



**Derleme  
(Review)**

## **Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri**

**Sema PALAMUTCU, Nermin DAĞ**

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli /TÜRKİYE

### **Özet**

Gelişen teknoloji, refah düzeyindeki artış ve modern hayat şartlarının sonucu olarak günlük hayatımızda elektrikli ve elektronik cihazların kullanımı artmıştır. Evlerde kullanılan elektronik cihazlar, elektrikli mutfak eşyalarının AC motorları, iş yerlerinde kullanılan ofis araç gereçleri, iletişim için kullanılan haberleşme araçları ve her türlü dijital devreler etrafa radyo frekanslarında enerji yayılmasına neden olmaktadır. Çeşitli frekans aralıklarındaki ışınlar elektronik cihazların çalışma verimlilikleri üzerinde bozucu etki yaratabildikleri gibi bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Tüm çevremizi kaplayan elektromanyetik yayınının neden olduğu zararların azaltılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli hale gelmiştir. Elektriksel olarak iletken olan tekstil yüzeyleri istenmeyen elektromanyetik dalgaların kalkanlanması amacı ile kullanılan ürünler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada elektromanyetik ışınlar, ışınların çevre zararları, kalkanlama teorisi, tekstil yapılarının kalkanlama amaçlı kullanımı ve elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçüm standartları hakkında bilgi verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** fonksiyonel tekstiller, elektromanyetik kalkanlama, ekranlama

## **Functional Textiles I: Electromagnetic Shielding Purposed Textile Surfaces**

### **Abstract**

There have been huge urgent about use of electrical and electronical devices in our daily life. Electronical appliances for household usage, AC motors of kitchen appliances, electrical office appliances, telecommunication devices, and all kind of electronical equipments are source of radio frequency energy radiatons. Radiation of different frequency levels causes deficiencies of working efficiency on the electronical appliances. Radiated waves also causes harmful effects on the plants, animals and also human health. Decrease and control of electromagnetic radiation level in the human life have become very important matter concerning dangerous side effects of radiated waves. Electrically conductive textile surfaces are one of the shielding materials that are used to prevent harmful effects of electromagnetic waves.

In this study electromagnetic radiation, environmental side effects of the electromagnetic waves, shielding theory, use of textile structures fort he electromagnetic shielding purposes, and measurement methods of electromagnetic shielding materials are introduced to those are not familiar with the electromagnetic.

**Keywords:** Fonctional Textiles, Electromagnetic Shielding

## 1. ELEKTROMANYETİK ALAN NEDİR ?

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, şimşek 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 yayan 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. Ev ve işyerlerinde yaşamı kolaylaştırıcı olarak kullanılan elektrikli cihazların tümü birer elektromanyetik (EM) alan kaynağıdır. EM alanlar hassas elektronik cihazlar üzerinde etki yaparak bu cihazların doğru çalışmasını engellemekte, parazit oluşturup göstergeleri bozarak hatalı değer okunmasına neden olabilmektedir. Bu olumsuz etkileri önlemek için elektrik ve manyetik alan ekranlama veya kalkanlama işleminin yapılması gerekmektedir. [1]

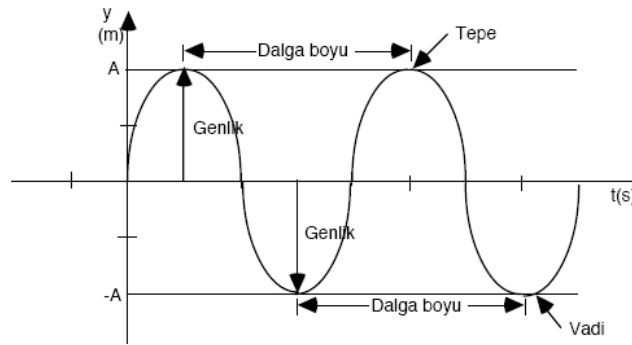
### 1.1. Elektrik Alan ve Elektro Manyetik Alan

Elektrik enerjisi çağımızın en önemli enerji kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç ve gereçlerden yararlanma da her gün biraz daha artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanması amacı ile yaşam alanlarındaki elektrik ve elektromanyetik alan yoğunlukları da artmaktadır. Elektrik alan ortamdaki voltaj farklılıklarının sonucunda ortaya çıkmakta ve voltaj yüksekliğine bağlı olarak artmaktadır. Manyetik alan ise ortamdaki elektrik akımının varlığına bağlı olarak ortaya çıkmakta ve akım değerine bağlı olarak artmaktadır. Ortamda elektrik akımı olmaksızın voltaj varlığı elektrik alan oluşumu için yeterli olup akımın varlığı ile elektrik alanın büyüklüğü değişmezken ortamdaki manyetik alanın büyüklüğü güç harcamasına bağlı olarak artmaktadır. [2] **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** de elektrik alan ile elektromanyetik alan özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

**Tablo 1.** Elektrik alan ve elektromanyetik alan karşılaştırması

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

Elektromanyetik dalgalar dalganın; dalga boyu, frekansı ve hızı ile tanımlanır. Dalga boşlukta ve madde içinde yayılabilen ritmik bir olaydır. Bir ip ile yaratılan dalga, bir tepe ve bir vadiye sahiptir. (Şekil 1). Her dalga belli bir dalga boyuna sahiptir. Bir tepeden bir tepeye veya bir vadiden bir vadiye olan toplam mesafeye bir dalga boyu adı verilir.

