



ELEKTROMANYETİK ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE BU KİRLİLİKTEN KORUNMADA TEKSTİL ÇÖZÜMLERİ

Gamze KILIÇ, Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Tekstil Müh. Böl., Müh. Fak., Erciyes Ü.
Ömer Galip SARAÇOĞLU,
Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Müh. Fak., Erciyes Ü.

ÖZET

Elektromanyetik çevre kirliliği 20. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren insanoğlunun yaşamının bir parçası haline gelmiştir. Teknolojideki ilerlemelerle birlikte, elektrik ve elektromanyetik enerji çok geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur. Günlük hayatımızda kullandığımız elektrikli ve elektronik aletler bir yandan hayatımızı kolaylaştırırken diğer yandan da çok önemli bir sorun olan elektromanyetik çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir. Günümüzde elektromanyetik çevre kirliliğini tanımlamak için “elektrosmog” isimli yeni bir kavram türetilmiştir. Değişen yaşam biçimi ve beraberinde ortaya çıkan yeni kavramlarla, insanların tekstil ürünlerinden beklentileri de değişmekte ve çeşitlenmektedir. Bu çalışmada elektromanyetik çevre kirliliği ve bu çevre kirliliğine karşı koruyucu özellikte özel tekstil ürünleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Elektrosmog, tekstil bariyerleri, iletken kumaşlar, Ekranlama etkinliği

ELECTROMAGNETIC POLLUTION AND TEXTILE BARRIERS FOR PROTECTION FROM ELECTROMAGNETIC POLLUTION

ABSTRACT

Electromagnetic pollution has become a part of human life since the first quarter of the 20th century. Electrical and electromagnetic energy has found wide application areas with the developments in technology. Although the electrical and electronic devices which we use in our daily life make our life easier, they create electromagnetic pollution problem which is really a serious problem. Nowadays, a definition called “electrosmog” is created to define electromagnetic pollution. The expectation from textile materials changes and varies with the changing life styles and the new concepts brought by the new life styles. In this paper, we presented information about electromagnetic pollution and specialty textile materials against electromagnetic pollution.

Keywords : Electrosmog, textile barriers, conductive fabrics, shielding effectiveness

1. GİRİŞ

Medeniyetin ilerlemesi ile elektrikli ve elektronik aletlerin günlük hayatımızdaki yeri ve önemi sürekli artmaktadır. Elektronik haberleşme ağları, radyo ve televizyon vericileri, uydu iletişim sistemleri, askeri hava savunma sistemleri, radarlar, otomobil ateşleme sistemleri, iş makineleri, evlerde kullanılan elektrikli ve elektronik cihazlar, tıbbi cihazlar, cep telefonları, baz istasyonları, bilgisayarlar ve tüm elektrik-elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar. Yaşamımızın her safhasına girmiş olan bu cihazların kullanımı hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte elektrosmog olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmektedir.

Değişen yaşam koşulları ile birlikte tüketicilerin tekstil ürünlerinden beklentileri de değişmektedir. Statik elektriklenmeyi önleyici, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte iletken kumaşlara olan talep giderek artmaktadır. Ayrıca farklı amaçlarla çeşitli elektronik devreleri ve optik kabloları yapısında ihtiva eden kumaşların kullanımının da giderek yaygınlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada elektromanyetik radyasyon, elektromanyetik radyasyonun etkileri, elektromanyetik radyasyondan korunma yolları ve korunmada kullanılan malzemeler özellikle tekstil ürünleri noktasında detaylandırılarak incelenecektir.

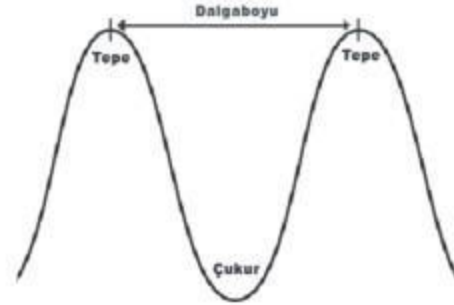
2. ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE ETKİLERİ

Elektromanyetik alan ya da dalga kuramı iki bağımsız değişken ile gösterilir. Bunlar elektrik alan (E) ve manyetik alan (H)' dir. E' nin birimi Volt/m ve H' in birimi Amper/m' dir [1]. Elektrik yüklerinin hareketinden doğan, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanına elektromanyetik alan denir. Elektromanyetik alan bir çubuk mıknatısın kuzey-güney kutbu gibi durağan (statik) olabileceği gibi, herhangi bir frekansla salınım da yapabilmektedir [2]. Duran elektrik yükleri etrafında durgun bir elektrik alan oluşurken, hareketli yükler etrafında hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Bu alanlar "dinamik elektromanyetik alanlar" ya da yaygın bilinen ifadesiyle "elektromanyetik dalgalar" şeklinde ifade edilirler.

Elektromanyetik dalgalar, çoğu durumda çeşitli işlerin yapılabilmesi için bilerek üretilmektedirler. Örneğin; radyo haberleşmesi ya da TV resimlerinin alıcıya ulaşması, elektromanyetik dalgalar sayesinde olmaktadır [3]. Bu cihazların yaydığı dalgaları kasıtlı EM radyasyon olarak sınıflandırabiliriz.

Her tür dalganın bir dalga boyu ve bir frekansı vardır. Sinüs ritmi şeklindeki dalga konvoyunda birbirini izleyen iki tepe noktası ya da iki çukur arasındaki uzaklık "dalga boyu" olarak tanımlanır ve lamda (λ) ile gösterilir [2].

Şekil-1'de dalga boyu şematize edilerek gösterilmiştir.



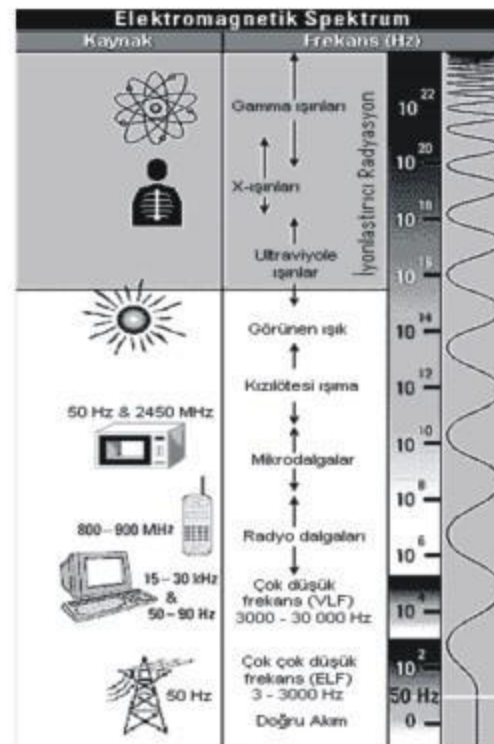
Şekil-1. Dalga Boyu

Elektromanyetik dalgaların özelliklerini belirleyen bir diğer önemli parametre ise frekans, yani saniyedeki dalga şeklindeki titreşim sayısıdır ve birimi Hz (1/s) ile gösterilir. Uzayda dalgaların yayılması ışık hızıyla ($c = 3 \times 10^8$ m/s) gerçekleşmektedir [1].

Dalganın yayılma hızı ile frekans arasında ilişki (1) denkleminde verilmiştir.

$$\text{Hız} = \text{Frekans} \times \text{Dalga Boyu} \quad (1)$$

Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna ve frekansına bağlı olarak sınıflandırıldıklarında bir spektrum meydana getirirler ve spektrumda tüm ışınlar temelde birbirlerinden dalga boyları veya frekansları ile ayırt edilirler. Şekil-2' de çeşitli elektromanyetik dalga kaynakları bir elektromanyetik spektrum ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil-2 Elektromanyetik Spektrumda Önemli Frekanslar [1]

Elektromanyetik spektrumda;
- 3Hz- 3kHz arası son derece düşük frekans bölgesi
- 3kHz - 30kHz arası çok düşük frekans bölgesi
- 10^{12} Hz' lere kadar olan bölge radyo dalgaları diye anılır.
- 10^{12} Hz' ler kızıl ötesi ışınma bölgesidir. Bütün nesnelere bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin vücudumuzdaki ışının yaklaşık % 60' ı kızıl ötesi ışınım ile dışarı atılır.
- Görünür ışık frekansları 10^{14} Hz' lerdir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup Mor ötesi, X ve Gama ışınları bu bölgededir [1].

