme yöntemiyle yapılmıştır. 5 tip iplik üretilmiştir. Bu iplikler; SS/PP (40/60), Cu/PP (40/60), SS/C/PP (4.7/35.3/60), Cu/C/PP (5.3/34.7/60), Cu/K/P (5.3/34.7/60) oranlarındadır. 5G yarı otomatik düz örme makinası kullanılarak 8 tip örme yapısında kumaşlar üretilmiştir. Örme kumaşlar ile kompozit levhalara 220 °C' de 3-5 dk, 8-10 kg/cm²' baskı uygulanmıştır. Basınç ve sıcaklık etkisiyle PP lifleri eriyerek kumaşa bağlanmış ve kompozit malzeme içeren yaklaşık 3 mm inceliğinde kumaşlar üretilmiştir. 100*100 mm² boyutlarında numuneler kesilerek EMSE ve ESD özelliklerine incelenmiştir. Elektromanyetik koruyuculuk testi için koaksiyel iletim hattı metodu kullanılmıştır. Kumaş yapısının sık olduğu numuneler iyi özellik göstermişlerdir.

Cheng ve arkadaşları(2006), çalışmalarında bakır filament içeren 3/1 dimi kumaşların ekranlama etkinliklerini incelemişlerdir. Atkı sıklığı, çözgü sıklığı, bakır filament çapı, kumaş katmanlarının sayısı ve serilme açısı parametrelerinin ekranlama etkinliği değerlerine ne şekilde etki ettiği gözlemlenmiştir. Kullanılan bakır filamentler 0,10mm, 1,12mm, 0,15mm çaplarında seçilmiştir. Çalışmada jakarlı ağızlık açma sistemi kullanılmıştır. Kenarlardaki iplik kopuşunu önlemek için kenar ipliği olarak poliamid iplikler kullanılmıştır. Atkı ve çözgü ipliklerindeki gerilimi azaltmak için dokuma tezgahında mekiğin boyunun kısaltılması, ağızlık yüksekliğinin azaltılması gibi modifikasyonlar yapılmıştır. Kumaştaki atkı sıklıkları 40 tel/cm, 55 tel/cm, 70 tel/cm ve çözgü sıklıkları 80 tel/cm, 95 tel/cm, 110 tel/cm olarak seçilmiştir. Elektromanyetik ekranlama etkinliği değerleri koaksiyel iletim hattı kullanılarak 300kHz-300 MHz frekans değerleri aralığında ölçümler yapılmıştır. 0,3-144MHz aralığında tüm kumaşların ekranlama değerleri aynı çıkmıştır. Bunun nedeni düşük frekanslı dalgaların dağılması ve deri efekti (Skin effect) olarak görülmüştür. Test sonuçları; atkı sıklığı, çözgü sıklığı ve kumaş katmanlarının sayılarının artmasının ekranlama özelliğini pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Bakır filamentin çapı arttıkça ekranlama etkinliği azalmıştır.

Duran ve arkadaşları (2009), iletken özlü iplikler üreterek; bu ipliklerden dokuma kumaşlar elde etmişler ve bu kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada numarası Ne 13 olan iki tip iplik (Bakır filament ve pamuk karışımı özlü iplikler, %100 pamuk iplikler) üretilmiştir. Çalışmada bakırın seçilmesinin nedeni diğer metallere göre yüksek iletkenlik

göstermesidir. Kullanılan bakır filamentin çapı 0, 05 mm' dir. Ring iplik makinasında özlü iplik üretimi ve pamuk ipliği üretimi gerçekleştirilmiştir. Kumaş konstrüksiyonu 3/1 dimi olarak belirlenmiş ve çözgü iplikleri Ne 33 numara seçilmiştir. Özlü ipliklerden ve pamuk ipliklerinden oluşturulan kumaşlar, iki farklı atkı sıklığında(15 atkı/cm-20atkı/cm) üretilmiştir. Kumaşların ekranlama etkinlikleri EMC test cihazı sistemiyle ölçülmüştür. EMC test sistemi; elektromanyetik dalgaları geçirmeyen 3m*3m*3m boyutlarında bir ekranlı oda, bir RF güç yükselticisi, bir sinyal jeneratörü, bir spektrum analizörü ve biri sinyal jeneratörüne, diğeri de spektrum analizörüne bağlı 2 antenden oluşmaktadır.

Sinyal jeneratöründe üretilen sinyaller yükselticide yükseltildikten sonra bir anten vasıtasıyla numune üzerine gönderilmektedir. Test prensibine göre numune sinyal jeneratörü ile alıcı anten arasına yerleştirilmekte ve böylelikle numune tarafından diğer tarafa geçirilen sinyaller ölçülerek numune tarafından bloke edilen elektromanyetik alan şiddeti hesaplanmaktadır.



Şekil 8.5. EMC test cihazı sistemi.

Ölçümler; 200,400,600,800,1000 MHz aralıklarında yapılmıştır. Bakır özlü iletken ipliklerin % 100 pamuk ipliklere oranla yüksek oranda elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu oldukları görülmüştür. Ayrıca atkı sıklığı yüksek olan iletken kumaşlarda daha iyi ekranlama özellikleri incelenmiştir.

Shie ve Tien-Wei, paslanmaz çelik filament ve polyester kullanarak ürettikleri kumaşların elektromanyetik dalgaları yansıtma, absorbe etme ve geçirgenliklerini test etmişlerdir. Paslanmaz çelik 12µm çapında seçilmiş ve

polyesterle beraber eğrilmiştir. İplik içerisindeki paslanmaz çelik ve polyester oranları 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 şeklindedir. Bu ipliklerden dokuma (80*65 pick /inch) ve örgülü örme (ağ yapı) (7*7 pick/inch) kumaşlar üretilmiştir.

Kumaşların ekranlama değerleri bir network analizör kullanılarak; ASTM D 4935-89 standartına göre ölçülmüştür. Ölçümler 30-1500 MHz aralığında yapılmıştır. İpliklerin içermiş olduğu iletken madde oranı artışı, kumaşlarda ekranlama etkinlik değerlerinin yüksek olmasını sağlamıştır. Sonuçlar dokuma kumaşların daha iyi ekranlama özelliği gösterdiği yönündedir. Dokumada iletken yapılar daha sık bir şekilde yerleştirildiği için elektromanyetik koruyuculuk özelliği bu kumaşlarda yüksek çıkmıştır. Örme kumaşlarda yapılan ölçümlerde ortalama 15 dB ekranlama etkinliği gözlemlenirken, dokuma kumaşlarda bu oran 30 dB civarındadır.

Klemperer ve arkadaşları (2009), uçaklarda ve uzay endüstrisinde dijital sistemlerin kullanıldığı ve bu sistemlerin elektromanyetik girişimlerden korunması gerektiğine değinmişlerdir. Metallerin ağır ve maliyetli oluşu özellikle bu alanda kullanımı sınırlandırmaktadır. Lif takviyeli polimerik kompozit malzemelerin hafif olması ve üretim maliyetlerinin düşük olması uzay ve havacılık alanlarında avantaj sağlamaktadır. Çalışmada karbon lifleriyle takviye edilerek iletken hale getirilmiş lif takviyeli kompozitler incelenmiştir. Karbon lifi takviyeli kompozitin yapısına düşük maliyetli bir çözüm olarak metal tozları eklenmiştir. Bunun dışında metal levhalar kullanılarak da kompozitler üretilmiştir. Metal tozları kullanılarak elde edilen ekranlama etkinliği değerleri ile metal levhalar kullanılarak elde edilen sonuçlar arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Ekranlama etkinliği ASTM D4935-99 standardına uygun olarak 750 MHz-5GHz frekans aralığında bir network analiz cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Metal tozları; alüminyum, bakır ve her ikisinin karışımı şeklinde seçilmiştir.

Metal tozları ilave edilerek üretilen kompozitler mikroskop altında incelendiğinde metal toz oranının %7,5'ten %15'e yükseltmenin iletken partiküller arasındaki bağlantıları önemli ölçüde arttırdığı gözlenmiştir. Sonuçlar, karbon takviyeli polimerik kompozitlerin istenen ekranlama etkisini belli bir ölçüye kadar sağlayabildiğini, ancak elektriksel iletkenliğin ve ekranlama etkinliğinin yapıya başka iletken malzemeler eklenerek desteklenmesi gerektiğini göstermiştir.

Ueng ve Cheng (2001), çalışmalarında paslanmaz çelik/polyester (SS/PET), paslanmaz çelik/rayon (SS/RS), paslanmaz çelik/kevlar (SS/KS) içeren iplikler üretmişlerdir. Maliyeti azaltmak ve dokumadaki olumsuz etkileri ortadan kaldırmak amacıyla paslanmaz çelik tel ve paslanmaz çelik kesikli lifler beraber kullanılmıştır. Çalışmada, özellikle mikrodalga fırınlar gibi evdeki elektrikli ve elektronik cihazların ürettiği yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların

ekranlanmasında kullanılabilecek yeni iletken özlü iplik ve kumaş yapıları geliştirilmeye çalışılmıştır. İplikler Dref III Open-End iplik eğirme makinasında özlü iplik esasına göre üretilmiştir. Paslanmaz çelik öz olarak kullanılmıştır. Paslanmaz çelik tel 0,05mm çapında ve paslanmaz çelik lifler 8 µ inceliğindedir. İpliklerdeki hammadde oranları %13,7 SS tel, %31,6 SS lif, %54,7 kevlar ; %13,7 SS tel, %31,6 SS lif, %54,7 rayon şeklindedir. Bunların dışında Ring iplik makinasında da %20 SS tel ve % 80 polyester içeren iplikler üretilmiştir. İpliklerden bezayağı ve 2/2 dimi dokuma kumaşlar üretilerek; kurulan koaksiyel iletim hattında 300 kHz ve 3GHz arası ölçümler yapılmıştır. Paslanmaz çelik tel ve liflerin, ekranlama özelliğini attırdığı gözlemlenmiştir. Üretilen kumaşlarla yaklaşık 45-50 dB ekranlama etkinliği elde edilmiştir.

Roh ve arkadaşları (2008), çok amaçlı metal kompozit kumaşların elektromanyetik koruma etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada metal filamentler ve polyester filamnetler kullanılmıştır. Metal filament olarak; gümüş kaplı bakır filamentler, bakır filamentler ve paslanmaz çelik tel kullanılmıştır. PET filament öz olarak, ince metal filament PET filamnetlerin üzerine Z yönünde ve bu metal filamentlerin de üstüne PET filamentler S yönünde eğrilerek iplikler içi boş iğ eğirme yöntemine göre eğrilmiştir. 12 farklı yapıda dokuma kumaş üretilmiştir. ASTM D 4935-99 standartları kullanılarak; koaksiyel iletim hattı ile ölçümler yapılmıştır. Yalın halde kullanılan bakır telinden üretilen kumaşlar 800 MHz ' e kadar iyi ekranlama özelliği göstermiştir. Gümüş kaplı bakır tellerle üretilen kumaşların ekranlama etkinlikleri diğer kumaşlardan daha yüksek çıkmıştır. Çelik kompozitlerin 300-400 MHz arasında ekranlama özelliklerinde düşüş görülmüştür. Bakır tel kullanılan ipliklerin ekranlama etkinliklerinde 1 GHz ' de düşüş gözlemlenmiştir. Bu düşüşlerin nedeni dalga geometrisinden ve kullanılan metalin karakteristik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

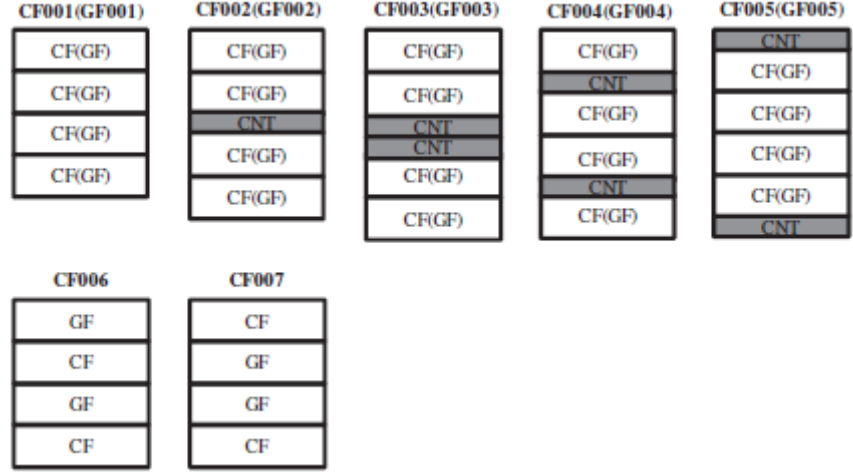
Jiang ve Guo (2011) , akımsız Ni/P, Cu/Ni katmanlı polyester kumaşların elektromanyetik koruyuculuğu ve korozyona karşı direncini araştırmışlardır.