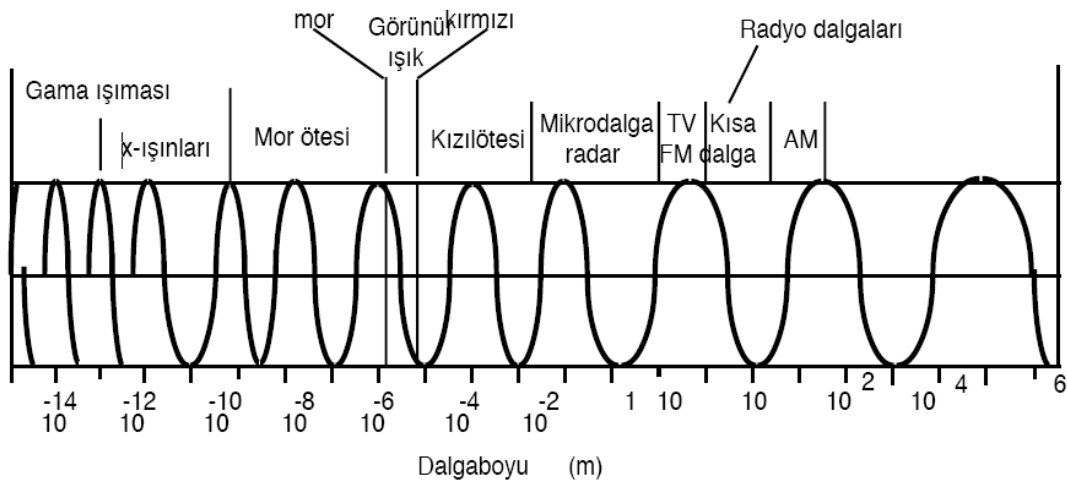


Şekil 1. Dalga yapısı ve özellikleri

Genlik, bir dalganın normal konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir. Uzanımın en büyük ve en küçük olduğu konumlar diye de tarif edilebilir. Genlik, dalgayı ortaya çıkaran enerjinin miktarına bağlıdır. Dalganın enerjisi arttığında genliği de artmaktadır. Tüm dalgalar belli bir frekansa sahiptir. Frekans, bir saniyede belli bir noktadan geçen dalgaların sayısı olarak tanımlanır. 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. Bir dalganın frekansı ve dalga boyu arasında bir ilişki vardır. Bir dalganın boyu arttığında frekansı azalmaktadır. Uzun dalgalar düşük frekansa, kısa dalgalar ise yüksek frekansa sahiptir.

## 1.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar bilinen tüm elektromanyetik dalgaları içeren dizilimdir. Şekil 2’de görüldüğü gibi elektro manyetik spektrum içinde dalga boyları  $10^{10}$  ile (elektrik dalgaları)  $10^{-16}$  metre (kozmetik ışınlar) arasında değişmektedir. Bundan dolayı, çok düşük elektromanyetik dalga frekansları ile çok yüksek kozmik ışınların frekansları arasında frekanslar değişme gösterirler. En yüksek frekanslı dalgalar, en büyük enerjiye sahiptirler.



Şekil 2. Elektromanyetik spektrum

Spektrum üzerinde yer alan ışınlar ait genel tanımlar aşağıda verilmektedir.

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

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

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

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

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

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

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

### 1.3. Elektromanyetik Kirlilik

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

- 1-TV ve radyo yayınları: AM, FM, TV
- 2- İletişim yayınları: Telekom, uydu, GPS, radar
- 3-Elektrik dağıtımı: elektrik iletim hatları, elektrikli trenler
- 4-Yüksek gerilim hatları
- 5-Yüksek frekanslı endüstriyel, medikal, araştırma cihazları: X-Ray, ısıtıcılar

Hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanmakta olduğumuz elektrikli ve elektronik aygıtların vücudumuz üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu değişik çevrelerce dile getirilmektedir. AC motorlar, dijital bilgisayarlar, hesap makineleri, yazıcılar, modemler, dijital devreler, cep telefonları ve yüksek gerilim hatları gibi birçok aygıt ve tesisatın neden olduğu elektrik ve elektromanyetik alanların insan vücudu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayacak yani kalkanlama etkisi olan tekstil yüzeylerine olan ihtiyaç artmaktadır.

Dünya sağlık örgütü WHO verilerine göre evlerde kullanılan bazı elektrikli alet ve elektronik cihazların neden olduğu elektrik alan şiddetleri Tablo 1 'de verilmektedir. Elektrik iletim hatlarının hemen altında (10kV/m) gibi yüksek değerlere ulaşan elektrik alan şiddeti evsel kullanım cihazları için 30 cm mesafede çok daha yüksek seviyelere çıkmaktadır. Aşağıdaki tablo dikkate alındığında günlük hayatta çevremizde bulunan pek çok cihazın sağlığımız üzerinde tehdit oluşturduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Bazı elektrikli ev aletlerinin neden oldukları elektrik alan şiddetleri,

Elektrikli cihaz	Elektrik alan şiddeti (V/m)
Stereo radyo	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost makinesi	80
Saç kurutma makinası	80
Renkli TV	60
Kahve makinası	60
Elektrikli süpürge	50
Elektrikli fırın	8
Ampul	5

Elektro manyetik alanların vücudumuz üzerindeki etkilerini azaltmak için aşağıdaki yöntemler önerilmektedir.

- elektrikli cihazların bir arada ve birbirine yakın mesafede kullanılmaması,
- elektrikli cihazların uzun süreli ve yakın mesafede kullanılmaması
- elektro manyetik dalgalara karşı koruyucu ürün ve malzemelerin kullanılması
- uygun besinlerin alınması, A ve C vitaminleri, protein

#### 1.4. Elektromanyetik Dalgaların İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri

Elektromanyetik Radyasyonlar (EMR), dalga özellikli radyasyonlar olarak tanımlanır. EMR boşlukta yayılma özelliğine sahip olup bu tür dalgalar, dalga boyları ve frekansları ile tanımlanmaktadır. Tüm elektromanyetik dalgalar, boşlukta aynı hızla yayılır. Bu hızın ışık hızına eşit olup saniyede 300,000 km olduğu bilinmektedir. EM dalgaların hızı ile frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

$$\text{Işık Hızı (3x10}^{10}\text{ cm/sn)} = \text{Frekans (1/sn)} \times \text{Dalga Boyu (cm)}$$