Evlerdeki elektriksel tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan elektromanyetik alanlar 50 Hz civarında frekansa sahip olup, bu frekanslardaki alanlara dalga boyu çok uzun (ELF, Extremely Low Frequency-Aşırı derecede düşük frekans) alanlar denir. Uydu haberleşmeleri, cep telefonları, mikrodalga fırınları gibi alanlarda kullanılan alanlara da radyo frekansı alanları (RF, Radiofrequency) denir [2].

X-ışınları gibi kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalar, madde ile karşılaştıklarında, dalga olmaktan çok partikülmüş gibi tepki görür ve gösterirler. Gerçekte bu dalgalar enerji demetleri olup “kuantum” ya da “foton” adını alırlar [2]. Foton ışınma dalga enerjisini taşıyan bir parçacıktır [4]. Her bir foton tarafından taşınan enerji, bu radyasyonun frekansına bağlıdır [2].

Radyasyon sözcüğü, madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmaktadır [1, 2]. Nükleer (iyonlaştırıcı-iyonize) radyasyon; madde içerisinden geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle, ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştırıcı radyasyon türüdür. İyonize radyasyona örnek olarak, x ve gama-ışınları ile α , β ve nötron parçacıklarının yayılması, gösterilebilir [1, 5]. Elektromanyetik radyasyon için, nükleer radyasyondan farklılığını vurgulamak adına, noniyonize (iyonlaştırmayan) radyasyon ifadesi kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle elektromanyetik dalgaların, madde ile etkileşmesinde moleküler seviyede kimyasal bağları koparacak miktarda enerjileri yoktur. Sabit telekomünikasyon cihazları olan baz istasyonları, radyo ve televizyon vericileri ile elektrik iletim hatları, trafo merkezleri ve elektrikli ev aletlerinden (mikrodalga fırınlar, traş makinesi, saç kurutma makinesi v.b.) kaynaklanan radyasyon, elektromanyetik radyasyon grubunda yer almaktadır [5].

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 (10 kHz - 300 GHz) elektromanyetik alanlara maruz kaldığında, elektrik alanları, organizmadaki iyon gibi yüklü parçacıklar üzerinde bir kuvvet uygular ve onların hareket etmelerini sağlar. Elektrik akımının akması anlamına gelen bu harekete karşı gösterilen direnç ısı oluşumuna neden olmaktadır. Isı organizma içerisinde oluştuğu için, örneğin söz konusu organizma insan vücudu olduğunda, ısı algılayıcısı olan deri tarafından algılanması mümkün olamayacak ve vücut sıcaklığı kontrol sistemi olumsuz etkilenecektir. Bu ısı etki nedeniyle insan vücuduna etki eden sürekli ve yüksek oranda elektromanyetik dalga, DNA ve RNA'nın hücre yenilemesini engellemektedir. Ayrıca aşırı oranda elektromanyetik dalgalara maruz kalındığında, vücutta kanserli hücrelerin oluşumuna neden olabilecek kimyasal değişimler oluşmaktadır [6]. Bu zararlı etkileri azaltmak için elektromanyetik ışınımın belirli bir değerde olmasını öngören standartlar geliştirilmiştir [5]. Durgun veya düşük frekanslı elektromanyetik alanlar (0 Hz- 10 kHz) ise, radyo frekanslı alanlardan farklı olarak insan bedeni üzerinde saç telinin havalanması gibi yüzeysel etkilere neden olmaktadır.

Elektromanyetik enerji canlı bir dokuya geldiğinde, dokunun elektriksel özelliklerine bağlı olarak yutulur. Elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızı “Özgül Soğurma Oranı” (Specific Absorption Rate-SAR) olarak adlandırılır ve birimi W/kg'dır. SAR değeri dokudan dokuya değiştiği gibi, doku içerisinde de noktadan noktaya (farklı noktalara farklı elektromanyetik enerji nüfuz edebileceğinden) değişir [1]. SAR, gelen dalganın frekansına, geliş açısına, canlı dokunun su muhtevasına ve biyolojik malzemenin elektriksel özelliklerine bağlıdır [2]. İnsan sağlığı açısından zararlı olabilecek sınırlamaları belirlemek için “temel limitler” ve “türetilmiş limitler” tanımlanmaktadır. İnsan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4 W güç soğurulması gerekmektedir [5]. Standartlarda temel limit olarak 4 W/kg değeri kabul edilmiştir. Mesleki maruziyet için 10 kat, halk maruziyeti için 50 kat güvenlik payları esas alınarak temel limitler sırasıyla 0,4 W/kg SAR ve 0,08 W/kg SAR olarak belirlenmiştir. Bu değerler tüm vücut için 6 dakikalık maruziyet süresinde verilen SAR değeridir [7].

Elektromanyetik dalgaların ortam içinde ne oranda buldukları elektrikli cihazların uygun biçimde çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Elektrikli cihazların çalıştığı ortamlarda elektrik ve manyetik alan şiddetlerinin belli bir değerin üzerine çıkması istenmez [2]. Elektrik/ elektronik cihazlardan yayılacak olan elektromanyetik alanın şiddetinin değerleri belirlenirken, sadece cihazların hatasız çalışabilmeleri ve çalışırken de

başka cihazların performansını düşürmemeleri istenir. Bu konu Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility- EMC) olarak adlandırılır. EMC mühendisliği girişim kaynağının etkilerini en aza indirmek, girişimden etkilenen cihazın alınganlığını gidermek ya da girişim yolunu ortadan kaldırmak konuları ile ilgilenmektedir [1].

3. ELEKTROMANYETİK ALANLARDAN KORUNMA

Elektromanyetik alanlar frekansa bağlı olarak farklı davranırlar da; genellikle kendilerini oluşturan kaynaktan uzaklaştıkça şiddetlerinde hızlı azalma görülür [2]. Elektromanyetik alan yayan kaynağa olan uzaklığın, elektromanyetik alanın serbest uzaydaki dalga boyunun yaklaşık 1/6'sına kadar olan bölüm yakın-alan, bu değerden daha uzak olan bölümler ise uzak-alan olarak tanımlanmaktadır. Yakın-alanda elektrik alan ile manyetik alanın maksimum ve minimum değerleri ilerleme yönünde aynı noktada oluşmazlar. Bu nedenle bu bölgede elektromanyetik alanın yapısı oldukça karmaşıktır. Uzak-alan bölgesinde ise düzlem dalga modeli kabul görmüştür. Bu modele göre, elektrik alan ve manyetik alan vektörleri birbirlerine ve dalganın ilerleme yönüne diktirler [4]. Elektromanyetik radyasyondan korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik radyasyon kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir.

3.1. Ekranlama

Elektromanyetik radyasyondan korunmada başlıca yöntemlerinden birisi ekranlamadır. Ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik anlamda izole etmek olarak tanımlanabilir [1, 8]. Bilgisayar ve telekomünikasyon teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve geniş uygulama alanları, elektromanyetik radyasyona karşı, özellikle radyo ve mikro dalga frekans aralığında ekranlamaya olan ilgiyi artırmıştır [9].

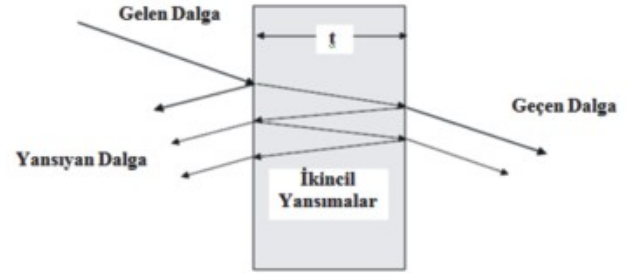
EMC problemlerinde iki tip girişim söz konusudur. Bunlar elektrik dipolü ve manyetik dipolü olarak davranan kaynaklardır. Elektrik dipolü yakınında güçlü elektrik alan, manyetik dipolü yakınında ise güçlü manyetik alan oluşur [1, 8]. Ekranlama yapısını tasarlamadan önce, elektrik, manyetik ya da her ikisine de ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesi gereklidir [8].