Elektromanyetik radyasyonun oluşturduğu ciddi problemlere değinerek, bu problemlerin çözümünde yüksek oranda metallerin tercih edildiğini söylemişlerdir. Bakır, gümüş, alüminyum ve nikel iyi elektrik iletkenlik özelliği gösterdiği için bu alanda tercih edilen metaller arasındadır. Özellikle gümüş ve bakır, iletkenlikleri yüksek ve korozyona karşı dayanıklı bir metallerdir. Bu metaller yüksek maliyet gerektirdiklerinden; çalışmada daha düşük maliyetli metalik kaplı kumaşlar üretilmiş; kumaşların elektromanyetik koruyuculuk özellikleri ve de korozyona karşı direnç özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda bakırın korozyona ve oksidasyona uğrama ihtimaline karşı diğer koruyucu metallerle kaplanarak bu özelliğinin geliştirilebileceği tespit edilmiştir. Ni düşük iletkenlik ve yüksek maliyet göstermesine rağmen korozyona karşı dirençlidir. Ni yüzeyi bakır ile kaplanarak maliyet açısından uzlaşma sağlandığı gibi, iletkenlik ve de korozyona karşı direnç de bu şekilde sağlanmış olur. Metal kaplama tekniklerinden elektrosuz kaplama yöntemi seçilmiştir. Elektrosuz kaplama düşük maliyetli, kolay ve düzgün uygulanabilir bir yöntem olduğundan tekstil üretiminin herhangi bir aşamasında uygulanabilmektedir.

Çalışmada beyaz renkli, %100 polyester bezayağı dokuma kumaşlar yüzey olarak kullanılmıştır. İlk olarak Cu-Ni polyester kumaşa elektrosuz kaplama yöntemiyle yerleştirilmiştir. Daha sonra farklı gramajlardaki Ni-P, Cu-Ni ile kaplanmış polyester kumaşın üzerine yerleştirilerek Ni-P/Cu-Ni çok katmanlı polyester kumaşlar elde edilmiştir. 5 tip kumaş üretilmiştir. Bunlardan birincisi sadece Ni-P kaplı kumaşlar, ikincisi sadece Cu-Ni kaplı kumaşlardır. Diğer 3 tip kumaş çok katmanlı olarak üretilmiş; Cu-Ni kaplamalar hepsinde $32,56 \text{ g/m}^2$, Ni-P oranları ise sırasıyla; $17,42 \text{ g/m}^2$, $27,32 \text{ g/m}^2$, $35,85 \text{ g/m}^2$ olarak belirlenmiştir. Elektromanyetik koruyuculuk özellikleri koaksiyel iletim hattı metodu ile Agilent-E8363A vektör network analiz cihazı kullanılarak 2-18 GHz değerleri arasında yapılmıştır. Ni-P kaplı kumaşlar ölçüm yapılan aralıkta 45 dB civarında elektromanyetik koruyuculuk özelliği göstererek, diğer numunelere göre düşük değerler almıştır. Çok katmanlı kumaşların etkinlik değerleri ise 65-75 dB arası çıkmıştır.

Gnidakouong ve arkadaşları(2013), metallere alternatif olarak polimer kompozitlerin elektromanyetik koruyucu özellik gösterdiğine değinmişlerdir. Çok katmanlı karbon nanotüpleri (MWCNT-Multiwalled carbon nanotubes), cam lifleri ve karbon lifleriyle kaplayarak; elektromanyetik koruyuculuk özelliklerini test etmişlerdir. ASTM D 4935 standartları esas alınarak; koaksiyel iletim hattı kullanılmış ve 30 MHz - 1,5 GHz arası ölçümler yapılmıştır. Çalışmada 12 tip

katmanlı kumaş üretilmiştir. Kumaş katmanları aşağıdaki şekildeki gibi tasarlanmıştır.



Şekil 8.6. Çalışmada kullanılan kumaş katmanları.

(CF; bezayağı karbon dokuma kumaş, GF; bezayağı cam lifinden kumaş, CNT; karbon nanotüp kaplama)

Kumaşların absorpsiyon, yansımaya ve çoklu yansımaya değerleri ölçülmüştür. Cam lifinden oluşan kumaşlarda elektromanyetik dalgayı absorbe etme özelliği olmadığı gözlemlenmiştir. Karbon liflerinden oluşan kumaşlar, frekans artırıldıkça 65 dB'e kadar absorpsiyon özelliği göstermiştir. Karbon ve cam lifinin beraber kullanıldığı CF006 ve CF007 kumaşlarının absorbe özelliği yaklaşık 30 dB'e kadar çıkmaktadır. Elektromanyetik dalgaları yansıtma özelliği kumaşın en dış tabakasının özelliğine göre değişmektedir. Cam lifinden oluşan çok katmanlı kumaşların yansıtma özellikleri olmadığı görülmüştür. Karbon lifinden oluşan kumaşlar en iyi yansıtma özelliğini göstermiştir. Test sonuçları MWCNT kaplamaların karbon lifli kompozitlerde önemsiz bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiş, hatta MCWNT kaplamasız kumaşlarda daha iyi iletkenlik özelliği olduğu kanıtlanmıştır. Yalıtkan olan cam lifinin kullanıldığı yapılarda ise MWCNT kaplama, iletkenlik özelliğe katkıda bulunmuş ve ekranlama etkinliği değerlerinin artmasını sağlamıştır.

Ramachandran ve Vigneswaran (2009), bakır özlü iplikler üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. İletken tekstillerin sivil ve askeri uygulamalarda kullanımının artan bir şekilde olduğunu belirterek; elektromanyetik dalgaların zararlı olduğuna değinmişlerdir. Çalışmada Dref-3 friksyon eğirme makinası

kullanılmıştır. Materyal oranları değiştirilerek 3 farklı iletken iplik üretilmiştir. 4 adet karde pamuk şeridi makinanın ilk çekim ünitesine beslenmiştir. Öz olarak seçilen bakır filamentler de özel bir kılavuz yardımıyla makinanın ilk çekim ünitesine beslenerek; öz / manto oranları, 67/33, 80/20, 90/10 olacak şekilde 3 farklı tip iplik üretilmiştir. Bu iplik türlerinin her birinden de atkı ve çözgü iplikleri iletken olan; sadece atkı iplikleri iletken olan kumaşlar üretilmiştir. ASTM D 4935-99 test metodu kullanılarak 560 MHz – 9.22 GHz arası ölçümler yapılmıştır. Tüm numuneler için 760-860 MHz arası frekanslarda ekranlama değerleri ortalama 32dB civarında çıkmıştır. Sonuçlar, üretilen kumaşların televizyon, bilgisayar ve benzeri cihazların oluşturduğu elektromanyetik dalgaların etkisinden korunmak için kullanılabileceğini göstermiştir. Öz/manto oranı 67/33 olan ipliklerden üretilen kumaşlar, 760-860 MHz aralığında yüksek ekranlama etkinliği değeri göstermiştir. Bunun nedeni, ipliklerin daha yumuşak bir tutuma sahip olmasından ve dolayısıyla kumaşta birbirine daha yakın dokular oluşturmamasından kaynaklanmaktadır.

Okyay ve arkadaşları (2011), “elektrosmog” olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorununa değinmişlerdir. Elektromanyetik dalgaların etkilerini indirmek için yapılan ekranlama işlemi ve ekranlamada kullanılan klasik malzemelerin sınırlı esneklik, ağırlık, korozyon gibi dezavantajlarından bahsederek; bu alanda tekstillerin kullanımının arttığını belirtmişlerdir.

Çalışmada farklı yapılarıdaki dokuma kumaşların elektromanyetik özelliklerini incelemişlerdir. İçi oyuk iğ kaplama tekniği kullanılarak kompozit iplik üretilmiştir. Numune kumaşların üretiminde kullanılan kompozit iplik, 35 mikron (Nm 131) SS üzerine 100 denye PES ipliğinin 300 Tur/m bükülmesiyle elde edilmiştir. İçi oyuk iğli kaplama tekniği ile merkezdeki mikro incelikte metal telin zarar görmeden yüksek seviyede örtülmesi sağlanmaktadır.

Kumaşların üretimi armürlü, kancalı dokuma makinelerinde gerçekleştirilmiştir. Dokuma makinesi 4 ana 2 kenar olmak üzere toplam 6 çerçeveye sahiptir. B1, B2, D1, D2 kodlu 4 tip kumaş üretilmiştir. Bunlar;

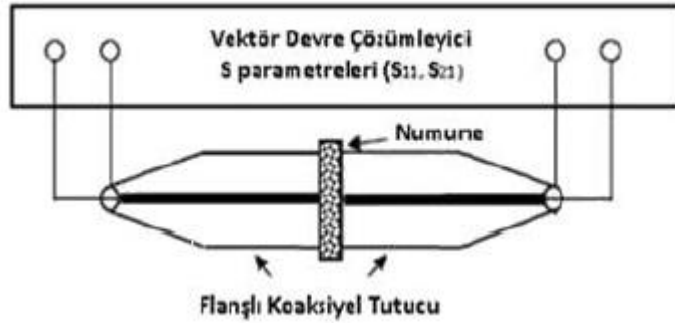
B1(Bezayağı, atkı sıklığı 50 tel/cm, çözgü sıklığı 25 tel/cm)

B2(Beayağı, atkı sıklığı 50 tel/cm, çözgü sıklığı 25 tel/cm)

D1(Dimi(2/2), atkı sıklığı 38 tel/cm, çözgü sıklığı 25 tel/cm)

D2(Dimi(3/1), atkı sıklığı 38 tel/cm, çözgü sıklığı 25 tel/cm) şeklindedir.

Kumaş numunelerinin SE ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Bu methodda bir tutucu iletim kablosu ve vektör devre çözümleyici kullanılır. Numune materyal, flanşlı koaksiyel tutucunun içine yerleştirilir ve sabitlenir. S parametrelerinin ölçümüyle (S11-yansıma ve S21-araya girme kayıpları) toplam ekranlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkılarını belirlemek mümkündür.



Şekil 8.7. Flanşlı koaksiyel tutucu ve vektör devre çözümleyici.

Kumaş numunelerinin SE değerlerini belirleyebilmek için ölçüm aparatında ölçümleri iki basamakta gerçekleştirilmiştir. Birinci basamakta, referans değerler için referans ölçümler yapılmıştır. İkinci basamakta ise ölçüm alanına uygun olarak 133-76 mm bilezik içinde 33 mm dairesel formda hazırlanan fiili test numunelerinin ölçümleri yapılmıştır. Kumaşların ekranlama etkinliği değerleri belirlenirken aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$SE \text{ (dB)} = \text{Referans ölçüm sonucu (dB)} - \text{Zayıflatma ölçüm sonucu (dB)}$$

Ölçüm aparatının üst frekansının maksimum değerini hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$f_{\max} = \frac{c}{\frac{\pi}{2}(D+d)}$$

c- ışık hızı (3x10⁸m/s), D – Dış iletken iç çapı (mm), d - iç iletken dış çapı (mm).

Elde edilen sonuca göre ölçüm aparatımızın üst frekansının maksimum değerinin 1.73 GHz'i aşmaması gerektiği bulunmuştur. SE ölçümlerinde alt frekans değeri ise 30 MHz olarak alınmıştır. 30 MHz-1.73 GHz aralığında değerlendirilmiştir. 0.55-1.73 GHz frekans aralığında B1 kodlu, 1.49-1.73 GHz frekans aralığında B2 kodlu dokuma kumaşlar 40 dB ve üzeri SE göstermektedir.

Bezayağı örgü yapısında dokunmuş kumaşlarda en yüksek SE değeri B1 kodlu kumaşın ölçümünde 1.70 GHz'de 55.21 dB olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre B1 kodlu kumaşın yapısında 35 mikron SS ipliğinin kullanılmasıyla, bu kumaşın daha fazla ekranlama etkinliği özelliği kazandığı görülmektedir. Bezayağı kumaşlarda belirli frekanslarda elde edilen SE değerinin normal ekranlama aralığında olduğu görülmüştür. D1 kodlu kumaşın 0.06-0.81 GHz frekans aralığında, D2 kodlu kumaşın 0.21-1.73 GHz frekans aralığında 40 dB ve üzeri ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. Dimi örgü yapısında dokunmuş kumaşlarda en yüksek ekranlama etkinliği değeri D1 kodlu kumaşın ölçümünde 1.31 GHz'de 56.25 dB olarak ölçülmüştür.