Dalga boyu son derece küçüldüğünde EMR, madde ile karşılaştığında, dalga olmaktan çok, bir enerji kümesi gibi davranmakta olup bu enerji kümeleri “kuantum” veya “foton” olarak isimlendirilmektedir. Bu tipteki EMR’ler, X ve gamma ışınlarıdır. Enerjileri çok yükselen bu ışınlar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını, yani yaşamsal fonksiyonlarını bozmakta ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırabilmektedir. Yapılan çalışmalarda X ve gamma ışınlarına maruz kalan insanlarda, kanserlerin oluşumu (relatif risk) artmıştır. Bu nedenle bu ışınlar, “İyonlaştırıcı Elektromanyetik Radyasyon” şeklinde ifade edilmektedir. Bir diğer Elektromanyetik Radyasyon (EMR) grubu ise, tekstil ürünlerinin kalkanlama etkisi amacı ile kullanıldığı **İyonlaştırmayan Elektromanyetik Radyasyonlar** grubudur. Bu gruba giren ışınlar radyo dalgaları, mikro dalgalar, infrared radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları (az enerjiliden yüksek enerjiliye doğru) olmak üzere sıralanırlar. Dalga boyu olarak, insan vücut kalınlığı içine düşen mikro dalgalar ve altındaki ışınların (infrared radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları) insan vücuduna verdiği zararlar yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. Mikro dalgaların pişirme özelliği, infrared ışınlarının göz merceğine, görünür ışınların göz dibine, ultraviyole ışınlarının deriye verdiği zararlar kesin olarak ispatlanmış zararlardır.

Elektronik teknolojinin geniş kapsamlı uygulamalarıyla çeşitli frekanslardaki elektromanyetik dalgalar tüm evrene yayılmaktadır. Bu dalgaların varlığı ise yüksek iletkenlik özelliğine sahip insan bedenine önemli ölçüde zarar vermektedir. Birleşmiş Milletler, elektromanyetik kirliliği, su, hava ve ses

kirliliğinden sonra dördüncü önemli kirlilik olarak görmektedir. Elektrik dalgası ve manyetik dalgadan oluşan elektromanyetik dalga, hücre zarına işleyerek Na/K gibi iyon dağılımlarını değiştirmekte ve melatonin salgısının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum vücut ısısının yükselmesine ve biyolojik ritmin bozulmasına sebep olmaktadır. [3]

Cep telefonlarının ve baz istasyonlarının yaydığı radyasyonun insan dokularında oluşturduğu zararları, ısı etkisini, ifade etmek üzere ilgili kuruluşlar tarafından, “SAR (Spesifik soğurma hızı) değeri” kavramı ortaya atılmış ve yine aynı kuruluşlar tarafından standartlar belirtilmiştir. 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.

Diğer taraftan alternatif akımla çalışan bütün cihazların civarında veya üzerinden alternatif akım geçen yüksek gerilim hatlarının etrafında bir elektromanyetik alan oluşmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar, EM alana maruz kalan deney hayvanlarında çok çeşitli olumsuz etkiler belirlemiştir. Ayrıca EM alana maruz kalan meslek grupları üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar, bu gruplarda lösemi ve beyin kanseri ölümlerinin normal halktan anlamlı biçimde yüksek olduğunu göstermiştir. Burada ifade edilen manyetik alanlar, 50.000 Volt üzerinde alternatif akım taşıyan havai hatlar veya indirme merkezlerinde yapılan çalışmalardır. Daha düşük seviyeli etkilenmeler için (örneğin saç kurutma makinesi veya cep telefonları EM alanının etkileri gibi) henüz epidemiyolojik araştırmalarla kesin bulgular ortaya konmamıştır. Ancak bu durum mevcut şüphelerin göz ardı edilmesini de gerektirmemektedir. Konu ile ilgili riskler ve alınması gereken önlemler konusunda kamuoyunu bilgilendirmek amacı ile çeşitli çalışmalar yapılmakta ve halkın bilinçlenmesi için çaba harcanmaktadır. [4]

Elektromanyetik dalgalara maruz kalan insanlarda baş ağrısı, halsizlik, kusma, konsantrasyon bozukluğu, hafıza kaybı, reflekslerde zayıflama, kas ve eklemlerde ağrı gibi **nörolojik** etkiler, göğüs ağrısı, düşük veya yüksek tansiyon, kalp artışında hızlanma veya yavaşlama, nefes alma sıklığında değişim gibi **kardiyolojik** etkiler, sinüzit, bronşit, astım gibi **solunum yolu** sorunları, ciltte tahriş, kaşıntı, yanma, yüzde kızarıklık gibi **dermatolojik** etkiler, göz yanması, görme bozukluğu gibi etkiler ve sindirim sorunları, ağrı, burun kanamaları, bağışıklık sisteminde zayıflama, saç dökülmesi, kulak çınlaması, koku alma duyusunda bozulma gibi olumsuzlukların ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Ayrıca uzun dönemde kanser, normal hücre bölünmesi, sinirlerde hasar, beyin hasarları ve düşüklere neden olabilecek olumsuz etkiler görülmektedir. [5]

## 2. ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA

Elektro manyetik dalgalar hayatımızın her alanında bulunmakta ve vücudumuzu etkilemeye devam etmektedir. Bu etkilerden vücudumuzun korunabilmesi amacı ile çeşitli ürünler kullanılmaktadır. 1960 yılında kurulmuş olan Uluslar arası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından geliştirilmiş olan Anti radyasyon Standardına bağlı olarak çeşitli iletken tel ve tekstil yüzeyi; metal lif-kimyasal lif; kaplanmış kumaş, çelik lif-bitkisel lif ve diğer güncel polimer teknolojilerinin kullanımı ile oluşturulmuş tekstil yapıları geliştirilmektedir. Özel tekstil yapıları sayesinde farklı frekans aralıklarında farklı koruma etkinlik alanlarında (dB) %99'dan daha yüksek değerlerde koruma sağlanabilmektedir. [4]

**Tablo 3.** Elektromanyetik koruma etkinliği

Frekans (MHz)	Koruma verimliliği (dB)	Azaltma oranı (%)
1	29.6	99.890%
10	29.1	99.899%
100	28.5	99.859%
300	28.0	99.841%
1000	27.7	99.831%
3000	27.3	99.814%