Manyetik ekranlama pratikte düşük frekanslarda ($f < 30$ MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artar. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca

düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir [8].

Elektriksel alan ekranlama pratikte yüksek frekanslarda ($f > 30$ MHz) önemlidir. Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır). Delikler ve açıklıklar frekansa bağımlı olarak önemlidir. Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar ekranlamayı etkiler [8].

Elektromanyetik alan bir cismin içinden geçtiğinde, cisimle etkileşime girdiğinde alanın gücünün nasıl azaldığını belirleyen üç olay vardır; absorpsiyon ile zayıflama, yansımaya bağlı zayıflama ve çoklu yansımaya bağlı zayıflama (ikincil yansıma kayıpları). Çoklu yansımaya bağlı zayıflamalar genellikle ihmal edilmektedir [10]. Şekil-3' de kalınlığı "t" olan kayıplı bir duvarda ekranlama için mekanizma gösterilmiştir [1,8].



Şekil-3 Kalınlığı t Olan Duvarın Ekranlama Etkinliği

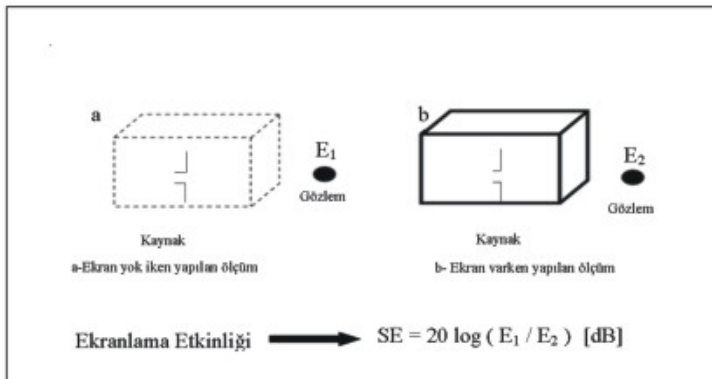
Bir elektromanyetik dalga bir cismin yüzeyine çarptığında, cisimdeki yükleri kendisi ile aynı frekansta salınım yapmaya zorlar. Bu zorlanmış salınım yapan yük bir anten gibi davranır ve mevcut dalgayı geri yansıtarak yansımaya neden olur [4, 10, 11]. Bir başka ifade ile, dalganın uzaydaki empedansı ekrandaki empedansından farklı olduğunda elektromanyetik ekrandan yansıma olur. Bu ekranın kalınlığından bağımsız ve materyalin iletkenliğinin, manyetik geçirgenliğinin ve frekansın bir fonksiyonudur. Dalga empedansı manyetik alanlar (düşük empedans) ve elektrik alanlar (yüksek empedans) için farklı olduğundan her dalga tipi için ekrandaki yansıma farklı karakteristikler gösterir. Metaller gibi elektrik iletken materyaller elektromanyetik alanların ekranın içine işlenmesini önleyecek şekilde yansıtır [10]. Yansıma, ekran özellikli malzemenin hem dış yüzeyinde, hem de iç kısmında gerçekleşmektedir. Ayrıca mevcut elektrik alan etkisi ile kutuplaşan zıt yükler, ters yönlü bir elektrik alan oluştururlar ki bu da elektromanyetik dalganın elektrik alan bileşenini zayıflatır [4, 10, 11].

Elektromanyetik dalgaların tamamı geri yansıtılmayıp bir kısmı bariyeri geçerek ölçülen sinyali oluşturur. Bu

bariyerin etkisi ile elektromanyetik alan birçok yönde yayılarak saçılır. Elektromanyetik dalganın bir kısmı titreşime zorlandığından enerji ısı formunda kaybedilir. Bu şekildeki elektromanyetik enerji kaybı absorpsiyon nedeni ile azalma şeklinde tanımlanabilir. Elektromanyetik ekrandaki absorpsiyon elektromanyetik enerjiyi termal enerjiye çevirir. Elektromanyetik soğurucu ekranlar istenmeyen elektromanyetik dalgaları zayıflatır ve böylece elektromanyetik girişimi (Electromagnetic Interference, EMI) çözer. Absorpsiyon kaybı alanın dalga empedansına bağlı değildir ve bundan dolayı yakın veya uzak alan şartları ile de ilgili değildir [10].

Metalik yüzeye çarpan bir elektromanyetik dalganın bir kısmı geri yansıtılırken diğer kısmı da ortamdan geçtiği esnada iletilir ve zayıflar. Bu kayıpların (yansıma ve absorpsiyon) kombine efekti ekranın etkinliğini (Shielding effectiveness-SE) belirler. Ekranlama etkinliği frekansla, ekran geometrisiyle, ekranın içerisindeki yerleşimle, zayıflatılan alan tipiyle, çarpma yönüyle ilişkilidir [10].

SE ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. SE, kaynak ile gözlem noktası arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır [8]. Bu durum Şekil-4'de gösterilmiştir.



Şekil-4 Ekranlama Etkinliğinin Tanımı [8]

Ekranlama etkinliği hesaplanırken (2) ve (3) denklemleri kullanılabilir [4, 10].

$$SE = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

$$SE = 20 \log \frac{E_1}{E_2} \quad (3)$$

P_1 = Ekran olmadan alınan güç (watt)

P_2 = Ekran varlığında alınan güç (watt)

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

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

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

SE değeri ekranlama etkinliğini gösteren logaritmik bir değerdir. Elektrik alanın yüzdesel olarak ne kadar zayıfladığını göstermek için ise % Azalma kullanılır.

% Azalma, (4) denklemine göre hesaplanabilir.

$$\% \text{ Azalma} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 \quad (4)$$

(4) denkleminde $\frac{E_2}{E_1}$ yerine (3) denkleminde elde edilecek değer yazılırsa % Azalmanın SE cinsinden değeri (5) denklemindeki gibi bulunur.

$$\% \text{ Azalma} = (1 - 10^{-SE/20}) \times 100 \quad (5)$$

Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için Tablo-1'de SE ve % Azalma değerleri belirtilmiştir.

Tablo-1 Tipik SE ve % Azalma Değerleri

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

Tablo-1'den görüldüğü gibi genel olarak 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 [1, 8].

Pratikte ekranlamada aşağıdaki noktalar önemlidir:

- Ekranlama elektrik alanın düşük frekanslarda yansıtılması, yüksek frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Ekranlama manyetik alanın düşük frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Yüksek iletkenlik, yansıma ve yutulmayı pozitif yönde etkiler.

- Yüksek manyetik geçirgenlik yüksek yutulmaya neden olurken, düşük yansıma oluşturur.
- Çok düşük frekanslı manyetik kaynakların ekranlanacağı hallerde yüksek manyetik geçirgenlikli malzemeler kullanılır.
- Ekran kalınlığı arttıkça yutulma artar.
- Manyetik alan için kalın ekranlara ihtiyaç duyulurken elektrik alan için ince yapılar (folyo kalınlığında) kullanılabilir.
- Kaynak ile ekran arasındaki uzaklık yansıma özelliklerini değiştirir.
- Elektrik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana yakın, manyetik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana uzak yerleştirilmelidir [1,8]

3.2. Faraday Kafesi

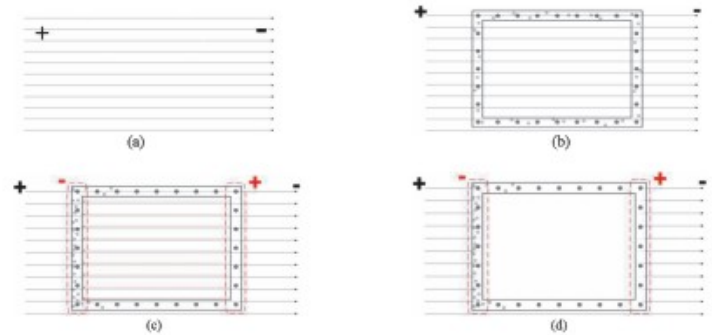
Faraday kafesi; yüksek frekanslı gerilimlerin, elektromanyetik parazitlerin ve her türlü elektriksel gürültünün dışarıdan içeriye aynı şekilde içerden dışarıya geçmesini engelleyen, iyi bir iletkenlik özelliğine sahip topraklanmış bir çeşit zırhır [12]. İletken teller ile ağ biçiminde kaplanmış ve topraklanmış her kafesle bu koruma gerçekleştirilebilir. Ağ gözü sıklığı ve topraklama kalitesi korumayı artırır. Daha dar ağ gözleri ile daha yüksek frekans elektromanyetik dalgalara karşı geçirmezlik sağlanabilir. Geniş ağ gözleri ise düşük frekanslı (daha uzun dalga boyulu) radyo dalgalarına karşı geçirmezlik sağlamaktadır [13, 14].