Çözü ve atkı sıklıkları aynı olan, örgü yapıları sırasıyla 2/2 dimi ve 3/1 dimi olan kumaşların benzer ekranlama etkinliği gösterdiği bulunmuştur. Kumaş konstrüksiyonunda, aynı çözü ve atkı sıklığı kullanımı durumunda farklı örgü yapılarının SE değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Elektromanyetik kirliliğe karşı koruyucu özellikte üretilen kumaş numunelerinin koruyucu iş kıyafetleri, cibinlikler, yatak, yorgan, yastık gibi alanlarda, ekranlama işlemi için başarılı bir şekilde kullanılacağı ispat edilmiştir; ancak nihai ürünün konfeksiyon sonrası ticarileştirilebilmesi için bu kumaşların ekranlama özelliklerinin yanı sıra estetik ve konfor özelliklerinin de incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Perumalraj ve Dasaradan (2010), çalışmalarında 2-3 katlı bakır-pamuk ipliklerinden üretilen dokuma kumaşların elektromanyetik koruyuculuk değerlerini ve uygulamalarını incelemiştir. 30 tex inceliğindeki pamuk ipliği ve 0,1mm, 0,11mm, 0,12mm çaplarında bakır filamentler kullanarak Ring katlama makinası ile üretimler yapmışlardır. Üretilen ipliklerin numaraları 188 tex, 83 tex ve 51 tex'tir. Kumaşlar, dimi ve bezayağı olarak üretilmiştir. katlı ipliklerle çalışmanın, tek katlı ipliklerle çalışmaya göre daha kolay olduğu gözlenmiştir. Ölçümler 20-18000 MHz aralığında bir network analizör kullanarak ASTM D4935-99 standardına uygun olarak yapılmıştır. Sonuçlar bakır tel çapının artmasının ekranlama etkinliğinde azaltıcı etkiye sebep olduğunu göstermiştir. 1

GHz frekansına kadar yapılan ölçümlerde, frekans arttıkça ekranlama etkinliği artarken, daha yüksek frekanslı ölçümlerde frekanstaki artışla ekranlama etkinliğinin azaldığı görülmüştür. Kumaşlar 700-5000 MHz frekans aralığında 40-74 dB zayıflatma etkisi gösterdiği tespit edilmiş ve bu tür kumaşların evdeki elektronik cihazlar, AM/FM yayınları, cep telefonları, kablosuz telefonlar, bilgisayarlar, binalar ve gizli odalar gibi uygulamalarda kullanılabilirliğinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Perumalraj ve arkadaşları (2010), manto olarak pamuk veya polyester kullandıkları bakır özlü iplikler ve bu ipliklerden dokuma kumaşlar üreterek elektromanyetik koruyuculuklarını incelemişlerdir. İpliklerdeki öz oranı, kullanılan materyaller, kumaş yapısı, kumaş katmanları sayısı ve serilme açısı parametrelerinin ekranlama etkinliği üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. İplik üretiminde kullanılan bakır tellerin çapları 0,09mm, 0,1 mm, 0,12 mm olarak seçilmiştir. Dref 2 friksyon eğirme makinası kullanılarak özlü iplikler üretilmiştir. Bezayağı, dimi ve saten yapılarında dokuma kumaşlar üretilerek ekranlama etkinlikleri ölçülmüştür. Ölçümler 20-18000 MHz frekans aralığında, bir network analizör kullanılarak ASTM D 4935-99 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Saten kumaşların ekranlama etkinliği daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Katmanlı kumaşların elektromanyetik koruyuculukları daha iyidir. Kullanılan bakır filamentin çapının artması elektromanyetik koruyuculuğu azaltmaktadır. 45⁰ açıyla serilen kumaşlar, 60⁰ açıyla serilen kumaşlara göre daha iyi ekranlama özelliği göstermiştir. Sonuç olarak üretilen kumaşlar 200-8000 MHz frekans değerleri arasında 20-78 dB ekranlama etkinliği değerlerine sahip çıkmıştır. Üretilen kumaşların ev tipi uygulamalarda, FM/AM radyo yayını uygulamalarında, telsiz telefonlarda, bilgisayarlarda ve koruyucu odalarda kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.

9. MATERYAL VE METOT

9.1 Materyal

Çalışmada bakır özlü ipliklerin üretimleri için 0,05mm inceliğinde kalaylanmış bakır filament kullanılmıştır. Manto olarak kullanılan pamuk fitilleri ise Ne 1,1 inceliğindedir. Bakır filament Erbakır A.Ş.-Denizli'den alınmıştır.

Gümüş özlü iplikler için Celine dış ticaret aracılığı ile İtalya'dan gümüş filamentler alınmıştır. Manto olarak Ne 1,1 inceliğinde pamuk fitilleri kullanılmıştır.

Bakır ve gümüş özlü ipliklerin test sonuçlarını mukayese edebilmek için %100 pamuk iplikler de üretilmiştir.

Çizelge 9.1. İplik üretiminde kullanılan hammadde türü ve incelikleri.

Öz Türü	Öz İnceliği	Pamuk Fitol No	İplik Türü	İplik İnceliği
Gümüş filament	135 Denye	Ne 1,1	Özlü ring iplik	Ne 27
Gümüş filament	75 Denye	Ne 1,1	Özlü ring iplik	Ne 30
Gümüş filament	38 Denye	Ne 1,1	Özlü ring iplik	Ne 30
Bakır filament	0.05 mm	Ne 1,1	Özlü ring iplik	Ne 13
—	—	Ne 1,1	Ring iplik	Ne 30
—	—	Ne 1,1	Ring iplik	Ne 30

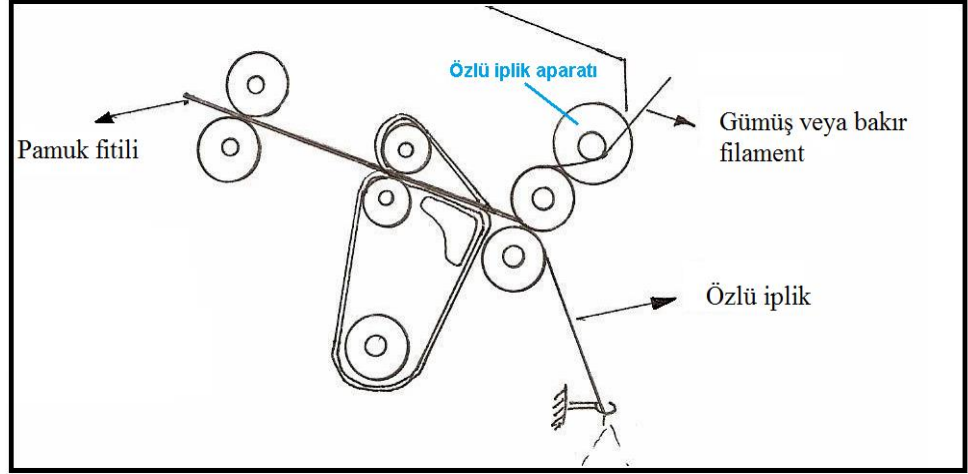
9.2 Deneysel Çalışma

Bakır ve gümüş özlü iplikler üretilmiştir. Üretilen iplikler Üniteks Gıda Tekstil Motorlu Araçlar San.ve Tic. A.Ş. tarafından örülmüştür.

9.2.1 İplik üretimi

Özlü ve %100 pamuk iplik üretimi, Pinter S.A. Merlin numune ring iplik makinesinde gerçekleştirilmiştir. Özlü ipliklerin üretimi için özlü iplik aparatı

kullanılmıştır. Çıkış silindirlerinin üzerindeki özlü iplik aparatı ile özün ipliğin merkezine yerleşmesi sağlanmıştır. Bakır filamentlerin makineye beslenmesi hassas olduğu için, makinanın arka kısmına çalgık benzeri aparatlar yerleştirilerek üretim yapılmıştır.



Şekil 9.1. Özlü iplik üretimi ve çekim bölgesi.



Şekil 9.2. Merlin Ring İplik Makinesi çekim bölgesi ve özlü iplik aparatı.

Bakır telin oldukça hassas olması, iplik üretiminde sürekli kopuşlar yaşanması sebebiyle üretilebilecek en ince iplik için çalışmalar yapılmış ve istenilen özlü iplik özelliklerine Ne 13 inceliğinde ulaşılmıştır.

Çizelge 9.2. Üretilen ipliklerin özellikleri.

İplik türü	İplik No	İplik karışım oranı	Büküm faktörü (α_e)
------------	----------	---------------------	------------------------------

Bakır özlü iplik	Ne 13	%79,5 bakır filament, %20,5 pamuk	4
%100 pamuk iplik	Ne13	—————	3,6
135 denye gümüş filament özlü iplik	Ne 27	%68,66 gümüş filament, %31,33 pamuk	3,6
75 denye gümüş filament özlü iplik	Ne 30	%42,34 gümüş filament, %57,66 pamuk	3,6
38 denye gümüş filament özlü iplik	Ne 30	%21,42 gümüş filament, %78,58 pamuk	3,6
% 100 pamuk iplik	Ne 30	—————	3,6

Çizelge 9.3. Özlü ipliklerin ve % 100 pamuk ipliklerin üretimindeki makine şartları.

	Bakır filament özlü iplikler	Gümüş filament özlü iplikler	% 100 pamuk iplikler
Makine türü	Pinter S.A. Merlin numune ring iplik makinesi (özlü iplik aparatı ile birlikte)	Pinter S.A. Merlin numune ring iplik makinesi (özlü iplik aparatı ile birlikte)	Pinter S.A. Merlin numune ring iplik makinesi
İğ devri	8000 d/dk	11000 d/dk	10000 d/dk
Bilezik çapı	40 mm	40 mm	40 mm

9.2.2 Kumaş üretimi

Bakır özlü iplikler, 32 puss 22 fein Terrot marka tüp süprem makinesinde örülmüştür. Bakır özlü ipliklerle üretilen kumaşlarda çeşitlendirmeye gidilmiştir.

Makineye özlü iplik/pamuk ipliği farklı oranlarda beslenerek metal içerikleri farklı

kumaşlar
üretlmıştır.

Bunlar;

İplik türü	İplik öz numarası	İplik No	Örgü tipi	Kumaş Kodu
------------	-------------------	----------	-----------	------------

- % 10
0
bakır özlü iplik kullanılarak üretilen süprem kumaşlar,
- Makinaya sırasıyla, 1 bobin özlü iplik ve 1 bobin pamuk ipliği beslenerek üretilen süprem kumaşlar,
- Makinaya sırasıyla, 1 bobin özlü iplik ve 2 bobin pamuk ipliği beslenerek üretilen süprem kumaşlar,
- Makinaya sırasıyla 2 bobin özlü iplik ve 1 bobin pamuk ipliği beslenerek üretilen süprem kumaşlardır.

Bakır özlü iplik ve pamuk ipliğini karıştırarak üretilen kumaşlardaki pamuk iplik inceliği Ne 22/1' dir.

Çalışmada yapılan bu çeşitlendirmedeki amaç, aynı örgü yapısında ve farklı oranlarda metal içeren kumaşların elektromanyetik koruyuculuk fonksiyonlarını kıyaslamak ve aynı zamanda üretilen kumaşların yeterli derecede koruyucu özellik göstermesinin yanında giyim konfor özelliklerini de incelemektir.

Bakır ve gümüş özlü ipliklerle üretilen kumaşların ve bu kumaşların koruyuculuğunu kıyaslamak için üretilen % 100 pamuk kumaşların örgü tipleri ve kumaş kodları Çizelge 9.4 ve Çizelge 9.5' de verilmiştir.

Çizelge 9.4. Bakır özlü ipliklerle üretilen kumaşlar ve elektromanyetik kıyaslamada kullanılacak kumaşlar.

Örmede kullanılan iplik oranları	Örgü tipi	Kumaş Kodu
% 100 Ne13 bakır özlü iplik	Süprem	B1
% 66,7 Ne 13 bakır özlü iplik, % 33,3 Ne 22 pamuk iplik	Süprem	B2
%50 Ne 13 bakır özlü iplik, %50 Ne 22 pamuk iplik	Süprem	B3
% 33,3 Ne 13 bakır özlü iplik, % 66,7 Ne22 pamuk iplik	Süprem	B4
% 100 Ne 13 pamuk iplik	Süprem	P

Çizelge

9 Gümüş özlü iplik	135 denye	Ne 27	Süprem	GS1
5 Gümüş özlü iplik	135 denye	Ne 30	Ribana	GR1
ü Gümüş özlü iplik	135 denye	Ne 30	Futter (2 iplik)	GF1
ö Gümüş özlü iplik	75 denye	Ne 30	Süprem	GS2
ü Gümüş özlü iplik	75 denye	Ne 30	Ribana	GR2
p Gümüş özlü iplik	75 denye	Ne 30	Futter (2 iplik)	GF2
k Gümüş özlü iplik	38 denye	Ne 30	Süprem	GS3
e Gümüş özlü iplik	38 denye	Ne 30	Ribana	GR3
r Gümüş özlü iplik	38 denye	Ne 30	Futter (2 iplik)	GF3
i Pamuk ipliği		Ne 30	Süprem	PS
n Pamuk ipliği		Ne 30	Ribana	PR
m Pamuk ipliği		Ne 30	Futter (2 iplik)	PF

ar ve elektromanyetik kıyaslamada kullanılacak kumaşlar.