## 2.1 Kalkanlama Teorisi

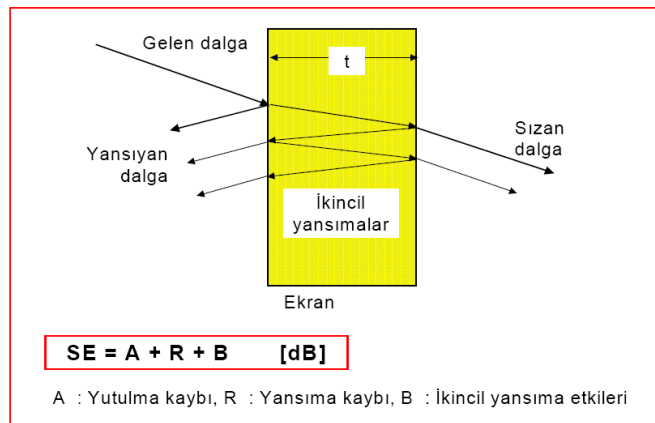
Kalkanlama terimi elektrik-elektronik mühendisliğinde ekranlama terimi ile açıklanmakta olduğundan bu bölümde kalkanlama terimi yerine ekranlama terimi kullanılmıştır. İstenmeyen elektromanyetik dalgaların olumsuz etkilerinin azaltılması amacı ile yapılan elektromanyetik ekranlama işlemleri elektronik cihazların uygun ortam şartlarında çalışabilmeleri için son derece önemlidir.

Ekranlama bir cihazdan içeri (veya dışarı) doğru giren (çıkan) kaçak alanların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. EE (ekranlama etkinliği) veya SE (shielding efficiency) ekranlamanın ne derece etkili olduğunu gösteren bir parametre olup, desibel (dB) olarak ifade edilmektedir. EE değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$SE_{dB} = 10 \log_{10} (E_{\text{önce}} / E_{\text{sonra}})$$

Formülde yer alan “önce” ve “sonra” alt indisleri, ekranlama kalkanı yokken ve varken aynı noktada ölçülen elektrik alan genliğini ifade etmektedir.[6]

Yüksek SE değerleri iyi ekranlama etkinliğini göstermekte, negatif SE ise çınılama (rezonans) yani ekranlamadan çok işaretin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir. [7]



**Şekil 3.** Kalınlığı t olan bir duvarda ekranlama etkinliği bileşenleri

Şekil 3’de t kalınlığındaki bir duvarda ekranlama etkisini oluşturan bileşenler görülmektedir. Kalınlığı t olan kayıplı duvarda elektromanyetik dalgalar üç şekilde zayıflatılmaktadır. Birincisi duvardan yansımalar, ikincisi duvar içindeki zayıflamalar (yutulma) ve üçüncüsü ise duvar içerisindeki ardışıl yansıma kayıplarıdır. Ekranlama performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerine, çalışma frekansına ve dikkate alınan kaynaklara bağlıdır. Ancak, pratikte girişim kaynağına göre ekranın konumu, farklı ekran parçalarının arasındaki bağlantılar ve ekran üzerindeki delikler ve boşluklar ve benzeri başka etkenler de önemlidir. Manyetik ekranlama pratik olarak düşük frekanslarda ( $f < 30$  MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artmaktadır.

## 2.2. EM Kalkanlama Malzemeleri Nelerdir?

Ekranlama amacıyla seçilecek malzemeler 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 yada metal parçalıklı plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği)
3. Zayıf performanslı malzemeler: Metalleştirilmiş kumaş yapılar iletken kâğıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği) Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için Tablo 4' deki ekranlama seviyeleri verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 30 dB ekranlama etkinliği ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Pratikte birçok sorunu 40 dB ekranlama etkinliği çözebilir. Askeri sistemlerde 100-120 dB ekranlama etkinliği istenebilmektedir. Telefon kabloları için şartnamelerde istenen değerler 80-90 dB civarındadır.

**Tablo 4.** Tipik ekranlama değerleri (E: EM alan, P: EM güç)

Ekranlama (SE)	$E_{dış}/E_{iç}$	$P_{dış}/P_{iç}$	Açıklama
10dB	%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

Kalkanlama amacı ile çok çeşitli ürünler kullanılmakta olup, ürünlerin kalkanlama performansları kullanılan malzeme özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken konular aşağıda özetlenmektedir.

- Engel olarak kullanılacak temel malzemelerin cinsi ve maddesel özellikleri (maksimum ekranlama performansı için belirleyicidir).
- Parçaların ve devre bloklarının birleştirildiği süreksizlik bölgeleri önemlidir (birçok durumda maksimum ekranlama bu etkilere bağlıdır)
- Delikler ve açıklıklar.
- Galvanik uyumluluk ve paslanma direnci.
- Uygun dış yüzey kaplaması, üretilebilirlik, maliyet ve ısı dağıtıcılık.

## 3. TEKSTİL YÜZEYLERİNİN EM KALKANLAMA MALZEMESİ OLARAK KULLANIMI

### 3.1 Literatür Çalışmaları

Halk sağlığı ve sivil uygulamalar ve özellikle de askeri uygulamalar açısından son derece önemli olan bu konu ile ilgili dünyada yürütülen çalışmalar ürün teknolojik parametreleri ve ürün kullanım etkinlik alanlarının geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Çeşitli tekstil liflerinin metal lifler ile bir arada eğilerek karışım iplik edildiği ve bu ipliklerden dokuma, örme veya dokusuz yüzey yüzeyler oluşturularak bu yüzeylerin ekranlama etkinliğinin ölçüldüğü çok sayıda çalışma yapılmıştır. Metal lifleri ile takviye edilmiş tekstil yüzeylerinde ekranlama etkinliğinin