3.2.1. Faraday Kafesi Çalışma Prensibi

Faraday kafesi ideal olarak; topraklanmış, örneğin içi boş metal bir küre gibi kapalı bir iletken yüzeyden oluşur (Şekil-5). Ancak iletken yüzey sürekli olmak yerine, kafes şeklinde de imal edilebilir. Bu durumda kafes aralıklarından bir miktar elektrik alanı içeriye sızacak, fakat aralıklar yeterince küçükse bu bir sorun oluşturmayacaktır. Öte yandan geometrinin küre olması şart değildir. Kapalı herhangi bir yüzey, kafes görevini yerine getirebilir [13,14].

İletken malzemeleri oluşturan atomların en dış yörüngelerindeki değerlik elektronları, atomlarından kolayca ayrılarak hareket etme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla; elektrik alanı (Şekil-5a '+dan -'ye doğru giden bir elektrik alan ele alalım) içerisine kapalı bir yüzeye sahip olan iletken bir cisim yerleştirildiğinde (Şekil-5b) bu elektronlar, iletkenin içerisindeki elektrik alanı sıfırlanmaya kadar hareket eder ve "yeniden dağılıma" uğrarlar (Şekil-5c, Şekil-5d). Elektrik alanın sıfırlanmasıyla birlikte, hareket etmelerinin gerekçesi ortadan kalkmış olur. Faraday kafesi bu ilkeye göre çalışır ve içindeki nesnelere dış elektrik alanlara karşı korur [13,

14]. Şekil-5 Faraday Kafesinin çalışma prensibini açıklamaktadır [15].



Şekil-5 Faraday Kafesinin Çalışma Prensibi

Faraday kafesinin genel kullanım alanları arasında; yıldırımın etkilerinden korunmak, elektronik test-ölçüm laboratuvarlarından doğru sonuçlar elde etmek, elektromanyetik dinleme için güvenlik sistemleri (cephanelikler, gizli bilgilerin dışarıya çıkmasından endişelenilen durumlarda) sayılabilir [12].

3 ELEKTROMANYETİK ALANLARDAN KORUNMADAKULLANILAN MALZEMELER

Ekranlama amacıyla kullanılacak malzeme; iyi elektrik iletkenliğine sahip olmalı (dalgaların malzemeye nüfuzunu minimize etmek için) ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır (manyetik enerjiyi ısıya çevirmek için) [7].

Yüksek elektrik iletkenliğine sahip malzemeler yüksek frekans aralığında (>300MHz) elektromanyetik ekran olarak davranabilirler. Pratikte, iyi iletkenler elektrik bileşeni E ve manyetik bileşeni H' yi eşit olarak azaltırlar. Frekansın 30 MHz' den düşük olduğu durumlarda manyetik bileşen H' nin azaltılması çok zordur ve sadece ferro-manyetik malzemelerle mümkündür [16]. Bu yüzden elektriksel ekranlama için mükemmel iletken duvarlar kullanılırken, manyetik ekranlama ferro-manyetik malzemelerden oluşan filtrelerle sağlanır [9]. Bazı uygulamalarda, sadece elektrik bileşeni E' nin azaltılması yeterlidir [16]. Alüminyum folyodan oluşan ince metal perdeler bile bazen yeterli elektriksel ekranlama sağlayabilir [8].

Elektromanyetik radyasyona karşı elektriksel olarak iletken tekstiller de iyi ekranlama malzemesi olarak kullanılabilirler. Tekstil bariyerleri, esnekliklerine, hafifliklerine, dayanıklılıklarına, kolay bakım ve iyi dikilebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Bu özellikler, elektrosмога karşı potansiyel uygulama alanlarını, iç giyimden (pijama, gecelik), ev tekstilleri, çarşaf, battaniye, perde, duvar kâğıdı, spor kıyafetleri ve çeşitli iş ve koruyucu giysilere kadar genişletmektedir.

Tekstil ürünlerine elektriksel olarak iletken özellik kazandırmak için uygulanan yöntemleri genel olarak 3'e ayırmak mümkündür:

- Elektriksel olarak iletken polimerlerin kullanımı
- Elektriksel iletkenlik kazandıracak kaplama tekniklerinin uygulanması
- Elektriksel olarak iletken ipliklerin kullanımı.

4.1. Klasik Malzemeler

Elektromanyetik ekranlamada kullanılan klasik malzemeler; metal levha, metal ağ, metal köpüğü olarak sıralanabilir. Ekrandaki ya da ağdaki delikler dışarıda tutulan radyasyonun dalga boyundan kayda değer şekilde küçük olmalıdır, aksi takdirde muhafaza etkin bir koruma sağlayamaz [17]. Bu tip malzemeler; radyo dalgaları, görünür ışık, elektromanyetik ve elektrostatik alanların etkisini azaltmaktadır. Bu azalmadaki miktar:

- Kullanılan malzemeye,
- Ekranı oluşturan parçaların birleştirilme sekline,
- Elektromanyetik dalganın frekansına, bağlıdır [4, 17].

4.2. Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler

Birbirlerinin zayıf yönlerini dengeleyerek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denilmektedir [18].

Kompozit malzemelerin kullanımı metallere göre sağladıkları üstün özellikler nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu, bu malzemelerin hafif konstrüksiyonlarda kullanımında büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında, lif takviyeli kompozit malzemelerin korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları da ilgili kullanım alanları için bir üstünlük sağlamaktadır [19].

EMI' ya karşı ekranlamada kompozitlerin kullanımı da oldukça yaygındır. Bu tarz kompozitlerin üretiminde sıkça kullanılan iki metot; plastik yüzeyini iletken bir malzeme ile kaplamak ve polimeri iletken bir dolgu malzemesi ile birleştirmek şeklinde belirtilebilir [4].

Özellikle plastik muhafazaya sahip elektronik aletlerde, muhafazanın iç yüzeyini metalik mürekkep veya benzer malzeme ile kaplamak, yaygın olarak kullanılan bir ekranlama metodudur. Mürekkep uygun bir metal (tipik olarak bakır veya nikel) ile yüklenmiş çok küçük partiküller halindeki taşıyıcı materyalden oluşur. Bu mürekkep muhafazaya püskürtülür ve kuruduktan sonra, sürekli iletken bir metal tabaka oluşturarak etkin bir

ekranlama sağlar [17].

İletken dolgu malzemesi kullanımında, dolgu malzemesi olarak iletken liflerin kullanımı; iletkenliği sağlamakla kalmayıp oluşan kompozit yapının dayanımını da arttırmaktadır [4]. Chiang ve Cheng tarafından yapılan bir çalışmada, iletken plastik, çift vidalı ekstruderde iletken karbon lifinin akrilonitril-bütadien-sitren (ABS) ile birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu çalışmada farklı proses şartlarında üretilen plastik malzemeler için elde edilebilen en iyi ekranlama değeri 30 desibel (dB) bulunmuştur [19]. ABS reçineleri, iyi fiziksel özellikleri ve diğer mühendislik polimerlerinden oldukça düşük maliyetleri nedeniyle, elektronik ev cihazlarında, iletken kompozitlerin bir matrisi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [4]. İletken karbon lifinin eldesinin kolay olması ve diğer metal liflerden ucuz olması, ekranlama amacıyla üretilen kompozit malzemelerde karbon lifinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Kompozit malzemedeki karbon lif içeriği ve lif uzunluğunun, EMI önlemede iki önemli faktör olduğu da belirtilmiştir [4].