9.3 Ölçümler

9.3. Kumaşların gramaj ölçümü

TS 251 standardına göre, her kumaştan 100 cm² alanlı gramaj şablonu yardımıyla 3'er numune alınıp hassas terazide tartılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

9.3.2 Kumaşların hava geçirgenliği ölçümü

TS 391 Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini standartına göre 10'ar ölçüm yapılmıştır. Basınç göstergesi örme kumaşlar için tavsiye edilen 100 Pa değerine getirilerek kumaşların hava geçirgenliği ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

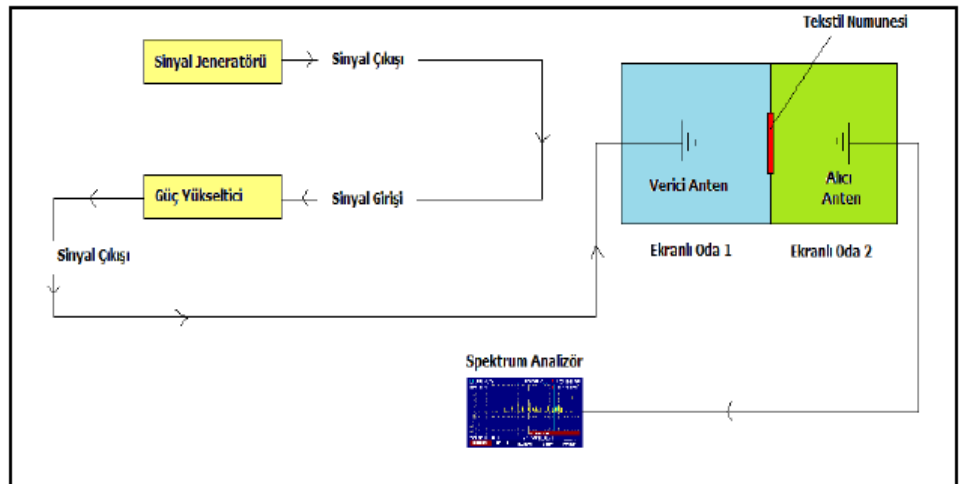
9.3.3 Kumaşların boncuklanma dayanımı

Her kumaş tipinden 4'er numune alınmıştır. Martindale test cihazına numuneler yerleştirilerek uygulamalar yapılmış ve sonra ISO 12945-2 standartına göre Pill Grade cihazında boncuklanma dereceleri belirlenmiştir.

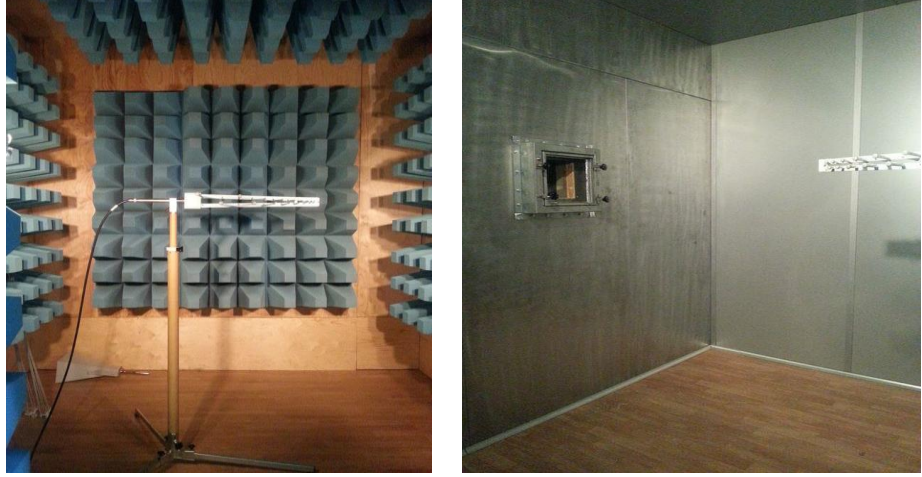
9.3.4 Elektromanyetik ekranlama etkinliğinin ölçülmesi

EN50147-1 standardı esas alınarak; Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan EMC test cihazı sistemi ile kumaşların ekranlama etkinlikleri ölçülmüştür. Her kumaş tipinden 3'er numune alınarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Bir RF güç yükselticisi, bir sinyal jeneratörü, bir spektrum analizörü ve biri sinyal jeneratörüne, diğeri de spektrum analizörüne bağlı 2 antenden ve biri 3m*3m*3m boyutlarında yarı yansısız, diğeri 3m*4m boyutlarında 2 ekranlı odadan oluşmaktadır. İki oda arasında 30cm*30cm boyutlarında kare bir açıklık vardır. Kumaş; ekranlama etkinliği ölçümleri sırasında buraya yerleştirilir. Sinyal jeneratöründe üretilen sinyaller yükselticide yükseltildikten sonra bir anten vasıtasıyla numune üzerine gönderilmektedir. Test prensibine göre numune sinyal jeneratörü ile alıcı anten arasına yerleştirilmekte ve böylelikle numune tarafından diğer tarafa geçirilen sinyaller ölçülerek numune tarafından bloke edilen elektromanyetik alan şiddeti hesaplanmaktadır (Kadoğlu vd., 2010).



Şekil 9.3. EMC test cihazı sistemi (Duran, 2011).



Şekil 9.4. EMC test cihaz sisteminde verici ve alıcı antenler.

Sinyal jeneratörüne bağlı olan verici anteni barındıran odanın iç duvarlarında, odayı dışarıdaki elektromanyetik ortamdan izole etmeye yardımcı olan ve ölçüm sırasında oluşabilecek dalga yansımalarını engellemeye yarayan piramitler bulunmaktadır. Şekil 8.4’ de piramitlerin yapısı gösterilmektedir.

Ölçümlerde elektromanyetik ekranlama etkinliği her frekans değeri için numuneye gönderilen sinyal değeri ile spektrum analizördeki frekans spektrumundan okunan sinyal değeri arasındaki farkın hesaplanmasıyla bulunmaktadır. Ölçümler sırasında ortamdan (hava, kablolar, antenler) kaynaklanabilecek kayıpların ölçümler üzerindeki etkilerinin elimine edilebilmesi için sinyal jeneratöründen eşit değerinde sinyaller gönderilerek boş (numunesiz) ölçümler de gerçekleştirilmektedir. Elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE), boş ölçümlerin sonuçlarından numune ile elde edilen sonuçların çıkartılmasıyla elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE) hesaplanmaktadır (Duran, 2011).

100 MHz - 200 MHz – 300 MHz – 400 MHz – 500 MHz – 600 MHz – 700 MHz – 800 MHz – 900 MHz – 1 GHz frekanslarında (düşük frekanslı) ölçümler yapılarak kumaşların ekranlama etkinlikleri incelenmiştir.

Ölçümler sırasında kullanılan sistem elemanları Çizelge 9.1. deki gibidir.

Çizelge 9.6. Ölçümlerde kullanılan sistem elemanları (Duran, 2011).

Anten tipi	Bikonilog Anten
Sinyal jeneratörü	Rohde & Schwarz SMB 100A Signal Generator 9kHz-6GHz
Güç yükseltici	Frankonia EMV-Mess Systeme RF Power Amplifier FLH-30
Spektrum analizör	Rohde & Schwarz FSL Spectrum Analyzer 9kHz-6GHz

Kumaş tipi	Gramaj (g/m)	Gramaj (ort)
B1	287,5	288,03 g/m
	286,2	
	290,4	

10. BULGULAR

10.1 Kumaşların Gramaj Ölçümü Sonuçları

Kumaşların gramaj değerleri Çizelge 10.1, 10.2, 10.2 ve 10.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 10.1. Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların gramaj değerleri.

B2	227,1	224,30 g/m
	224,4	
	221,4	
B3	228,3	228,00 g/m
	228,9	
	226,8	
B4	174,7	171,83 g/m
	175,1	
	165,7	
P	297,9	296,23 g/m
	293,7	
	297,1	

Çizelge 10.2. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların gramaj değerleri.

Kumaş tipi	Gramaj (g/m)	Gramaj (ort)
GS1	194,3	184,00 g/m
	163,2	
	194,5	
GS2	159,1	149,67 g/m
	155,1	

	134,8	
GS3	138,3	143,10 g/m
	149,5	
	141,5	
PS	148,3	149,13 g/m
	147,3	
	151,8	

Çizelge 10.3. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların gramaj değerleri.

Kumaş tipi	Gramaj (g/m)	Gramaj (ort)
GR1	249,6	253,30 g/m
	256,4	
	253,9	
GR2	208,2	209,26 g/m
	210,9	
	208,7	
GR3	187,5	192,03 g/m
	193,2	
	195,4	
PR	206,1	201,86 g/m
	201,1	
	198,4	

Çizelge 10.4. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter (2 iplik) kumaşların gramaj değerleri

Kumaş tipi	Gramaj (g/m)	Gramaj (ort)
GF1	232,7	230,66 g/m
	233,1	
	226,2	
GF2	195	192,76 g/m
	187,6	
	195,7	
GF3	183,1	182,90 g/m
	182,1	
	183,5	
PF	198,6	198,40 g/m
	194,7	
	201,9	

10.2 Kumaşların Hava Geçirgenliği Ölçümü Sonuçları

Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları çizelge 10.5, 10.6, 10.7 ve 10.8' de verilmiştir.

Çizelge 10.5 Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların hava geçirgenlik değerleri ($l/m^2/s$).

	B1 ($l/m^2/s$)	B2 ($l/m^2/s$)	B3 ($l/m^2/s$)	B4 ($l/m^2/s$)	P ($l/m^2/s$)
	857	1070	1070	1470	1540
	1050	1350	1310	1470	1660
	1050	1290	1410	1860	1630
	1090	1350	1630	1830	1720
	1120	1190	1300	1770	1700
	1150	1270	1340	1360	1640
	1130	1230	1190	1450	1690
	948	1260	1390	1650	1580
	1130	1380	1320	1560	1800
	1110	1280	1400	1620	1850
Ort.	1063,5	1267	1336	1604	1681

Çizelge 10.6. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların hava geçirgenlik değerleri ($l/m^2/s$).

	GS1 (l/m²/s)	GS2 (l/m²/s)	GS3 (l/m²/s)	PS (l/m²/s)
	1350	1570	1540	1580
	1390	1450	1570	1640
	1390	1540	1800	1590
	1220	1420	1490	1590
	1350	1660	1650	1650
	1370	1620	1700	1600
	1240	1400	1680	1540
	1260	1450	1720	1570
	1340	1610	1740	1650
	1360	1550	1650	1640
Ort.	1327	1527	1654	1605

Çizelge 10.7. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların hava geçirgenlik değerleri (l/m²/s).

	GR1 (l/m²/s)	GR2 (l/m²/s)	GR3 (l/m²/s)	PR (l/m²/s)
	1250	1350	1400	1410
	1200	1300	1350	1390
	1190	1370	1460	1450
	1180	1380	1510	1420
	1190	1400	1610	1550
	1200	1310	1570	1470
	1200	1320	1570	1440
	1180	1320	1530	1450
	1260	1350	1590	1340
	1230	1380	1580	1500
Ort.	1208	1348	1517	1442

Çizelge 10.8. 135,75 ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter (2 iplik) kumaşların hava geçirgenlik değerleri (l/m²/s).

	GF1 (l/m²/s)	GF2 (l/m²/s)	GF3 (l/m²/s)	PF (l/m²/s)
	1120	1310	1260	1340
	1120	1250	1330	1350
	1350	1410	1590	1220
	1090	1380	1340	1290
	1120	1330	1490	1330
	970	1390	1490	1260
	1140	1250	1540	1370
	1040	1210	1300	1330
	1090	1360	1270	1170
	1120	1230	1590	1300
Ort.	1116	1312	1420	1296

10.3 Kumaşların Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları

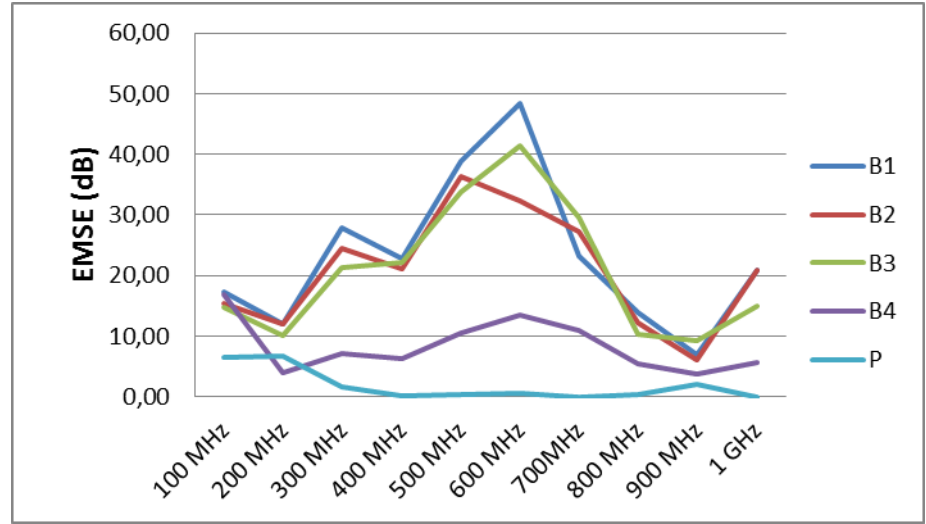
Kumaşların boncuklanma dayanımları, Pill Grade cihazında 1-5 dereceleri arasında gözlemlenmiştir. Sonuçlar Ek-1’ de verilmiştir. Pamuklu kumaşlara kıyasla, metal öz içeren kumaşlarda peeling oranı daha azdır.