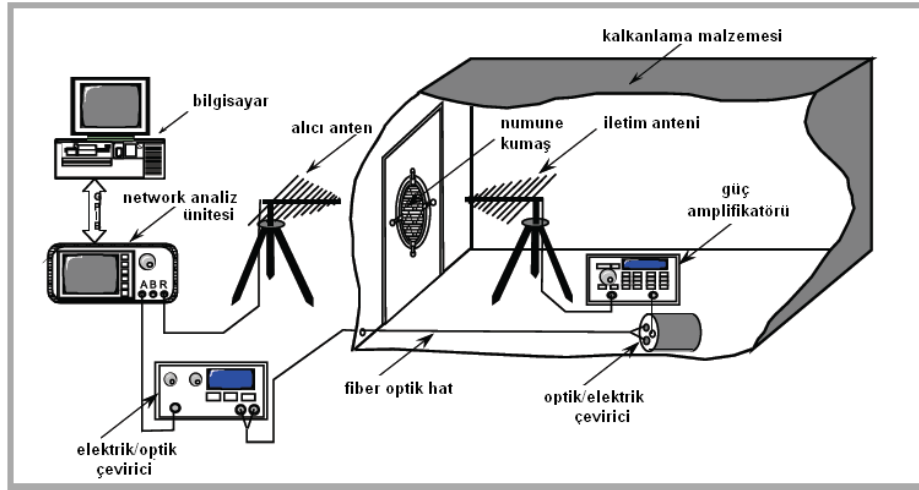


dalga boyu, sinyal kaynağı ile aradaki mesafe, ortam nemliliğinin yanında; yüzey içindeki iletken liflerin yoğunluğu, geometrik yerleşimi, katman sayısı, kumaş kalınlığı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. (Roh ve arkadaşları [8], Kim ve Chung [9], Su [10], Cheng [11], Aniolczyk [12], Koprowska [13], Cheng [14], Ueng ve Cheng [15], Berberi [16], Asanoviç ve arkadaşları [17])

İletken özellikte polimerler kullanılarak elde edilen iletken tekstil yüzeyleri ile yapılan çalışmalar önemli ölçüde dikkat çekmektedir. Metal esaslı koruyucu malzemelerden farklı olarak, iletken polimerler 30MHz-30GHz mikrodalga frekans bölgesinde elektromanyetik ışımayı yansıtma ile uzaklaştırmanın yanında soğurarak ta ekranlama yapmaktadırlar. Håkansson ve Kaynak [18] tarafından yapılan çalışmada PPy/TSA kaplı Nylon-Lycra tekstil materyallerinin yansıma, transmisyon ve kompleks dielektrik (yalıtkan) özellikleri boşluk transmisyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Rhenby ve arkadaşları [19] tarafından yapılan çalışmada iletken özellikteki ticari polimerler (polyaniline, polythiophene and polypyrrole) akrilik binder polimerle karıştırılarak polyester kumaşların kaplamasında kullanılmıştır. Çalışmada yüzey iletkenliği, yüzey düzgünlük analizi, kaplama yapıştırıcısının davranışı ile ilgili detaylı incelemeler yapılmıştır.

Elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstiller konusunda, çeşitli yöntemlerle elektriksel olarak iletken hale getirilen tekstil yüzeylerinin katmanlar halinde kullanılması ile elde edilen sert kompozit levhalar üzerinde yapılmış çalışmalar mevcuttur. Kompozit levha yapımında dokuma, örme veya dokusuz yüzey tekstil yapıları kullanılmakta olup, kalkanlama etkinliğinin yüzeylerin iletken lif oranı, geometrik yapıları, katmanların yerleşim açıları, katman sayısı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir. (Chen ve arkadaşları [20], Lin [21], Cheng [22])

Elektromanyetik dalgaların kalkanlanmasında kullanılan malzemelerin kalkanlama etkinliğinin ölçümü amacı ile çok çeşitli standart test yöntemleri ve yeni ölçme yöntemi, ölçme düzeneği önerileri olduğu bilinmektedir. Chen ve arkadaşları [20] çalışmalarında ASTM D4935, ASTM ES7 standartlarını ve kendileri tarafından geliştirilmiş özel bir ölçüm düzeneğini kullanmışlardır. Foster ve arkadaşları [23] tarafından yapılan çalışmada kablosuz iletişim sağlayan küçük boyutlu elektronik aletlerde elektromanyetik kalkanlama kontrolü için kullanılan test yöntemi tanıtılmaktadır. Çalışmada elektromanyetik kalkanlama etkinliğini test etmek için kullanılan ASTM D4935 ve Mil Std 285 standartları hakkında bilgi verilmekte ve ilgili standartların küçük boyutlu kablosuz elektronik cihaz uygulamalarındaki elektromanyetik kalkanlama belirleme testleri için uygun olup olmadığı açıklanmaktadır. Ueng ve Cheng [15] tarafından yapılan çalışmada numunelerin elektromanyetik kalkanlama etkinliğini belirlemek için D-2000 mikrodalga sızıntı detektörü kullanılarak EN EMC directive 89/336/ECC ve EN-50082-1:1992, EN-50081-:1992 test yöntemlerine göre ölçümler yapılmıştır. Ayrıca numunelerin yüzey ve hacim direnç testleri için özel tasarlanmış test düzeneği kullanılmıştır. Yüzey ve hacim direnç testi JIS K 7194 standartlarına göre yapılmıştır. Numune dokuma kumaşların EMSE testleri için ASTM ES 7-83 standardında tanımlanmış olan özelleştirilmiş coaxial transmission line holder yöntemi kullanılmıştır. Wieckowski ve Janukiewicz [24] tarafından yapılan çalışmada ince düzlemsel malzemelerde elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümü için kullanılan standart test yöntemleri (Mil Std 285, ASTM D4935) hakkında bilgi verilmiş ve özel bir ölçüm düzeneği tasarlanmıştır. Ölçüm düzeneğinde Network analiz ünitesi (devre çözümleyici), koaxial iletim hatlı ölçme ünitesi, güç amplifikatörü, antenlerden ve iletim hatlarından oluşmaktadır. (Şekil 4)



**Şekil 4.** Więckowski [24] tarafından MIL-STD-285 test standardının modifiye edilmiş prensip ölçüm düzeneği

Elde edilen sonuçlar ışığında mevcut standart elektromanyetik kalkanlama ölçüm yöntemleri değerlendirilmiştir. Mevcut teknolojik bilgi altyapısının tekstil yüzeylerinde elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümü konusunda tam olarak güvenilir olmadığı belirtilmiştir.