Yang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada paslanmaz çelik lifler ve nikel kaplı grafit lifler ile doldurulmuş, enjeksiyonla şekil verilmiş ABS disklerin EMI ve SE değerlerini araştırmıştır. Çalışmada; aynı şartlarda (lif uzunluğu ve ağırlık yüzdesi olarak), paslanmaz çelik lif doldurulmuş disklerin, nikel kaplı grafit lif doldurulmuş disklere göre SE değerlerinin daha iyi olduğu ortaya konulmuştur [21].

Günümüzde nano karbon lifi ve karbon nanotüp uygulamaları da artmıştır. Düşük miktarlarda karbon nanotüp uygulandığında bile yüksek iletkenlikler elde edilmiştir. Örneğin; kütlece % 3 çok duvarlı karbon nanotüp dolgu polikarbonat ürünler % 15 karbon lif dolgu ürün ile aynı iletkenlik değerini göstermektedir. Tek duvarlı karbon nanotüplerde ise aynı iletkenliğe kütlece % 1' in altında ulaşmak mümkündür. Dolgunun homojen dağılımı da elektromanyetik ekranlama açısından son derece önemlidir [4].

Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin art arda dizilmesiyle oluşan uzun zincirli yapılardır. Bu yapılar naylon poşetlerden, araba lastiklerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Polimerlerin elektronik parçaların iç kısımlarında kullanımına sık rastlanmaktadır. Bu tip uygulamalarda tasarımcılar, yükü dağıtan ve elektromanyetik enerjiyi ekranlayan termoplastik malzemelere ihtiyaç duymaktadırlar [22]. 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 birçok çalışma yapılmıştır. Üretim yöntemleri iletken elemanlarla termoplastik yüzeylerin kaplanması veya karıştırılması şeklindedir [23].

İletken polimerler, 1979'lu yıllardan beri bilinen ve uygulamaları olan malzemelerdir. Bu malzemeler, askeri amaçlarla, sağlık bilimleri, elektronik, bilgisayar teknolojisi gibi pek çok alanda kullanım alanı bulmuşlardır. 1979'da polipinolen malzemenin, elektrolitik yöntemlerle elektrod üzerinde üretildiğinde kendiliğinden iletken hale geldiği saptanmıştır. Bir süre sonra da pirol ve tiyofen adı verilen malzemelerin türevlerinden iletken maddelerin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu polimerler, bazı özel uygulamalar için, örneğin, iletken polimerler, çok düşük akımlar üretmeleri ve çok uzun ömürlü olmaları nedeniyle kalp pillerinde elektrod olarak kullanılmışlardır. Bu malzemelerin elektromanyetik ekranlamada da kullanılabilmesi anlaşılmıştır. Radyo frekansı ya da kızılötesi dalgalar gibi gönderilen bütün radyasyonu emdikleri için bu polimerler radar dalgalarına karşı görünmez cihazların yapımında kullanılmışlardır [24].

Lee ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; Polianilin ile gümüş, grafit ve siyah karbon gibi iletken tozların karışımlarının EMI ve SE değerleri, ASTM D4935-89 tekniği ile 10 MHz – 1 GHz frekans aralığında ölçülmüştür. Polianilin, polipiyrol ve poliasetilenin, bakıra kıyasla yüksek ekranlama verimliliği gösterdiğini belirtmişlerdir [4, 25]. İletken polimerler; yüksek özgül dayanım, sertlik ve film formuna dönüştürme avantajları nedeniyle giderek daha fazla önem arz etmektedirler. Ancak bu polimerler oldukça pahalıdır. Olası "plastik metal" malzemeler; antistatik kaplamalar, EMI koruma ve düşük gramaj, esneklik ve yüksek iletkenliğin gerekli olduğu; tekstil, elektronik, haberleşme, savunma sanayi ve diğer alanlarda kullanılabilir [4].

4.2. Elektro-İletken Boyalar

Elektro-iletken boyalar, nikel, bakır, gümüş veya grafit tozu gibi elektriksel olarak iletken dolgu maddesi ile karıştırılmış akrilik, akrilik-üretan ve üretan reçine gibi yapıştırıcılardan oluşan katı madde içeriğine sahiptir. Elektro-iletken boyanın ekranlama kapasitesi, boyanın kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle fonksiyonel amaçlar için boyayı kalın ve uniform uygulamak önemlidir [26]. Bu boyalar doğru şekilde uygulandığında elektromanyetik alanlara karşı etkin bir ekranlama sağlamaktadırlar.

Şekil-6'da ekranlama amacıyla kullanılan koruma boyalarının örnek bir uygulaması görülmektedir. Örnekte boyanın uygulama amacı konut yakınında bulunan cep

telefonu baz istasyonunun yaydığı radyasyona karşı koruma sağlamaktır. Boya uygulamasından önce radyasyon seviyesi/güç değişim yoğunluğu (power flux density) $150 \mu\text{W}/\text{m}^2$ okunmaktadır. Ancak bu değer koruma boyası uygulamasından sonra $0.08 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 'ye düşmüştür [27].



Şekil-6 Ekranlama Amacı ile Kullanılan Koruma Boyası Uygulaması

4.3. İletken İplikler ve Kumaşlar

Sınırlı mekanik esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu klasik ekranlama malzemelerinin dezavantajlarıdır. Klasik ekranlama malzemelerinin bu dezavantajlarından dolayı ekranlamada daha hafif, esnek ve nispeten de daha düşük maliyetli tekstiller tercih edilmektedir.

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

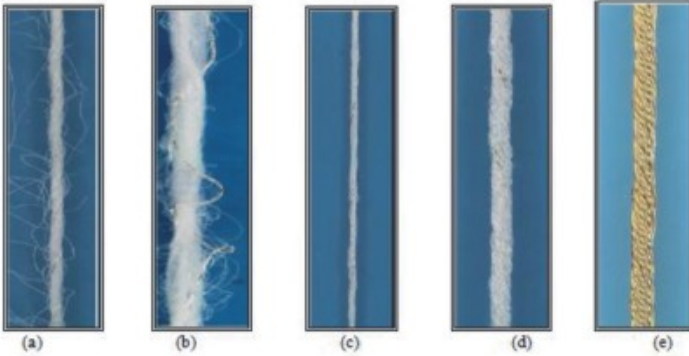
İletken iplikleri de dört temel grup altında incelemek mümkündür:

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

%100 metalin sürekli halde çıplak olarak kumaş üretiminde kullanımı üretim ve kullanım esnasında çeşitli problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden

metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iletken iplik kullanımı tercih edilmektedir. Tekstilde iletken iplik üretiminde yaygın olarak paslanmaz çelik, gümüş ve bakır gibi metaller ve iletken sentetik iplikler kullanılmaktadır. Metaller kullanılarak üretilen iletken ipliğin iletkenlik derecesi, kullanılan metalin iletkenlik derecesine ve metalin iplikteki oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan metaller arasında iletkenlik derecesi en yüksek olan metal bakırdır.

Kesik elyaf / kontinü metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen metal iplikler farklı üretim yöntemleri ile elde edilebilirler. Şekil-7' de farklı yöntemlerle elde edilmiş gümüş kaplı bakır tel içerikli metal iplik örnekleri ve %100 gümüş kaplı bakır tel örneği görülmektedir [23].



Şekil-7 Gümüş Kaplı Bakır Tel İçerikli Metal İplik Örnekleri

- a- Özlü iplik / PES-Kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %80 PES/%20 metal
- b- Hava jeti tekstüre / PES-Kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %80 PES/%20 metal
- c- Bükülmüş PES-Kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %42 PES/%58 metal
- d- Bükülmüş PES - gümüş kaplı bakır tel %75 PES/%25 metal
- e- Gümüş kaplı bakır tel %100 metal

Literatürde, iletken ipliklerle ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Lou, çalışmasında modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde elastan yerine bakır ve paslanmaz çelik tel kullanmıştır. Lou, merkezde kullanılan metal tipinin, besleme pozisyonunun, fitil tipinin, büküm seviyesinin ve üretilen iplik numarasının üretilen core-spun ipliklerin tüylülük ve mukavemet özelliklerini ne şekilde etkilediğini incelemiştir [28]. İletken kompozit core spun iplik; anti-elektrostatik ve elektromanyetik radyasyona karşı ekranlama özelliğine sahip örme ve dokuma kumaşların üretiminde kullanılabilir.