10.4 Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Ölçümü Sonuçları

100MHz-1GHz frekans değerleri arasında yapılan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 10.9 Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB).

	B1 (dB)	B2 (dB)	B3 (dB)	B4 (dB)	P (dB)
100 MHz	17,33	15,40	14,69	16,81	6,57
200 MHz	11,97	11,97	10,01	4,02	6,70
300 MHz	27,79	24,44	21,29	7,16	1,65
400 MHz	22,74	21,03	22,19	6,20	0,06
500 MHz	38,89	36,34	33,82	10,50	0,25
600 MHz	48,40	32,37	41,38	13,41	0,49
700 MHz	23,28	27,26	29,45	10,91	0,00
800 MHz	13,84	12,26	10,37	5,42	0,29
900 MHz	6,93	6,11	9,13	3,69	2,13
1 GHz	20,87	20,77	14,87	5,67	0,00

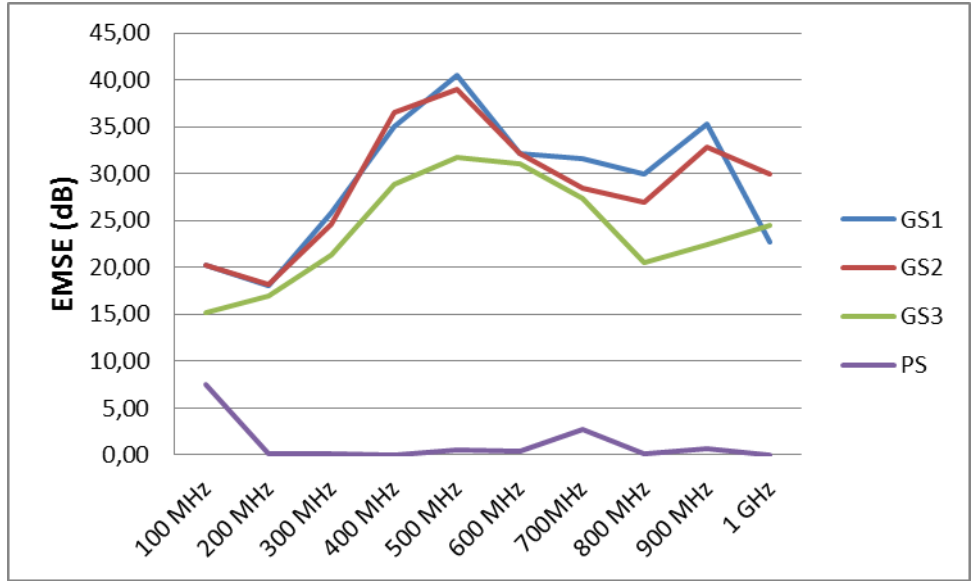


Şekil. 10.1. Bakır özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB).

Çizelge 10.10 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve % 100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB).

	GS1(dB)	GS2(dB)	GS3dB)	PS(dB)
100 MHz	20,24	20,29	15,23	7,47

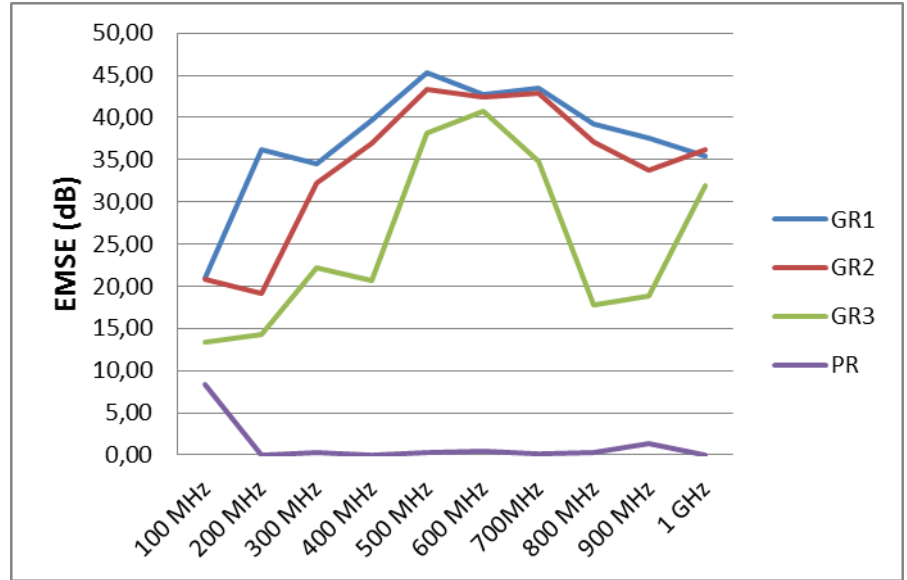
200 MHz	18,03	18,17	17,00	0,15
300 MHz	25,85	24,57	21,34	0,11
400 MHz	35,01	36,58	28,87	0,05
500 MHz	40,43	38,97	31,73	0,51
600 MHz	32,13	32,10	31,10	0,40
700 MHz	31,67	28,49	27,36	2,76
800 MHz	30,00	26,92	20,56	0,07
900 MHz	35,35	32,78	22,47	0,67
1 GHz	22,66	29,92	24,51	0,00



Şekil 10.2. 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş süprem kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.

Çizelge 10.11. 135,75 ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB).

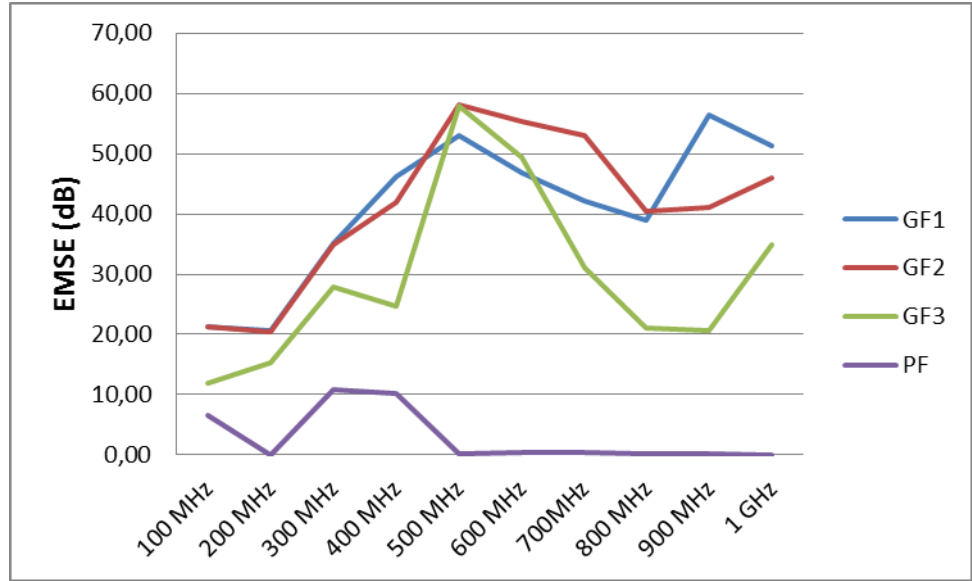
	GR1(dB)	GR2(dB)	GR3dB)	PR(dB)
100 MHz	20,91	20,80	13,42	8,34
200 MHz	36,13	19,18	14,32	0,00
300 MHz	34,50	32,16	22,14	0,35
400 MHz	39,74	36,87	20,69	0,00
500 MHz	45,37	43,29	38,13	0,31
600 MHz	42,75	42,40	40,80	0,42
700 MHz	43,45	42,81	34,87	0,18
800 MHz	39,25	37,11	17,76	0,27
900 MHz	37,57	33,80	18,80	1,40
1 GHz	35,41	36,19	31,90	0,00



Şekil 10.3. 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş ribana kumaşların ekranlama etkinliği değerleri (dB).

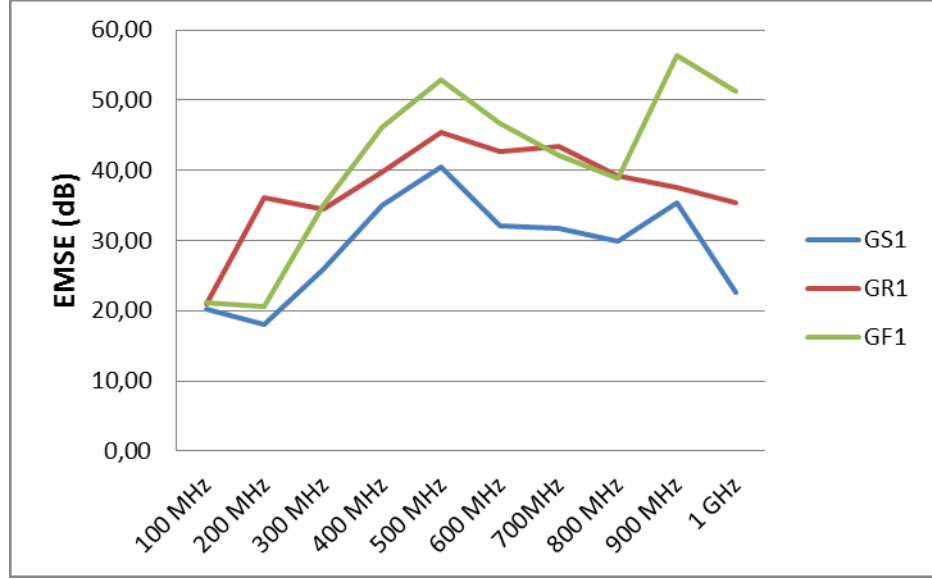
Çizelge 10.12. 135, 75 ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.

	GF1(dB)	GF2(dB)	GF3dB)	PF(dB)
100 MHz	21,20	21,26	11,99	6,63
200 MHz	20,59	20,40	15,36	0,00
300 MHz	35,11	34,91	27,90	10,92
400 MHz	46,17	41,82	24,63	10,16
500 MHz	52,99	58,01	57,93	0,22
600 MHz	46,75	55,25	43,39	0,43
700 MHz	42,13	52,98	30,97	0,42
800 MHz	38,90	40,35	21,10	0,23
900 MHz	56,32	41,03	20,71	0,29
1 GHz	51,21	46,03	34,86	0,00

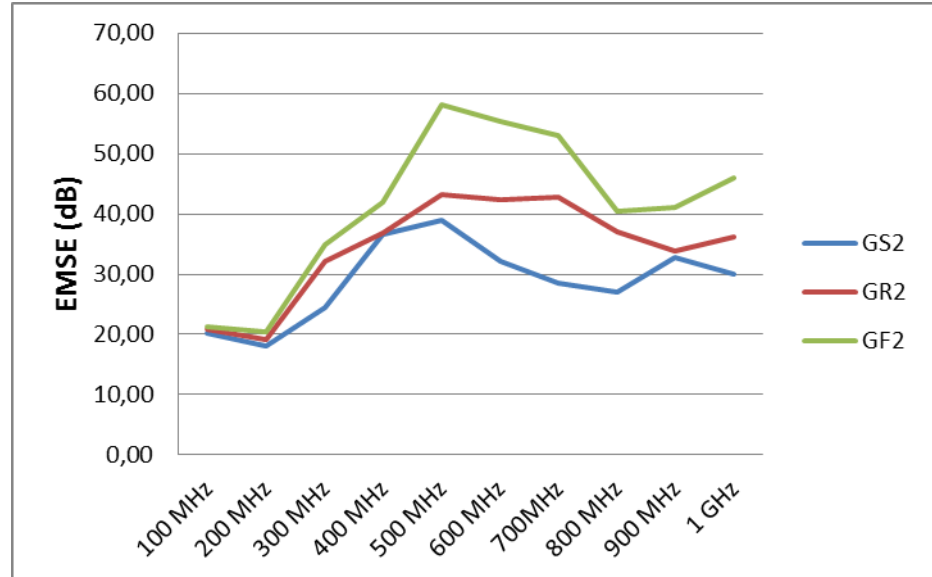


Şekil 10.4. 135, 75, ve 38 denye gümüş filamentler içeren özlü ipliklerle örülmüş ve %100 pamuk ipliğiyle örülmüş futter kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.