### 3.2. Tekstil Yüzeylerinin Elektriksel Olarak İletken Özellikte Üretim Yöntemleri

Geleneksel tekstil liflerinin elektriksel iletkenlik özelliği oldukça düşük seviyelerdedir. Tekstil yüzeylerinin elektriksel olarak iletkenlik değerinin artırılması için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

-İletken özellikte liflerin geleneksel tekstil lifleri ile karıştırılarak iplik ve yüzey tekstil yüzeyi yapımı,

-İletken özellikte polimerler kullanılarak elektriksel iletkenliği yüksek lif çekimi, (elektrik iletken tozlarla karışım, vakum kaplama, galvanik kaplama, kimyasal kaplama)

-Antistatik yardımcı kimyasallar ile yüzeylerin empregne edilmesi,

-İletken bileşenler ile yüzeylerin kaplanması, (Polyaniline, Polyacetylene, Polypyrrole)

### 3.3. Tekstil Yüzeylerinde Kalkanlama Etkinliğinin Ölçülmesi

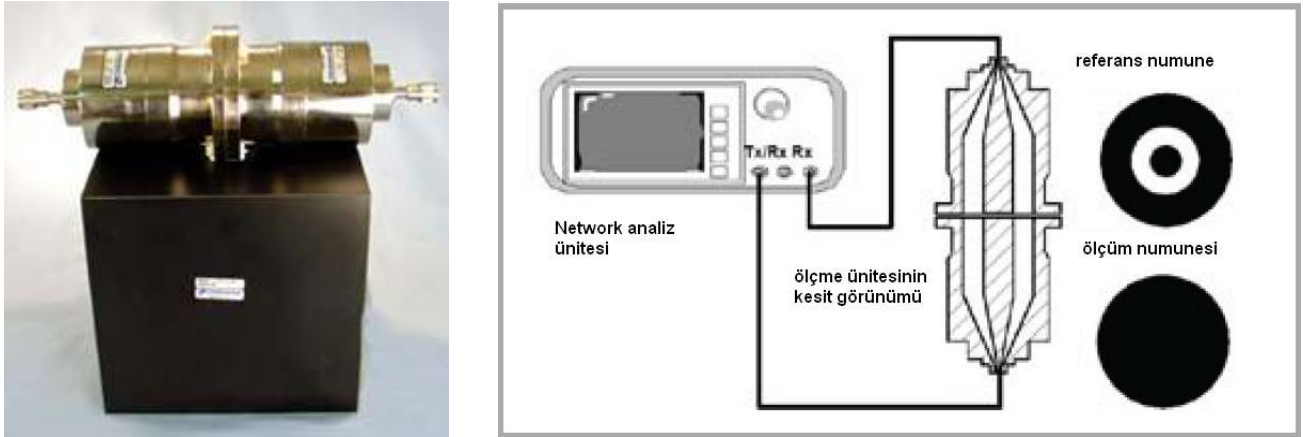
Kalkanlama, elektromanyetik alan yoğunluğunun, kalkanlama materyalinin kurulumundan önceki ve sonraki ölçüm oranları ile tanımlanır. Kalkanlama etkinliğinin ölçümü karmaşık bir işlem olup ölçüm standartları konusunda çeşitli belirsizlikler bulunmaktadır.

IEEE Std 299-1997, Mil-Std-285, NSA 65-6, EN50147-1 standartları tekstil yüzeyleri gibi düzlemsel materyallerin elektro manyetik kalkanlama etkinliği ölçümlerinde kullanılmaktadır.[25] Mil-Std-285, kalkanlama etkinliğini ölçmek için ABD’de askeri amaçlı olarak 1956’da yayınlanmıştır. 100kHz-10GHz frekans aralığında kalkanlanmış duvarlarda elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümü için en çok tercih edilen yöntem olmakla beraber bu standart iptal edilerek [26] 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. ASTM D 4935-99 standardı 2005 yılında iptal edilmiş ve yerine yenisi önerilmemiştir.[27] EN50147-1 standardı TSE tarafından TS EN50147-1 olarak 1996’dan 2005 yılına kadar kullanılmış daha sonra iptal edilip yerine Nisan 2005’te onaylanmış olan, TS EN 50147-1 Yankısız Odalar - Bölüm 1: Ekran Zayıflatmasının Ölçülmesi TS EN 50147-1, standardı getirilmiştir. [28]

**ASTM D4935** [29] standardı 2005 yılında iptal edilmiş olan bir standart olmasına rağmen pek çok güncel çalışmada halen kullanılmakta olan bir ölçme yöntemi olarak karşılaşılmaktadır. Düzlemsel malzemelerin

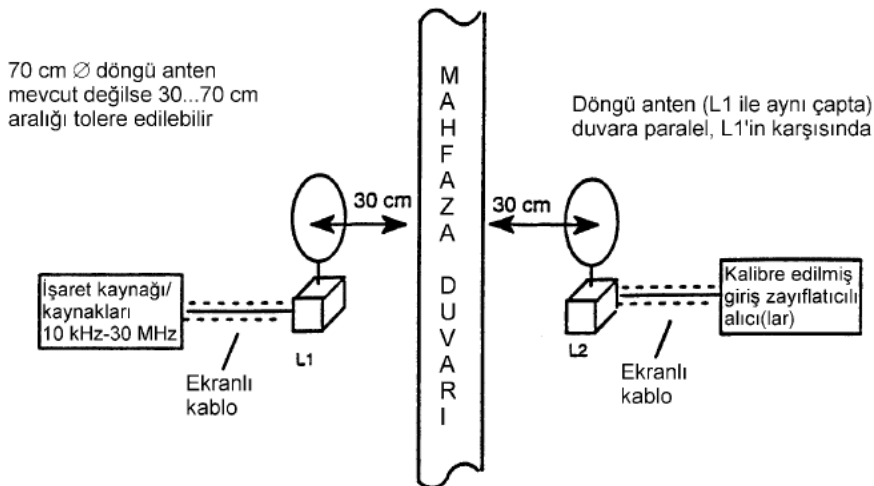
elektromanyetik kalkanlama etkinliğini ölçmek için geliştirilmiş bir standarttır. Bu standarda göre yaklaşık 5¼" (13.3 cm) çaplı disk şeklinde hazırlanmış olan malzeme sinyal jeneratörü ve alıcı arasındaki özel olarak tasarlanmış bir koaksiyel iletim hattı arasına yerleştirilerek ölçüm yapılmaktadır. (Şekil 5)

Elektromanyetik kalkanlama 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 ancak 1800MHz bölgesi için kullanılmamaktadır.