Başka bir çalışmada Cheng ve arkadaşları, açık-uç

friksiyon iplik eğirme tekniği ile çalışan DREF III model makinede merkezinde paslanmaz çelik tel, örtü lifi olarak ise paslanmaz çelik, kevlar ve viskon kesik elyafının kullanıldığı iplikler üretmişlerdir. Ardından bu iplikleri, farklı konstrüksiyonlardaki dokuma kumaşların üretiminde kullanmışlardır. Üretilen kumaşlara uygulanan testlerle, kumaşların, elektriksel olarak iletkenliği ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikleri araştırılmıştır [29].

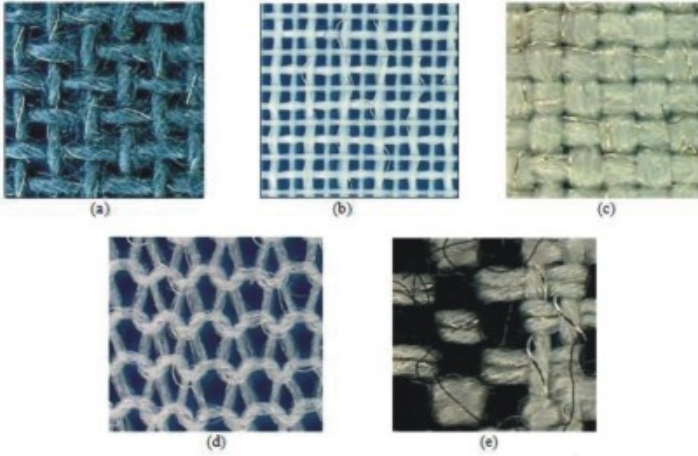
Chen ve arkadaşları kaplama metodu ile ürettikleri, merkezde bakır, sargı lifi olarak da paslanmaz çelik içeren kompozit iplikleri, dokuma ve örme tekniklerinin bir arada kullanıldığı bir sistemle kumaş haline getirmişlerdir. Ardından bu kumaşları, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte kompozit malzeme üretiminde güçlendirici eleman olarak kullanmışlardır [30].

Ueng ve Cheng, açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile kompozit iplikler üretmişlerdir. Ardından bu ipliklerden mamul iletken dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama ve elektrostatik deşarj özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliği ile elektrostatik deşarj özelliğinin, kumaşın konstrüksiyonuna, sıklıklarına ve yapısındaki iletken madde oranına göre değiştiğini belirtmişlerdir [31].

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak amacı ile iletken ipliklerden üretilen dokuma ve örme kumaşlar kullanılabilir. Tekstil yüzeylerinin elektromanyetik ekranlama özelliği göstermesi için sürekli bir iletken yüzey elde edilmesi gerekli değildir. Özünde iletken bir tel (paslanmaz çelik, bakır) ihtiva eden özlü ipliklerden oluşturulan yüzeyler, atkı boyunca ve/veya çözgü boyunca iletkenlik sağlarken, ekranlama etkisi de sağlamaktadırlar. Bu iplikler kullanılarak oluşturulan örme veya dokuma yüzeylerinin ekranlama verimliliğinin atkı ve çözgü sıklığı artışı ile de arttığı belirlenmiştir [4].

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak için kumaşlar etek, ceket astarlığı, perde, cibinlik, iç giyim, koruma çantası, çadır gibi farklı uygulamalar için üretilebilmektedir. Şekil-8'de elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan ve farklı uygulama alanlarında kullanılan kumaş örnekleri görülmektedir. Şekil 8-a-b-c'deki kumaş örneklerinin üçünde de atkı ve çözgü yönünde cm' de 18 adet 0,02 mm. çapında bakır kaplı mono filament gümüş renkli karışım iplikler bulunmaktadır. Özdeş metal yoğunluğuna göre tüm kumaşlar aynı ekranlama özelliğine sahiptir. Kullanılan metalik ipliklerin kalınlıkları ekranlama etkinliğini değiştirmemektedir. Sadece atkı ve çözgü yönündeki

metal iplikler arasındaki mesafe önemli bir faktördür. Sadece atkı ve çözgü yönünde eşit mesafede mono filamentler içeren kumaşlarla yeterli SE değeri sağlanabilmektedir [32].



Şekil-8 Elektromanyetik Alanlara Karşı Ekranlama Özelliği Olan Kumaş Örnekleri

- a- Astarlık kumaş pamuk / gümüş kaplı özde bakır filament
- b- Perde Kumaşı, PES filament iplik/gümüş kaplı bakır filament (büküm) ve PES mono filament
- c- Çadır Kumaşı PES / gümüş kaplı bakır filament (hava jeti)
- d- Süprem Kumaş %46 PES tekstüre iplik, %54 gümüş kaplı bakır iplik
- e- Otomobil için üretilen iletken kumaşlar %93 PES, %7 gümüş kaplı bakır iplik

Elektromanyetik radyasyondan korunma için üretilen tekstil yüzeylerini, kullanım alanlarına göre de iki temel grup altında incelemek mümkündür. Bunlar:

1. Sağlık alanında kullanılan tekstil yüzeyleri
2. Endüstri ve savunma sistemlerinde kullanılan tekstil yüzeyleri

Şekil-9' da elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaşların kullanım alanlarına çeşitli örnekler görülmektedir.



a- Koruyucu cibinlik



c-Koruyucu giysi



b-Koruyucu yatak, yorgan, yastık

Şekil-9 Elektromanyetik Radyasyondan Koruyucu Tekstil Ürünlerinin Çeşitli Kullanım Alanları

Belirli kimyasal bileşenler (örneğin dördüncül amino tuzlar, yağ asitlerinin modifiye esterleri, poliglikol türevleri ve fosforik asit esterleri) içeren anti-elektrostatik terbiye işlemleri de tekstil ürünlerinin elektro-iletkenliklerini artırmanın geleneksel yöntemlerindedir. Ancak, elyaf yüzeyinde birikinti yapmaya dayanan bu metotlar, ürünün kullanımı esnasında düşük yıkama ve sürtünme dayanımlarından dolayı istikrarlı bir iyileştirme etkisini garanti etmezler. [33].

Elektriksel iletken veya elektromanyetik ekranlama özelliği göstermeyen konvansiyonel tekstil yüzeyleri (dokuma, örme, dokusuz yüzey) bazı metotlarla metalize de edilebilmekte ve bu şekilde elektromanyetik ekranlama özelliği kazandırılmaktadır. Bu metotları dört ana gruba ayırabiliriz:

1. Yüzeylerin doğrudan kaplanması: Tekstil yüzeyine, içerisinde iletken katkı maddeleri bulunan bir çözeltiyi köpükle kaplama yöntemiyle uygulamak veya iletken bir folyonun yüzeye uygulanması ile sağlanmaktadır. Kaplamadaki en önemli sorun ise; kumaşın lifleri arasında bir köprü oluşturan kaplamanın harekete maruz kaldığında kırılmalar göstermesidir [4].

2. Kimyasal polimerizasyon metodu: İletken bir polimerin ve çeşitli katkı maddelerinin kumaş yüzeyi üzerinde sentezlenmesi ile iletken yüzey oluşturulmaktadır [4].

3. Vakum kaplama metodu: Vakumlu ortamda metallerin buharlaştırılarak, metal atomlarının kaplanacak ürünün yüzeyinde yoğunlaşması ile elde edilen kaplama işlemidir. Homojen bir dağılım elde etmek ve solüsyon özelliklerini değiştirerek prosesi kontrol altında tutmak mümkündür [4].

4. İyon implantasyon metodu: İyon implantasyonu yüksek vakum içerisindeki metal iyonların bir ışın yoluyla katı içine doğru gömülmesi ve böylece katının yüzeye yakın

yakın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin modifiye edilmesi prosesidir. İyonlar malzemede yavaşladıkça, iyon enerjisine, iyonun gelme açısına ve alt tabaka bileşimine bağlı olarak, birkaç nanometre'den birkaç mikrometre'ye kadar değişen aralıktaki derinliklerde dağılırlar [34]. Bu şekilde tekstil yüzeylerinin elektriksel iletkenlik, optik, mekanik, anti bakteriyel vb. özellikleri modifiye edilebilmektedir. İyon implantasyonu, bir ya da daha çok elemente ait yüksek enerjili iyon ışınlarının, katının yüzeyine girişine izin veren bir prostestir. Diğer yüzey işlemlerindeki gibi, iyon implantasyonu ara yüzey oluşturmaz. Başka bir deyişle, bir kaplama değildir [4].