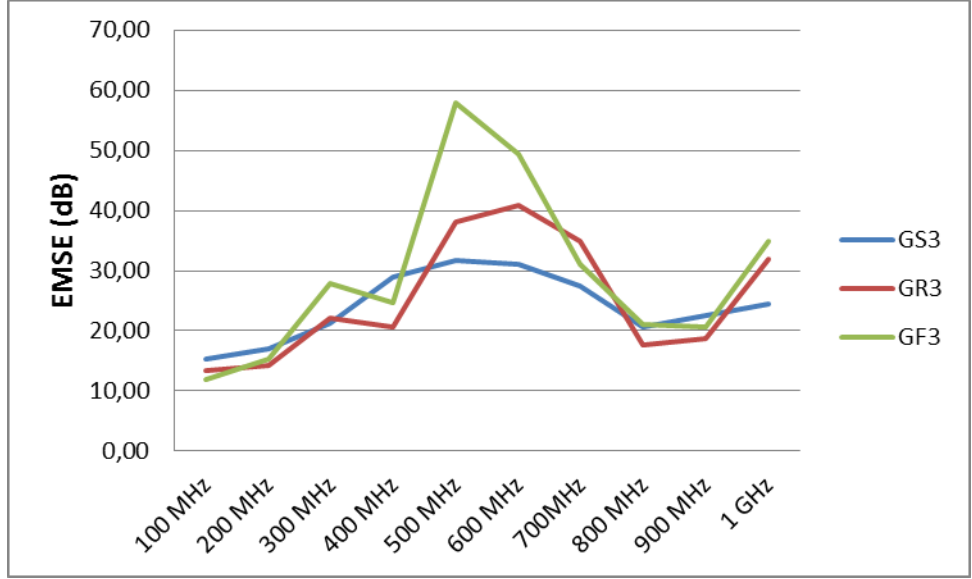
Şekil 10.1, Şekil 10.2, Şekil 10.3 ve Şekil 10.4' de metal filament içeren kumaşların içindeki metal oranlarına göre kıyaslamalar yapılmıştır. Aşağıda verilen Şekil 10.5, Şekil 10.6, Şekil 10.7 ve Şekil 10.8' de ise kumaşların örgü yapılarının elektromanyetik kalkanlamadaki etkisini görebilmek için kıyaslamalar yapılmıştır.



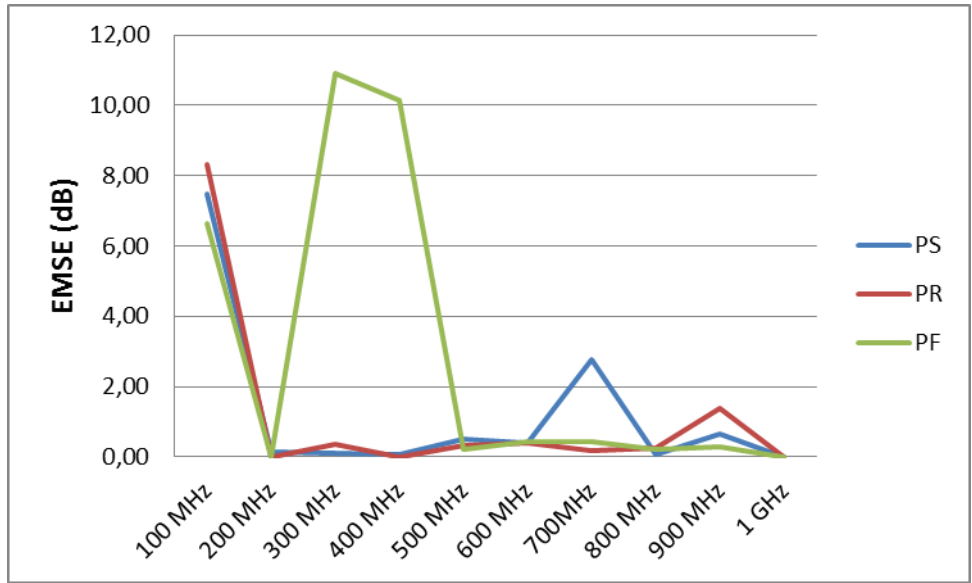
Şekil 10.5. 135 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.



Şekil 10.6. 75 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.



Şekil 10.7. 38 denye gümüş filamentlerle üretilen ipliklerden farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.



Şekil 10.8. %100 pamuk ipliklerinden üretilen, farklı örgü tipleriyle örülmüş kumaşların ekranlama etkinliklerinin kıyaslanması.

10.5 Elektromanyetik Koruyucu Fonksiyonel Giysi Tasarımları

Elektromanyetik koruyucu fonksiyonel kumaşların kullanıldığı T-shirt modelleri Şekil 10.9' da gösterilmektedir.



Şekil 10.9. Elektromanyetik koruyucu fonksiyonel giysiler ve tasarımları

11. SONUÇ VE TARTIŞMA

10. bölümde gösterilen bulgular sonucunda; kullanılan hammadde, üretim yöntemi, kumaş yapısı gibi etkenlerin elektromanyetik ekranlamaya etkisi bu bölümde incelenmiştir.

Bakır özlü iplik içeren kumaşlar ve gümüş özlü iplik içeren kumaşlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kumaşlardaki özlü iplik oranları ve kumaşlara uygulanan frekansın elektromanyetik ekranlama etkinliği üzerine etkisini incelemek için SPSS istatistik programı yardımıyla varyans analizi yapılarak ve alt gruplar arasında farklılık olup olmadığını görmek için SNK (Student-Newman-Kleus) testi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Varyans analizlerinden elde edilen F değerleri ve bunların $\alpha = 0,05$ (%95 güvenilirlik) seviyesine göre önemliliği çizelgeler halinde verilmiştir.

Ne 13 inceliğindeki bakır özlü iplikler, %79,5 bakır filament,%20,5 pamuk içermektedir. Örme makinasına farklı sıklıklarda özlü iplik ve pamuk ipliği beslenerek 4 farklı süprem kumaş örülmüştür. Kumaşlardaki bakır oranını hesaplamak için; makinaya beslenen özlü iplik oranı ile, özlü iplik içindeki bakır oranının çarpımından yüzde olarak kumaşların bakır oranı hesaplanmıştır. Örneğin B2 tipindeki kumaş için makinaya sırasıyla 2 bobin özlü iplik, 1 bobin pamuk ipliği beslenmiştir. Dolayısıyla makinadaki özlü iplik oranı %66,7 ‘dir. Kumaştaki bakır oranını yüzde olarak bulmak için aşağıdaki işlem yapılmıştır.

$$(66/100)*(79,5/100)=53,02$$

B2 tipi kumaşın bakır oranı %53,02 ‘dir.

Çizelge 11.1. Bakır özlü ipliklerle üretilen kumaşların 100- 1000 MHz frekans aralığındaki ayrıntılı varyans analizi sonuçları.

Bağımlı Değişken: EMSE

Kaynak	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Önemlilik
Düzeltilmiş Model	21269,915 ^a	49	434,080	11,580	,000
Intercept	33712,211	1	33712,211	899,380	,000
bakır_orani	10521,262	4	2630,315	70,172	,000
frekans	6263,641	9	695,960	18,567	,000
bakır_orani * frekans	4485,012	36	124,584	3,324	,000
Hata	3748,382	100	37,484		
Toplam	58730,507	150			
Düzeltilmiş Toplam	25018,297	149			

a. R Squared = ,850 (Adjusted R Squared = ,777)

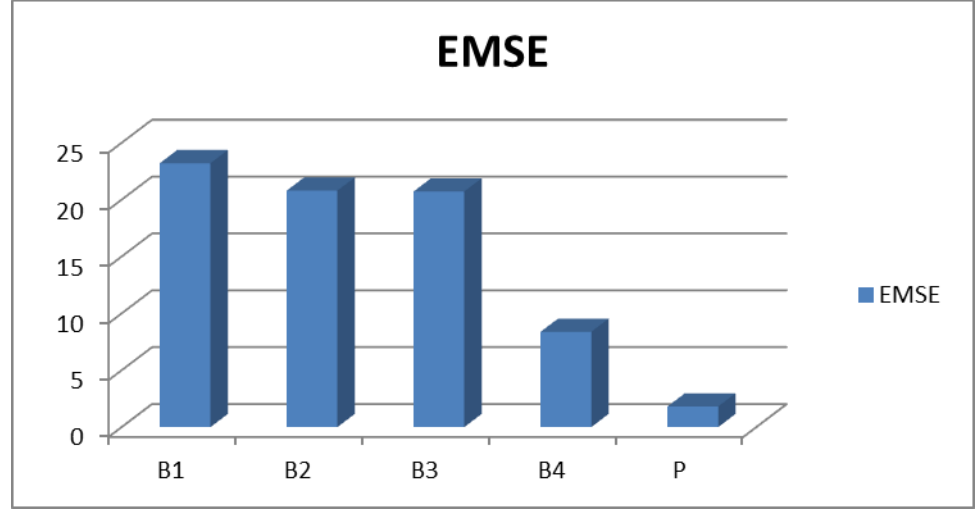
Varyans analizi sonuçlarına bakılarak; kumaştaki bakır oranı ve de kumaşa uygulanan frekans değeri, EMSE derecesi üzerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Kumaştaki bakır oranlarının ve frekansın etkileri ile ilgili alt grupların homojenliği testi (SNK) sonuçları Çizelge 11.2' deki gibidir.

Çizelge 11.2. Kumaşlardaki bakır oranlarının elektromanyetik ekranlama etkinliğine etkisi SNK testi.

EMSE				
Student-Newman-Keuls				
bakır_orani	N	Alt grup		
		1	2	3
,00	30	1,8140		
26,47	30		8,4250	
39,75	30			20,7187
53,02	30			20,7960
79,50	30			23,2043
Sig.		1,000	1,000	,262

SNK testindeki sonuçlar incelendiğinde bakır oranının elektromanyetik ekranlama üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ancak; kumaş içindeki bakır oranının %39,75' den fazla olması EMSE derecesinde istatistiksel olarak büyük farklar göstermemiştir. Şekil 11.1' de de bakır oranlarının EMSE derecesine etkisi ortalama olarak gösterilmiştir.



Şekil 11.1. Bakır içeren kumaşların ortalama EMSE değerlerinin kıyaslanması.

Bakır kumaşların dışında, farklı inceliklerde gümüş filamentler kullanılarak özlü iplikler üretilmiş ve bu ipliklerle farklı örgü yapısına sahip kumaşlar örülmüştür. Kumaşlarda kullanılan özlü ipliklerin öz inceliği ve elektromanyetik ekranlama testinde kumaşa uygulanan frekans değerlerinin EMSE derecesi üzerindeki önemliliği varyans analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar, öz inceliğinin ve frekansın EMSE derecesini önemli bir şekilde etkilediğini göstermektedir.

Çizelge 11.3. Gümüş özlü ipliklerle üretilen kumaşların 100- 1000 MHz frekans aralığındaki ayrıntılı varyans analizi sonuçları.

Kaynak	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Önemlilik
Düzeltilmiş Model	88279,143 ^a	39	2263,568	43,888	,000
Intercept	219613,628	1	219613,628	4258,104	,000
Frekans	11969,127	9	1329,903	25,786	,000
Öz_inceliği	68203,466	3	22734,489	440,801	,000
frekans * öz_inceliği	8106,551	27	300,243	5,821	,000
Hata	16504,143	320	51,575		
Toplam	324396,915	360			
Düzeltilmiş Toplam	104783,286	359			

a. R Squared = ,842 (Adjusted R Squared = ,823)

Gümüş filament içeren bu kumaşlara ayrıca SNK testi yapılmıştır. Çizelge 11.4' de test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 11.4. Gümüş filament içeren kumaşlardaki öz inceliğinin elektromanyetik ekranlama etkinliğine etkisi SNK testi.

EMSE

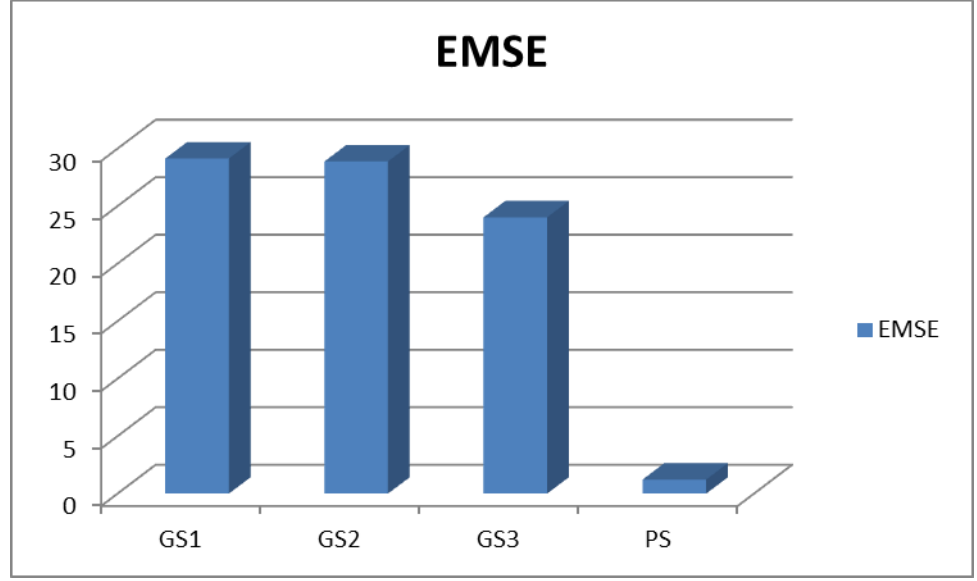
Student-Newman-Keuls

oz_inceligi	N	Alt grup		
		1	2	3
0	90	1,7580		
38	90		26,2622	
75	90			34,8478
135	90			35,9278
Sig.		1,000	1,000	,314

SNK testindeki sonuçlar incelendiğinde gümüş oranının elektromanyetik ekranlama üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ancak; öz inceliğinin 38 denye'den fazla olması EMSE derecesinde büyük farklar göstermemiştir. Öz inceliğinin fazla olması 38 denye'den sonra EMSE derecesi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik göstermemiştir.