Şekil 5. ASTM D4935 test standardı için kullanılan ölçüm ünitesi ve ölçüm düzeneği [29]

Elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümünde kullanılan bir diğer yöntem iptal edilmiş bir standart olan **Mil Std 285** [30] standardına benzer ölçüm odacıkları yöntemidir. Bu yöntemde iki ayrı yalıtımlı odacık (veya bir yalıtımlı odacık) içine alıcı ve verici antenler yerleştirilmekte ve ölçüm yapılacak olan numune iki odacık arasındaki bir pencereye yerleştirilmektedir. Test standardında bir sinyal kaynağında üretilen sinyal verici anten ile atmosfere yayılmakta ve alıcı anten tarafından alınan sinyalin büyüklüğü ölçülmektedir. Sinyal üretimi için bir sinyal jeneratörü ve amplifikatör, alınan sinyalin büyüklüğünü ölçmek belirlemek için de bir spektrum analiz cihazı kullanılmaktadır. Yalıtımlı odalar sayesinde yalnızca sinyal jeneratörünün ürettiği sinyaller ölçülmekte, ortamda bulunan diğer cihazlardan kaynaklanan sinyallerin (cep telefonları, bilgisayarlar, radyo dalgaları, güneş ışınları, vb.) ölçüm sonuçlarını etkilemesi engellenmiş olmaktadır.



Şekil 6. TS EN 50147-1 standardına göre manyetik alan (elektrik alanı) ölçmesi için deney düzeneği [28]

**TS EN 50147-1** [28] standardında elektrik alanı ve manyetik alan zayıflatma deneyleri (referans ölçmeler) tanımlanmaktadır. Ölçümler, antenler tam olarak birbirlerinin karşısına yerleştirilerek ve birbirlerinden Şekil 6'da gösterilen mesafeye duvar kalınlığı da eklenerek elde edilen bir mesafeyle ayrılmışken yapılmalıdır. Manyetik alanlar bir duvar paneline paralel ve doğrudan birbirlerinin karşısındaki döngü antenlerle ölçülmelidir. Manyetik alanlar için tavsiye edilen deney frekansları 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz ve 20 MHz'dir.

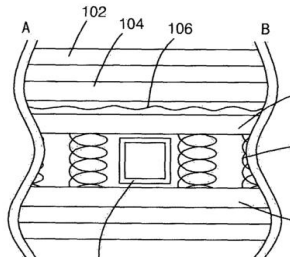
### 3.4. Tekstil Yüzeylerinde Elektromanyetik Ekranlama Araştırmaları ve Ticari Ürünler

Tekstil yüzeylerinin elektromanyetik kalkanlama amacı ile kullanımı konusu uluslar arası tekstil çevreleri ve Türk sektörü tarafından ilgi ile karşılanan bir alandır. Konu sadece tekstil çevrelerinde değil malzeme bilimi ve elektronik mühendisliği alanlarında da ilgi görmekte olan ve sürekli olarak üzerinde araştırmaların yapıldığı, ürün geliştirme çalışmalarının devam ettiği bir konudur. Elektromanyetik kalkanlama özelliği olan tekstil yüzeyleri, iletken tekstil yapıları, elektronik tekstillerin üretim olanakları ve kullanım alanlarının geliştirilmesi ile ilgili olarak çok sayıda uluslar arası makale yayınlanmakta, ulusal ölçekte ise araştırma projeleri, yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları, sanayi destekli ürün geliştirme projeleri yapılmaktadır.

Elektromanyetik kalkanlama özelliği yalnızca tekstil yüzeyleri için değil seramik gibi diğer malzeme çeşitleri ve yüzeyler için de geliştirilmekte olan özelliklerdendir. Ülkemizde konu ile ilgili ölçümlerin yapılabildiği laboratuvarlar mevcut olup bu merkezler arasında Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü (UEAKE), TÜBİTAK Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı (BUTAL), Ege Üniversitesi, Fatih Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi bulunmaktadır. Ayrıca Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde de konu ile ilgili olarak deneme aşamasında ölçüm çalışmaları yürütülmektedir.



**Şekil 4.** Ceket astarında iletken dokusuz yüzey tela kullanımı [31]



**Şekil 5.** Isıtıcı yatak içinde elektromanyetik kalkanlayıcı yüzey kullanımı[32]



**Şekil 6.** Hamile giysisi ve gömlek kumaşlarında elektromanyetik ekranlama özelliği[33]

## 4. DEĞERLENDİRME

Ultraviyole, infrared, laser, mikrodalga, radyofrekans, ultrasound, elektrik ve manyetik alanlar olarak sayılan ve çeşitli kaynaklardan oluşan İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun (NIR-Non Ionizing Radiation) insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri ve riskleri ile ilgili çok çeşitli bilgiler mevcuttur. Günlük hayatımızda modern hayatın gerekleri olarak sürekli karşılaştığımız bu radyasyonun kaynakları arasında radyo, televizyon, telefon, telsiz, radar ve uydu istasyonları, vericileri, aktarıcıları, tesisleri, antenleri, baz istasyonları, terminalleri, link istasyonları, anten çiftlikleri ve benzerleri ile yüksek ve orta gerilim hatları, trafo istasyonları, çeşitli alet, cihaz, ekipman ve sistemler, evlerde kullanılan alet ve cihazlar, tıbbi tanı ve tedavide kullanılan alet, cihaz, ekipman ve sistemler yer almaktadır. Bu kaynaklardan yayılarak atmosferde bulunan bu dalgalar frekansları, boy ve şiddetleri, maruziyet miktar ve sürelerine bağlı olarak, önemli oranda olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Tüm dünyada ve ülkemizde çalışılan elektromanyetik kirlilik ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler [34] yapılmaktadır.

Tekstil sektörü olarak elektromanyetik kirliliğin olumsuz etkilerinin azaltılması amacı ile fonksiyonel tekstil yapılarının kullanımının son derece pratik, basit ve düşük maliyetli çözümler sunabileceği görülmektedir. Elektromanyetik dalgaların karakteristikleri, kalkanlama teorisi, elektriksel iletkenlik gibi geleneksel tekstil bilgi altyapısına uzak bir konu olan tekstil yapılarının elektromanyetik kalkanlama amaçlı kullanımı konusu fonksiyonel tekstiller alanında yeni ve önu açık uygulama alanları arasındadır.