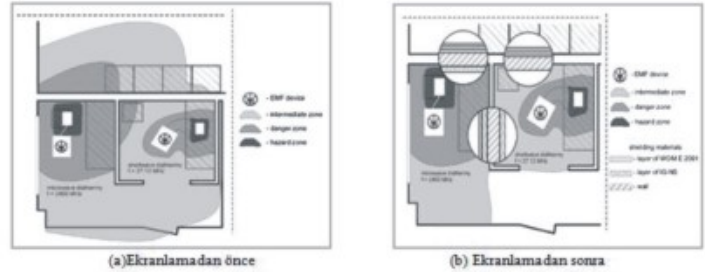
Literatürde iletken tekstil yüzeyleri ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Cheng ve arkadaşları çalışmalarında özlü iplik kullanarak, değişik örgü ve değişik sıklıklarda oluşturdukları dokuma kumaş yapılarında 30 MHz – 3000 MHz frekans aralığında, 30-50 dB koruma verimliliği değerlerini belirlemişlerdir [4].

Aniołczyk ve arkadaşları, çalışmalarında elektrik iletken tekstilleri elektromanyetik ekranlama malzemesi olarak pratikte kısa-dalga ve mikrodalga diyaterminin (elektrik akımıyla vücut dokularına ısı verme) kullanıldığı fizyoterapi için uygulamışlardır. Fizyoterapide kullanılan belirli cihazların bulunduğu ortamda, fizyoterapistlerin işyerlerinde elektromanyetik alan bulunur. Bu işyerlerinde elektromanyetik alan etkisine karşı önlem almak gerekmektedir. Kısa dalga diyaterminin (27.12 MHz) ve mikrodalga diyaterminin (2450 MHz) çalışması esnasında fizyoterapi işyerlerinde oluşan elektromanyetik alan sadece yakındaki diyatermi odalarına değil, aynı zamanda yan odalara da etki etmektedir. Bu odalar genellikle görüşme odaları, rehabilitasyon odaları ve koridorlardır [36].

Aniołczyk ve arkadaşlarının çalışmalarında, Tekstil Araştırma Enstitüsünde (Lodz, Polonya) üretilen Nitril-Static (CuxSy ile modifiye edilmiş PAN lifleri) lifleri ile üretilmiş kumaşların iyi ekranlama verimliliği sağladığı görülmüştür. Tekstil Araştırma Enstitüsünde 15 yıl süreyle ticari ismi Nitril-Static olan metal tuzlu Polyacrylonitrile (PAN) lifi üretilmiştir. Genel olarak 3,3 dtex/60 mm. kesik elyaf lifler modifikasyona tabi tutulmuşlardır. Nitril-Static liflerinin en önemli parametresi özgül dirençtir. Elyafların %87' den fazlası 1-5Ω aralığında özgül dirence sahiptir. Elektrik iletken lifler diğer liflerle birlikte kullanılmaktadır. Ekranlama verimliliği için iki tip tekstil ürünü incelenmiştir: %75 elektrik iletken PAN lifi ve %25 polyester filament iplikten oluşan WOM-E dikişle birleştirilmiş dokusuz yüzey ve %100 elektrik iletken lif içeren IGNS iğnelenmiş dokusuz yüzey. İki ürün de yüzey ağırlığı ve kalınlık açısından oldukça farklı, fakat benzer yüzey direnç seviyesine sahip ve aynı zamanda elektrik iletkenlerdir. Tekstil ürününün tipine, modifikasyon

derecesine ve elektromanyetik alan frekans aralığına bağlı olarak, elektrik bileşeni önemsenmeyecek kadar küçük değerlerden 60 dB' e kadar ve manyetik bileşen 0 ile 4 dB arasında azalmaktadır [36].

Şekil-10 gerçek koşullarda, yani fizyoterapi odasında, bireysel olarak korunmuş alanlarda tasarlanan ekranlamadan önce ve sonra elektromanyetik alan dağılımını göstermektedir [36].



Şekil-10 Ekranlamadan önce ve sonra fizyoterapi odasının içinde ve dışında elektromanyetik alan dağılımı

Sağlık işyerlerindeki cihazların özel ihtiyaçlarından (sterilizasyon, duvar, perde ve ekranların renkleri vs.) dolayı odaların koruma yönteminde özel sınırlamalar gereklidir. Özel tecrübe gerektiren durumlarda ekranlama verimliliğinin periyodik kontrolünün yapılması gerekebilir. Elektro-iletken tekstillerden yapılmış ekranlama malzemeleri kullanımıyla düşük maliyetle istenilen sonuç elde edilebilir. 2001 yılında tekstil malzemeleri kullanılarak iki hastanenin rehabilitasyon odaları ve bir tıbbi servis odasına ekranlama yapılmıştır [36].

Pinar ve Michalak çalışmalarında insan sağlığını statik elektriğe karşı korumak için üretilen koruyucu örgü kumaşların elektrostatik özelliklerini incelemişlerdir. Elektro-iletken elyaflar içeren iplikler kullanarak istikrarlı anti-elektrostatik özelliklere sahip örgü kumaşlar geliştirmişlerdir. Koruyucu giysi üretiminde elektro-iletken elyaf kullanımının özel avantajı, diğer yöntemlere göre, anti-elektrostatik efektin stabil olması ve havadaki rutubete bağlı olmamasıdır. Bir diğer avantaj da, anti-elektrostatik özellikleri korurken başka koruyucu özellikler elde edebilmek için terbiye işlemlerinde farklı kimyasallar kullanılabilmesidir [33].

Pinar ve Michalak, örgü yapıları çözgülü örme ile üretmek üzere geliştirmiş ve elektro-iletken ipliğin periyodik olarak, temel iplikten üretilmiş zeminin içerisinde çalışacağını varsaymışlardır. Test materyalleri üç iğneli sağ / sol çubuk örgülü kumaşın üç varyantıdır. Varyantlar zeminin PES ile doldurulma derecesine göre ayrılmışlardır. Elektro-iletken iplikler örgü kumaş yapılarında düşey atkı formunda yerleştirilmişlerdir.

.Uygulanan örgülerle, karışık yapıda anti-elektrostatik kumaşlar elde edilmiştir. Elektro-iletken iplik içeriğindeki farklılıklar, temelde zeminin polyester iplik tarafından dolgu derecesinden kaynaklanmaktadır. En düşük zemin dolgu derecesine sahip varyant, en yüksek elektro-iletken iplik içeriğine sahipken, tam tersi şekilde en yüksek zemin dolgu derecesine sahip varyant elektro-iletken iplik içeriği en düşüktür. Sonuçların analizine göre; elektro statik özellikler sadece örgü kumaş yapısındaki elektro-iletken iplik içeriğine değil, aynı zamanda zeminin yapısal özelliklerine de bağlı olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen örgü kumaşlar statik elektrik ile ilgili koruma gerekliliklerini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda bugüne kadar kullanılmış olan anti-elektrostatik dokuma kumaşlarla karşılaştırıldığında temel avantaj olan yüksek hava geçirgenliğine sahiptirler. İlave olarak, geliştirilen örgü kumaşlar yüksek boyutsal stabiliteye de sahiptirler. Çözümler örneği ile anti-elektrostatik materyallerin üretim teknolojisi, bugüne kadar kullanılan koruyucu giysileri için üretilen dokuma kumaş teknolojisine göre yenilikçi bir çözümdür [33].