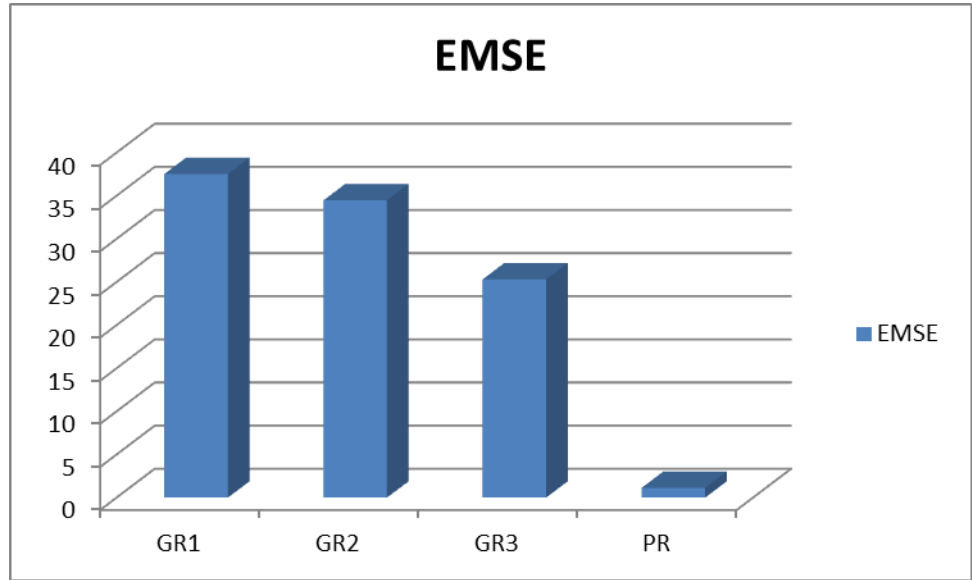
Şekil 11.2' ye bakılarak da bu sonuca ulaşılmaktadır. 135 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle üretilmiş GS1 kodlu kumaş, 75 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle üretilmiş GS2 kodlu kumaş ve 38 denye gümüş filament içeren özlü ipliklerle örülmüş GS3 kodlu kumaşın EMSE değerleri arasında çok büyük farklar görülmemiştir. GS1 kodlu kumaşlardaki gümüş oranı daha fazla olduğundan, bu kumaşların EMSE derecelerinin diğer tip kumaşlara oranla yüksek olduğu görülmektedir.

Varyans analizi testinden elde edilen sonuçların net bir şekilde gözlemlenmesi için, kumaşların ortalama EMSE dereceleri 100 MHz-1GHz frekans aralığında Şekil 11.2, 11.3, 11.4 ve 11.5' de grafiklerle verilmiştir.

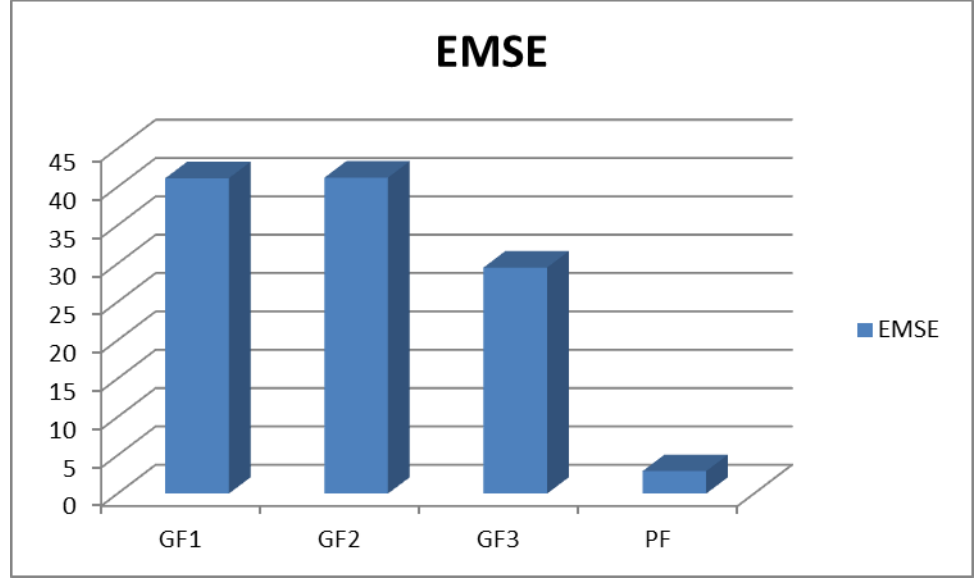


Şekil 11.2. 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen süprem kumaşların ve %100 pamuk süprem kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.

Şekil 11.2’ de farklı öz inceliğine sahip süprem kumaşlar için değerlendirme yapılmıştır. Aşağıda Şekil 11.3 ve Şekil 11.4’ de sırasıyla ribana ve futter kumaşlar için öz inceliğinin EMSE derecesine etkisi gösterilmektedir.

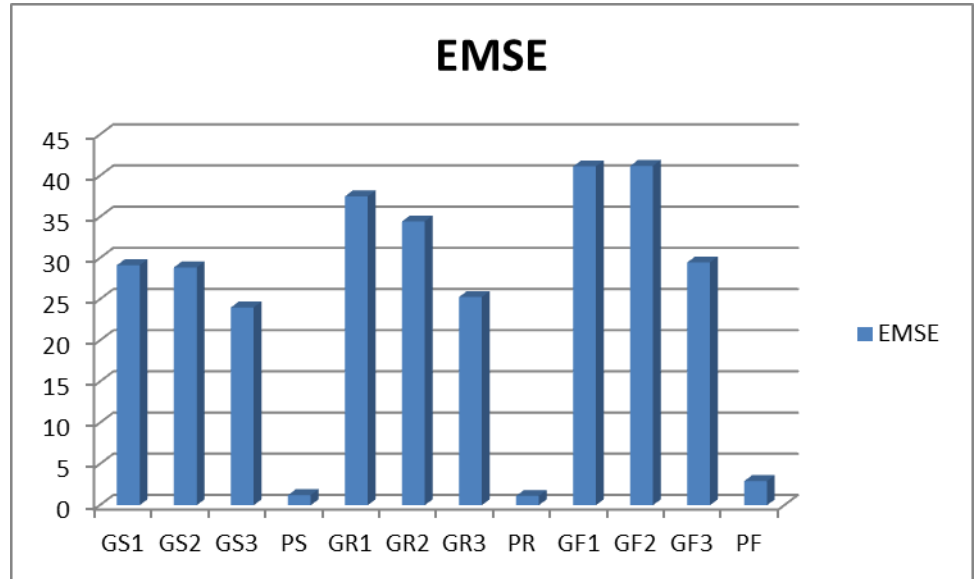


Şekil 11.3. 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen ribana kumaşların ve %100 pamuk ribana kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.



Şekil 11.4. 135,75 ve 38 denye gümüş içeren özlü ipliklerden örülen futter kumaşların ve %100 pamuk futter kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.

Gümüş özlü iplik içeren kumaşların EMSE ortalamaları Şekil 11.5' deki gibidir.



Şekil 11.5. Gümüş özlü ipliklerden örülen kumaşların ve %100 pamuk kumaşın ortalama EMSE derecelerinin kıyaslanması.

Şekil 11.5' de görüldüğü üzere, futter örgü yapısındaki kumaşların, süprem ve ribana kumaşlara göre çok daha iyi EMSE derecelerine sahip olduğu

gözlemlenmiştir. Örgü yapısının EMSE derecesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

Testler sonucunda elde edilen bulgulara göre kumaş gramajlarının EMSE ile ilişkisini incelemek için ayrıca Pearson Korelasyon testi yapılmıştır.

Çizelge 11.5. Kumaşların EMSE değerleri ve gramajları arasındaki korelasyon.

		EMSE	Gramaj
EMSE	Pearson Correlation	1	,021
	Önemlilik (1-tailed)		,468
	N	17	17
Gramaj	Pearson Correlation	,021	1
	Önemlilik (1-tailed)	,468	
	N	17	17

$\alpha=0,05$ seviyesi için gramaj, ekranlama etkinliğinde önemsiz çıkmıştır. Kumaşların gramajının EMSE derecesine etkisi yoktur.

Kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin EMSE ile arasındaki ilişkiyi incelemek için Pearson Korelasyon testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 11.6' da verilmiştir.

Çizelge 11.6. Kumaşların EMSE değerleri ve hava geçirgenlikleri arasındaki korelasyon.

		EMSE	hava_gecirgenlik
EMSE	Pearson Correlation	1	-,515*
	Önemlilik (1-tailed)		,017
	N	17	17
hava_gecirgenlik	Pearson Correlation	-,515*	1
	Önemlilik (1-tailed)	,017	
	N	17	17

*. Korelasyon, $\alpha=0,05$ seviyesinde önemlidir.

Ekranlama etkinliği ve hava geçirgenlik arasında %51,5'lik negatif korelasyon bulunmaktadır. Hava geçirgenliğinin yüksek olması kumaş

dokusundaki boşlukların fazla olması anlamına geldiğinden, elektromanyetik kalkanlama da bu kumaşlarda düşük olmaktadır.

Kumaşların peeling değerlerinin EMSE ile arasındaki ilişkiyi incelemek için de Pearson Korelasyon testi yapılmıştır.

Çizelge 11.7. Kumaşların EMSE değerleri ve boncuklanma dayanımları arasındaki korelasyon.

	EMSE	peeling
Pearson Correlation	1	,171
EMSE Önemlilik (1-tailed)		,256
N	17	17
Pearson Correlation	,171	1
peeling Önemlilik (1-tailed)	,256	
N	17	17

Korelasyon analizine göre, kumaşların peeling değerlerinin EMSE derecesine etki etmediği gözlemlenmiştir.

Sonuçlar; insan sağlığı açısından zararlı olan elektromanyetik dalgaların etkisinden korunabilmek için tasarlanan iletken kumaşların, bu konuda etkili bir koruma sağladığını göstermiştir. Kumaş örgü yapısı ve kullanılan hammadde elektromanyetik kalkanlama üzerinde büyük rol oynarken; kumaş gramajının fazla olması bu etkiyi göstermemiştir. Ribana kumaşların gramaj değerleri daha yüksek olmasına rağmen futter kumaşların daha iyi koruyucu özellik göstermesi, kumaş örgü yapısının ekranlama üzerinde önemli olduğunu göstermiştir. Kumaş içerisinde iletken ipliklerin birbirlerine göre konumu ekranlama etkinliği derecesini etkilemektedir. Kumaşları iletken hale getirmek için kullanılan bakır ve gümüş filamentler, kumaş içerisinde %38-40 civarında bulunduğu etkin bir koruma gerçekleştirdiği görülmüştür. İletken madde miktarı daha fazla kullanıldığı takdirde kumaşların elektromanyetik koruyucu özelliklerinde istatistiksel olarak az miktarlarda artış gözlemlenmiştir. Gümüş filamentlerin kullanıldığı futter örgü yapısındaki kumaşlar, en iyi koruyuculuk özellik gösteren kumaşlardır.

12. ÖNERİLER

Günlük hayatta kullandığımız elektronik cihazların elektromanyetik dalgaları yaymakta olduğu bilinmektedir. Cep telefonu ve diğer tüm elektronik cihazların yaymış olduğu elektromanyetik dalgalar elektromanyetik kirliliğe sebep olmaktadır. Elektromanyetik dalgaların etkisinden korunmak için daha önceleri sadece endüstriyel ve askeri alanda çalışmalar yapılmıştır. Ancak son zamanlarda günlük hayatta da bu dalgalardan korunmak amacıyla çalışmalar yapılmış ve bu yönde ürünler ortaya konmaya başlanmıştır.