Modern hayatın karşımıza çıkardığı elektromanyetik kirlilik probleminin olumsuz etkilerinin azaltılması veya kontrol altına alınması için kullanımı pratik ve rahat olan tekstil yüzeylerinin kullanımı son derece uygun olacaktır. Günlük hayatta örtünme, korunma veya moda kaygıları ile kullanılan tekstil malzemelerinin aynı zamanda elektromanyetik kirliliğin etkilerine karşı koruyucu ürünler haline gelmesi tekstil sektörü için yeni pazarlar yaratacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

1. [http://elektroteknoloji.com/elektrik\\_elektronik/temel\\_eletronik/elektromanyetik\\_alanlar\\_nedir\\_tanimi.html](http://elektroteknoloji.com/elektrik_elektronik/temel_eletronik/elektromanyetik_alanlar_nedir_tanimi.html)
2. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/print.html>
3. <http://www.un.org/earthwatch/health/electromagneticradiat.html>
4. <http://www.ailesaglik.com/elektromanyetik-tehlike.php>
5. [http://www.safelivingtechnologies.ca/EMF\\_Health\\_Effects.htm](http://www.safelivingtechnologies.ca/EMF_Health_Effects.htm)
6. Özyalçın, M. O., Sevgi, L., Topuz, E., 2003, İletim Hattı Matrisi Yöntemi İle Ekranlama Etkinliği Ve Özgül Soğurma Oranı Hesabı, İTÜ dergisi / *d*, mühendislik, Cilt:2, Sayı:2, 15-27, Nisan
7. Sevgi, L., 2004, EMC ve Korunma yöntemleri: (I) Ekranlama, Endüstriyel & Otomasyon, Eylül
8. Roh, J. S., Chi, Y. S., Kang, T. J., Nam, S., 2008, Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, Textile Research Journal 78; 825
9. Kim, T., Chung, D.D.L., 2005, "Mats and Fabrics for Electromagnetic Interference Shielding", Submitted November 18, 2004; in revised form December 7,
10. Su, Ching-Iuan, Chern, Jin-Tsair, 2004, Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Research Journal, Jan.
11. Cheng, K. B., Cheng, T. W., Nadaraj, R. N., Giri, Dev. V. R., Neelakandan, R., 2006, Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Twill Copper Woven Fabrics, Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 25, No. 7, 699-709
12. Aniołczyk, H., Koprowska, K., Mamrot, P., Lichawska J., 2004, Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe October / December, Vol. 12, No. 4 (48)
13. Koprowska, J., Pietranik, M., Stawski, W., 2004, New Type of Textiles with Shielding Properties, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe July / October, Vol. 12, No. 3 (47)

14. Cheng, K. B., 2000, Production and Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless Steel/Polyester Fabrics, Journal of Textile Engineering, Vol:46, No.2 42-52
15. Ueng, T. H., Cheng, K. B., 2001, The Leakage Power Density and Electromagnetic Shielding Effectiveness of Conductive Woven Fabric, Journal of Textile Engineering, Vol:47, no:3,4
16. Berberi, P. G., 2001, Effect of Processing on Electrical Resistivity of Textile Fibers, Journal of Electrostatic, 51-52, 538-544
17. Asanovic, K. A. ve diğeri, 2007, Investigation of the Electrical Behavior of Some Textile Materials, Journal of Electrostatic, 65, 162-167
18. Hakansson, E. and Kaynak, A. 2007, Conducting Polymer Coated Fabrics for Potential Applications in Microwave Frequencies: A Study of Electromagnetic Properties, 3rd International Technical Textiles Congress, pp. 156-164, Turkey
19. Rehnby, W. M., Gustafsson, M., Skrifvars, "Coating of Textile Fabrics with Conductive Polymers for Smart Textile Applications", <http://dspace.bib.hb.se/dspace/bitstream/2320/4110/2/RehnbyGustafssonSkrifvarsAmbience08.pdf>
20. Chen, C., Lee, K. C., Lin, J. H., Koch, M., 2007, Comparison of electromagnetic shielding effectiveness properties of diverse conductive textiles via various measurement techniques, Journal of Materials Processing Technology 192–193
21. Lin, J. H., Lou, C. W., 2003, Electrical Properties of Laminates Made from a New Fabric with PP/Stainless Steel Commingled Yarn, Textile Res. J. 73(4), 322-326
22. Cheng, K. B., Ramakrishna, S., Lee, K. C., 2000, Development of Conductive Knitted- Fabric-Reinforced Thermoplastic Composites for Electromagnetic Shielding Applications, Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol. 13, No. 5, 378-399
23. Foster, R., Rich, D. ve diğeri, 2002, EMI Shielding Test Method For Small Wireless Devices, The Proceedings of the IMAPS/SMTA Conference and Exhibition on Telecom Hardware Solutions, May
24. Więckowski, T. W., Janukiewicz, J. M., 2006, Methods for Evaluating the Shielding Effectiveness of Textiles, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe January / December , Vol. 14, No. 5 (59)
25. <http://www.uekae.tubitak.gov.tr/home.do;jsessionid=F7837A21D73866D73C5E69E087F7FF9D?ot=5&rt=1&sid=57&pid=0&cid=4552>
26. <http://www.wbdg.org/ccb/FEDMIL/std285.pdf>
27. <http://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D4935.htm>
28. TS EN 50147-1 Nisan 2005 ICS 29.020; 17.140.01 Anechoic chambers - Part 1: Shield attenuation measurement
29. ASTM D4935-99, Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials, ASTM, 2001.

30. MIL-STD-285, Military Standard, Method of Attenuation Measurements for Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Test Purposes.
31. <http://v3.espacenet.com/textdoc?IDX=US2004115430&CY=ie&LG=en&DB=EPODOC>
32. <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=WO2005006922&wo=2005006922&DISPLAY=DESC>
33. <http://www.mybadbaby.com/aer/products.htm>
34. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon-Elektromanyetik Kirlilik Hakkında Genelge, <http://www.saglik.gov.tr/TR/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF7A2395174CFB32E1154646CE6A020F3C>