Elektromanyetik radyasyon tüm cephane çeşitleri için de engel teşkil edebilir. Bu yüzden tanksavar mayınlar ve güdümlü roket gibi silah sistemlerinin kullanımı yüksek derecede sorumluluk ve tedbir gerektirmektedir. Böyle silahların elle ve araçla taşınması, depolanması, sırasında hiç kimsenin risk altında olmaması sağlanmalıdır. Aynı zamanda taktiksel hareket kabiliyetinin elektromanyetik radyasyondan olumsuz olarak etkilenmeyeceği de garanti edilmelidir. Elektromanyetik alan seviyesi çok yüksek ise, elektromanyetik radyasyon silah sistemlerine zarar verebilir. Elektrik akımı silahın içine geçebilir. Bu akım istenmeyen bir ateşlemeye; insanlar ve nesnelere üzerinde bu ateşlemeden kaynaklanan büyük bir zarara neden olabilir. Silahın içerisine geçen akım ayrıca, silah sisteminin bileşenlerinde sıcaklık artışını meydana getirir. Eğer ısı belli bir seviyeyi geçerse bileşen zarar görecektir. Silah çalışması gerektiği halde çalışmayacaktır. Tank savar roketinin elle ve vasıtayla taşınmasına sadece sınırlı koşullar altında izin verilmektedir. Örneğin; tank savar roketlerinin, herhangi koşul ve zamanda RF koruması olmadan helikopter ve uçakla taşınmasına izin verilmez. Bu yüzden bütün milletler tank savar roketler için RF koruyucu çantalarının kullanımının gerekli olduğunu belirtmiştir. Geliştirilen RF koruyucu çanta bütün elektromanyetik alanlar için çok etkili bir çözümdür ve elle taşınımı kolaydır. Elektromanyetik alanlar için koruyucu çantalar, elektrik, manyetik ve elektromanyetik alan etkisini oldukça zayıflatan çok dayanıklı bir tekstil malzemesinden yapılır. Bu çantaların koruma faktörü, elektromanyetik radyasyondan kaynaklanan herhangi bir olumsuz etkiyi engelleyebilecek kadar yüksektir. Şekil-11' de elektromanyetik alanlar için koruyucu çanta örneği görülmektedir.



Şekil-11 Elektromanyetik Alanlar için Koruyucu Çanta

5. SONUÇ

Elektromanyetik spektrumun değişik uygulamalar tarafından işgal edilmiş olması, elektromanyetik alanlara maruziyet konusunda araştırmacıları arayışlara yöneltmiştir. Bunlardan birincisi, cihazlar arasında oluşan elektromanyetik girişimi en aza indirmek ve bu sayede elektromanyetik alanlardan cihaz ve sistemleri korumak, ikincisi ise elektromanyetik alanların sağlık risklerini azaltmaktır. Bu amaçlar için geliştirilen koruyucu tekstil ürünleri bu konular için yeni bir bakış açısı getirmiştir. Yaşam alanlarının ve insan vücudunun estetik bir biçimde ekranlanması, bu tür kumaşlarla mümkün olabilmektedir. Günümüzde, elektrostatik deşarj ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikteki tekstil ürünlerine olan talebin arttığı gözlemlenmektedir.

Ülkemiz tekstil sektörü, mevcut durumda kendisine bir çıkış yolu aramaktadır. Yalnızca kaliteli iplik üretimi, ucuz iş gücü desteğini arkasına alan Asya ülkeleri ile rekabette yeterli olamamaktadır. Farklı ve üstün özelliklere sahip, özellikle teknik tekstillerde kullanıma açık ipliklerin ve kumaşların üretilmesi, zorlaşan rekabet koşullarında ülkemiz tekstil firmalarına yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, "00231.STZ.2008-1" kodlu San-Tez projesinin literatür araştırması kapsamında hazırlanmış bir derleme çalışmasıdır. Desteklerinden dolayı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve Başyazıcıoğlu Tekstil İşletmesine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Sevgi, L., (2000), Elektromanyetik Uyumluluk Elektromanyetik Kirlilik, EMO İstanbul.
2. Şeker, S., Çerezci, O., (2000), Radyasyon Kuşatması-Elektrik ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.
3. Şeker, S., (2005), Tehlikeli Oyuncak, Kaya Matbaacılık, İstanbul

4. Ersoy, M.S., Önder, E. (2008), Shielding Textiles Against Electromagnetic Radiation, International Nonwoven Technical Textiles Technology Magazine, 1.çeyrek, Sayı: 18, 52-61
5. http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler/e_radyasyon.pdf, Eylül 2008.
6. Su, C., I., Chern, J.T., (2004), Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Res. J. 74(1), 51-54.
7. <http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/elektromanyetik%20kirlilik%20rapor.pdf>, Eylül 2008
8. http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf, Eylül 2008
9. Lee, C., Y., Song, H., G., Jang, K., S., Oh, E., J., Epstein, A., J., and Joo, J., (1999), Electromagnetic Interference Shielding Efficiency of Polyaniline Mixtures and Multilayer Films, Synthetic Metals 102, 1346-1349.
10. Roh, J., -S., Chi, Y., -S., Kang, T., J., Nam, S., -W., (2008), Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, T. Res., Journal, 78 (9), 825-835.
11. Janda, N., B., (2004), Development of a Predictive Shielding Effectiveness Model for Carbon Fiber/Nylon Based Composites, M.Sc. Thesis, Michigan Technological University.
12. <http://www.bilesim.com.tr/tr/index.nsf?lf=/tr/leftbarfuarcilik.html&rf=http://www.bilesim.com.tr/mistportal/showmakale.nsf?xd=1470.xml>, Ekim 2008.
13. http://tr.wikipedia.org/wiki/Faraday_kafesi, Ekim 2008.
14. <http://www.faradaykafesinedir.com/>, Ekim 2008.
15. <http://samilkorkmaz.blogspot.com/2007/03/faraday-kafesi.html>, Ekim 2008
16. Aniołczyk, H., Koprowska, J., Mamrot, P., Lichawska, J., (2004), Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 12, No. 4 (48).
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_shielding, Ekim 2008
18. http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/yapi_malzemesi/icerik/kompozit.htm, Ekim 2008
19. <http://akademik.maltepe.edu.tr/~aliozcan/kompozit%20malzemeler.pdf>, Ekim 2008
20. Chiang, W., Y., Cheng, K., Y., (1997), Processing conditions for electromagnetic interference shielding effectiveness and mechanical properties of acrylonitrile-butadiene-styrene based composites, Polym Compos, 18(6):748-756.
21. Yang, S., Y., Chen, C., Y., and Parng, S., H., (2002), Effects of Conductive Fibers and Processing Conditions on the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Injection Molded Composites, Polymer Composites, 23(6): 1003-1013.
22. Amarasekera, J., (September 2005) Conductive Plastics For Electrical And Electronic Applications, Reinforced Plastics, A Review.
23. Atlas, S., (2006), İletken Özellikteki Metal İpliklerin Üretim Yöntemleri, Tekstil&Teknik, Haziran, 162-176.
24. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/biliminsanlari/tubitakbilimodulleri/S-432-6.pdf> Ekim 2008.
25. Lee, C., Y., Song, H., G., Jang, K., S., Oh, E., J., Epstein, A., J., and Joo, J., (1999), Electromagnetic Interference Shielding Efficiency of Polyaniline Mixtures and Multilayer Films, Synthetic Metals 102, 1346-1349.
26. Yasufuku, S., (1990), Technical Progress of EMI Shielding Materials in Japan, IEEE Electrical Insulation Magazine Vol.6, No.6.
27. www.yshield.com, Ekim 2008.
28. Lou, C.W., (2005), Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire, Textile Res.J., 75 (6), 466-473.
29. Cheng, K., B., Cheng, T., W., Lee, K., C., Ueng, T., H., Hsing, W., H., (2003), Effects of Yarn Constitutions and Fabric Specifications on Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics, Composites Part A:applied science and manufacturing, 34, 971-978.
30. Chen, H., C., Lee, K., C., Lin, J., H., (2004), Electromagnetic and Electrostatic Shielding Properties of Co-Weaving-Knitting Fabrics Reinforced Composites, Composites Part A:applied science and manufacturing, 35, 1249-1256.
31. Ueng, T., H., Cheng, K., B., (2001), Friction Core-Spun Yarns For Electrical Properties of Woven Fabrics, Composites Part A:applied science and manufacturing, 32, 1491-1496.
32. www.textile-wire.ch, Ekim 2008.
33. Pinar, A., Michalak, L., (2006), Influence of Structural Parameters of Wale-Knitted Fabrics On Their Electrostatic Properties, Fibres&Textiles in Eastern Europe, Vol. 14, No. 5 (59).
34. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_7277.pdf, Ekim 2008.
35. Aniołczyk, H., Koprowska, J., Mamrot, P., Lichawska, J., (2004), Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 12, No. 4 (48).