Ekranlama amacıyla kullanılacak malzemeler, iyi elektrik iletkenliğine sahip olmalıdır. Tekstilde elektromanyetik dalgaların etkisini indirmek için üretim teknikleri ve kullanılan materyaller açısından farklı yöntemler geliştirilmiştir. İletken maddelerle kaplama yapılarak; kompozit malzemeler ve iletken yapıda polimer malzemeler kullanılarak veya iletken metalleri tekstil yapısına dahil ederek iletken tekstil yüzeyleri elde edilebilir Ancak bu malzemelerin çoğu; korozyon, ekranlama özelliğinin ayarlanmasında çıkan zorluklar gibi nedenlerle pek tercih edilmeyip; yerini hafif, esnek ve nispeten daha düşük maliyetli tekstillere bırakmıştır. Ayrıca daha çok kompozit malzemelerle ve kaplama yöntemleri ile ilgili korunma çalışmaları yapıldığından; iletken kumaşlara yönelik pek fazla çalışma bulunmamaktadır.

İnsan sağlığını korumak adına geliştirilen ürünlerin tercih edilmeye başladığı günümüzde, elektromanyetik koruyucu tekstiller kullanım kolaylığı bakımından gelecek vaat etmektedir. Literatür çalışmalarının ışığında testler sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilerek daha iyi performans özelliklerine sahip ürünler geliştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akşit, A., Onar, N., Kayatekin, I., Ebeoğlugil, M., F., Çelik, E. Ve Özdemir, İ.**, Polianiline ve polipirol kaplanan pamuklu kumaşların elektromanyetik koruyuculuk ve iletkenlik özellikleri, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl 14, Sayı 67, 10-16s
- Aniolczyk, H., Koprowska, J., Mamrot, P. and Lichawska, J.**, 2004, Application of electrically conductive textiles as electromagnetic shields in physiotherapy, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol.12, No.4(48)
- Argeportal**, “ Polimer esaslı kompozit malzemeler ve ürün tasarımında kullanımları”, <http://www.argeportal.com/haberler/36-polimer-esaslmpozit-malzemeler-ve-tasarda-kullanr.html> (Erişim tarihi : 17 Temmuz 2013)
- Asminternational**, “Introduction to Composite Materials”, http://www.asminternational.org/content/ASM/StoreFiles/05287G_Sample_Chapter.pdf (2010) (Erişim tarihi: 13 Temmuz 2013)
- Cengiz, S.**, 2009, Elektromanyetik Girişimden Korunmada Ekranlama Etkinliği ve Elektromanyetik Ekranlama Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi , Elektronik Ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı ,Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 63s
- Chen, H., C., Lin, J., H. and Lee, K., C.**, 2007, Co-woven-knitted fabric reinforced polypropylene composites electromagnetic shielding effectiveness of copper/stainless steel/polyamide fiber, *Journal Of Reinforced Plastics And Composites*, Vol. 27, No. 2/2008,187-204 p
- Cheng, K., B., Lee, M., L., Ramakrishna, S. and Ueng, T., H.**, 2001, Electromagnetic shielding effectiveness of stainless steel/polyester woven fabrics, *Textile Resarch Journal*, 71(1), 42–49p
- Cheng, K.B., Lee, K.C., Ueng, T.H., and Mou, K.J.**, 2002, Electrical an impact properties of the hybrid knitted inlaid fabric reinforced polypropylene composites. *Composites A*, 33(9), 1219–1226p
- Cheng, K.B., Cheng, T.W., Nadaraj, R.N., GiriDev, V.R., and Neelakandan, R.**, 2006, Electromagnetic shielding effectiveness of the twill copper woven fabrics, *Journal Of Reinforced Pylastics And Composites*, Vol25, No.7.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chung, D., D., L.**, 2000, Materials for electromagnetic interference shielding, Journal Of Materials Engineering And Performance, Volume9(3), 352-354 p
- Das, A., Kothari, V.K., Kothari, A., and Kumar, A.**, 2009, Effect of various parameters on emse of textile fabrics, Indian Journal of Fibre&Textile Research, Vol 34, June, 144-148p
- Duran, D.**, 2011, Tekstillerin Elektromanyetik Korumada Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 259s
- Duran, D., Kadoğlu, H., Dimitrovski, K., Nikolic, M., Çelik, P., Demsar, A., Zupin, Z., Tavcer, P., F., Üreyen, M., E. and Üte, T.**, 2009, Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics produced with conductive core yarns, AUTEX 2009 World Textile Conference, İzmir, 779-786p
- Gnidakoung, J., R., N., Kim, M., Park, H., W., Park, Y., B., Jeong, H., S., Jung, Y., B., Ahn,S., K., Han,K. and Park, J., M.**, 2013, Electromagnetic interference shielding of composites consisting of a polyester matrix and carbon nanotube-coated fiber reinforcement, Composites: Part A, 73-80 p
- HKMO**, “Elektromanyetik Kirlilik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Yardımıyla Oluşturulması”,
www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/19e052492f40088_ek.pdf (2008) (Erişim tarihi: 13 Ocak 2012)
- İTÜ SÖZLÜK**, “Elektromanyetik spektrum”,
<http://www.itusozluk.com/gorseller/elektromanyetik+spektrum/121090>
(Erişim tarihi: 13 Ocak 2012)
- Jiang, S., X., Guo, R., H.**, 2011, Electromagnetic shieldding and corrosion resistance of electroless Ni-p/Cu-Ni multilayer plated polyester fabric, Surface & Coatings Technology, Vol.205, 4274-4279p
- Kadoğlu, H., Çelik, P., Üreyen, M., Duran, D., Üte, T. Ve Mermer, Ö.**, 2010, İletken lif ve ipliklerin katma değeri yüksek tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kılıç, G., Örtlek, H., G., ve Saraçoğlu, Ö., G.,** 2007, Elektromanyetik çevre kirliliği ve bu kirlilikten korunmada tekstil çözümleri, *The Journal of Textiles and Engineer* , yıl 14 sayı 67 sayfa 24-35s
- Koyu, A., Gökalp, O., Özgüner, F., Cesur, G., Mollaoğlu, H., Özer ve M., K., Çalışkan, S.,** 2005, Subkronik 1800 MHz elektromanyetik alan uygulamasının TSH, T₃, T₄, kortizol ve testesteron hormon düzeyine etkileri, *Genel Tıp Dergisi* 2005,16(3), 101-106s
- NASA,** “Tour of electromagnetic spectrum”,
<http://missionscience.nasa.gov/ems/index.html>, (Erişim tarihi:11 Ocak 2012)
- Okyay, G., Bilgin, S., Akgül, E., ve Örtlek, H., G.,** 2011, Farklı yapılarıdaki dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliklerinin incelenmesi, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1) 1-10, Kayseri, 10s
- Orhun, Ö., ve Tanışlı, M.,** 2007, Elektromagnetik Dalgalar, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları, 177- 194s.
- Özgüner, F., ve Mollaoğlu, H.,** 2006, Manyetik alanın organizma üzerindeki biyolojik etkileri, *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg.*, 13(1)/38-41s.
- Palamutçu, S., ve Dağ, N.,** 2009, Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstil yüzeyleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1)87-101s.
- Perumalraj, R., Dasaradan, B., S., Anbarasu, R., Arokiaraj, P. and Harish, S., L.,** 2009, Electromagnetic shielding effectiveness of copper core-woven fabrics, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 100, No. 6, 512-524p.
- Perumalraj R. and Dasaradan B. S.,** 2010, Electromagnetic shielding effectiveness of doubled copper cotton yarn woven materials, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* , Vol. 18, No. 3 (80) 74-80p.
- Perumalraj, R., Nalankilli, G. and Dasaradan, B., S.,** 2010, Textile composite materials for emc, *journal of reinforced plastics and composites*, Vol. 29, No. 19, 2992-3005p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ramachandran, T. and Vigneswaran, C.,** 2009, Design and development of copper core conductive fabrics for smart textiles, Journal of Industrial Textiles, Vol.39 No. 1, 81-93p
- Roh, J., S., Chi,Y., S., Kang, T., J. and Nam, S.,** 2008, Electromagnetic shielding effectiveness of multifunctional metal composite fabrics, Textile Research Journal, Vol 78(9): 825–835p
- Sevgi, L.,** http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/Lsevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf (2004) (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2013)
- Sevgi, L.,** “Elektromanyetik Kirlilik, Cep Telefonları Ve Baz İstasyonları”, http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/EMC_YAZI/emc_emo.pdf (Erişim tarihi: 10 Ocak 2012)
- Shie, J.W., and Tien-Wei, S.,** The Reflection, Transmission and Absorbtion of Electromagnetic Waves in Stainless Steel/PolyesterFabrics, (<http://elearning.lib.fcu.edu.tw/bitstream/2377/3898/1/ce05atc902007000027.pdf>) (Erişim Tarihi:12 Temmuz 2013)
- Şeker, S.,** 2000, Elektromanyetik kirlenme, etkileri ve güvenlik önlemleri, Elektrik Mühendisliği, Cilt:40, Sayı 406, Ağustos, 14-21s.
- Tsalovich, A.,** 1999, Electromagnetic Shielding Handbook For Wired and Wireless EMC Applications. Kluwer Academic Publishers, 639p
- TÜBİTAK, BİLTEN,** “Elektromanyetik dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça sorulan Sorular ve Yanıtları”, <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf> , (2001) (Erişim tarihi:11 Ocak 2012)
- Uygunol, S., S., Durduran, O.,** 2008, Elektromanyetik Kirlilik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) Yardımıyla Oluşturulması TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, 1. CBS günleri sempozyumu
- Von Klemperer, C.J., Maharaj, D.,** 2009, Composite electromagnetic shielding materials for aerospace applications, Composite Structures 91 467-472p
- Wikipedia,** “ Faraday Kafesi” , http://tr.wikipedia.org/wiki/Faraday_kafesi, (Erişim tarihi: 11 Temmuz 2013)
- Vodafone,** “Cep Telefonları Nasıl Çalışır?”, http://www.vodafone.com.tr/VodafoneHakkinda/kurumsal_sorumluluk_ceptelnasil.php?default_id=hakkimizda-ceptelefonunasilcalisir, (Erişim tarihi: 11 Ocak 2012)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yıldız, U., ‘‘Elektromanyetik dalgalar’’,

http://www.strw.leidenuniv.nl/~yildiz/docs/yildiz_elektromanyetik_dalgalar.pdf (2003) (Erişim tarihi: 13.01.2012)

ÖZGEÇMİŞ

1989 doğumlu Merve BALKIŞ, TC vatandaşı olup; ilk ve orta öğretimlerini Malatya’ da bitirmiştir. 2006 yılında Malatya Turgut Özal Anadolu Lisesi’nden mezun olmuştur. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde eğitime başlamış, 2010 yılında ERASMUS Yaşam Boyu Öğrenim Programı ile Polonya’ya giderek Faculty of Material Technologies and Textile Design’da 6 ay öğrenim görmüştür. Lisans eğitiminin ardından 2011 yılında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünde yüksek lisansına başlamış ve 2012 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Tekstil Tasarımı Bölümü’ ne Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır.

Şu anda Gazi Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi Moda Tasarımı Anabilim dalında yüksek lisans yapmakta; Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

EKLER

Ek 1 Kumaşların Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları

Ek 1 Kumaşların Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları

Sample	Curve	Standard	Date	Time	Grade	Total Pills	Pill Area cm ²
B1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:41:21	4,2	13	0,38
B1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:41:49	4,1	19	0,08
B2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:45:07	4	20	0,08
B2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:45:31	4,4	13	0,03
B3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:46:38	3,8	27	0,18
B3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:47:01	4,3	14	0,03
B4	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:48:25	3,4	41	0,18
P	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:49:46	4,5	9	0,06
P	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:51:10	3,9	17	0,19
GS1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:53:58	3,7	33	0,08
GS1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:54:38	3,4	45	0,12
GR1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:55:23	5	0	0
GR1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:55:42	3,1	59	0,31
GF1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:56:29	4,5	10	0,01
GF1	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:56:57	4	23	0,06
GS2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:57:41	5	0	0
GS2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:58:31	4,1	19	0,1
GR2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:59:10	3,8	27	0,14
GR2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	15:59:40	3,8	29	0,09
GF2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:00:17	4,5	9	0,03
GF2	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:00:32	4,6	6	0,01
GS3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:01:13	4,3	14	0,05
GS3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:02:03	4,5	8	0,05
GS3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:02:52	3,8	28	0,09
GR3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:03:24	3,5	43	0,16
GR3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:03:38	4,1	18	0,06
GF3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:04:08	4,7	4	0,02
GF3	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:04:35	4,8	3	0,06
PS	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:05:10	5	0	0
PS	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:06:09	4	23	0,07
PS	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:06:37	4,7	5	0,02
PS	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:07:28	5	0	0
PR	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:07:52	3,6	34	0,14
PR	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:08:23	3,2	39	0,37
PF	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:08:46	4	13	0,19
PF	Pill PillGrade Standard	ISO 12945-2	20140630	16:09:03	4,3	11	0,03