

ASKERİ VE KAMU KURULUŞLARINA AİT BİNALARIN TEMPEST GÜVENLİĞİ İÇİN FARKLI YAPIDA DOKUMA KUMAŞLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Sinem BİLGİN*, Öznur SARITAŞ
Gamze OKYAY, Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi

ÖZET

Bu çalışmanın amacı askeri ve kamu kuruluşlarına ait binaları, bilgi güvenliği açısından, içeriden istem dışı olarak yayılan bilgi içerikli elektromanyetik yayınımların dışarıya çıkışına karşı güçlendirmek için kullanılacak farklı yapıda dokuma kumaş tipleri geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle kontrollü şartlarda, içi oyuk iğli kaplama tekniği kullanılarak paslanmaz çelik (SS) tel içerikli kompozit iplik üretilmiştir. Üretilen kompozit iplik dokuma makinesinde kumaş formuna getirilmiştir. Ardından kumaş numunelerinin elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE) ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarına göre dokuma kumaş üretiminde SS tel içerikli kompozit iplik kullanımının üretilen kumaşa elektromanyetik dalgaları ekranlama özelliği kazandırdığı görülmüştür. Ayrıca sonuçlar kumaşın EMSE özelliği açısından, kumaş yapısı içerisindeki kompozit iplik yerleşim bilgisinin, kumaştaki kompozit iplik miktarından daha önemli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: TEMPEST, kompozit iplik, dokuma, elektromanyetik ekranlama etkinliği (EMSE).

DEVELOPMENT OF WOVEN FABRICS HAVE DIFFERENT STRUCTURES FOR TEMPEST SAFETY OF BUILDINGS OWNED MILITARY AND GOVERNMENT

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the woven fabrics have different structures for strengthening the buildings of the military and public institutions, against of the information content electromagnetic emissions which are spread unintentionally from inside in terms of information security. For this purpose, initially composite yarn containing stainless steel (SS) wire was fabricated in controlled conditions by means of hollow spindle covering system. Then this composite yarn was turned to fabric form on a weaving loom. Afterwards, electromagnetic shielding effectiveness (EMSE) of fabric samples was evaluated with coaxial holder method which was based on ASTM-D 4935 standard. According to the experimental results, it is found that the use of composite yarns containing SS wire in the production of woven fabrics provides EMSE properties. In addition, the results show that, the settlement of composite yarn in fabric structure is more important than the content of composite yarn, in respect of EMSE of fabrics.

Keywords: TEMPEST, composite yarn, weaving, electromagnetic shielding effectiveness (EMSE)

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: sinembilgin@gmail.com

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda, teknolojik cihazlarda yaşanan hızlı gelişmeler bu cihazların kullanım yaygınlığını da artırmıştır. 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, elektronik haberleşme ağları, baz istasyonları, bilgisayarlar v.b. tüm elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar.

Elektrik/elektronik cihazlardan yayılacak olan enerji ortamda bulunan diğer cihaz veya sistemlerin çalışmalarında bozulma veya kötüleşme olmasına neden olabilir. Buna Elektromanyetik Girişim (Elektromagnetic Interference-EMI) adı verilir. Cihazların diğer cihazlar üzerinde EMI nedeniyle kötüleşmeye yol açmadan ve ortamda bulunabilecek enerjiden etkilenmeden çalışmaya devam edebilmesine ise Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility-EMC) denir [1]. Elektromanyetik kirlilik tartışmalarının bilinmeyen bir yönü de kirlilikten yararlanmadır.

Elektromanyetik kirlilikten, gizli bilgilere erişme adına yararlanma TEMPEST diye adlandırılır. Bir başka ifadeyle TEMPEST, gizlilik dereceli bilgi işleyen elektrikli ve elektronik teçhizatın kaynaklanan istenmeyen elektromanyetik enerji yayılımlarını ve bu yayılımların araştırılmasını, incelenmesini ve kontrol altına alınmasını ifade eden bir terimdir. TEMPEST, fiziksel olarak, EMI'nın doğal bir sonucudur. Şekil 1'de TEMPEST problemine ait bir örnek gösterilmiştir [2].

TEMPEST, bilgi casusluğu, istihbarat temeline dayanır. İstihbarat ise, hasım ve/veya potansiyel hasımlara karşı yürütülen her türlü bilgi/veri toplama ve bunları değerlendirme çalışmalarına verilen ad olarak tanımlanabilir.

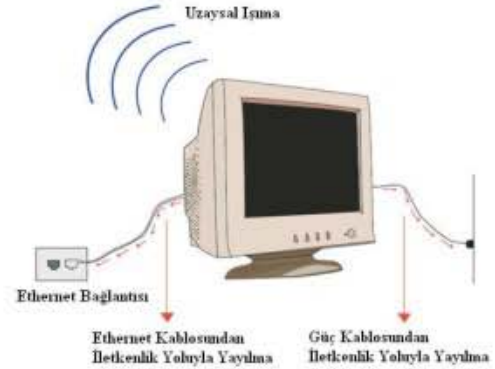


Şekil 1. Tempest problemine bir örnek [2]

TEMPEST kelimesinin bir kısaltmayı ifade edip etmediği, ediyorsa hangi kelimelerin kısaltması olduğu da oldukça tartışılan bir konudur. Ancak Amerikan Hava Kuvvetleri'nin gizliliğini kaldırarak yayınladığı bir dokümanda TEMPEST, "Transient Electromagnetic Pulse Emanation Standard" ifadesini oluşturan kelimelerin baş harfleri olarak tanımlanmıştır [3].

Elektromanyetik güvenlik (TEMPEST güvenliği), bir bilgisayarın veya herhangi bir elektrik/elektronik aygıtın çalışması esnasında yaydığı elektromanyetik ışınımın üçüncü bir kişi tarafından alınmasını ve/veya elde edilen işaretlerin işlenerek söz konusu elektrik/elektronik aygıtın işlediği bilgilere ulaşılmasını engellemektir. Elektromanyetik güvenlik tele iletişim sistemlerinden, bilgi işlem donatımından, kriptodan salımlanan elektromanyetik dalgalardan yetkisiz kişilerin bilgi çıkarımlarını engelleyici güvenlik önlemlerinin tümü olarak da tanımlanabilmektedir [4].

TEMPEST güvenliğini sağlayabilmek için, ilk olarak gizlilik dereceli bilginin istenmeyen bölgelere hangi yollarla ulaşabileceğini belirlemek gerekir. Bilgi içeren kaçaklar ya uzaysal ışımaya yoluyla ya da elektrikli iletkenlik yoluyla istenmeyen bölgelere ulaşabilirler (Şekil 2). Uzaysal ışımada yayılımlar havadan enerji yoluyla iletilirken, elektrikli iletkenlikte ise yayılımlar cihazın işaret veya güç kabloları yoluyla ya da cihazın yakınında bulunan herhangi bir metal eleman yoluyla iletilir [2].



Şekil 2. Uzaysal ışımaya ve elektrikli iletkenlik [2]

TEMPEST kaçaklarının engellenebilmesi, güvenliğin sağlanabilmesi için alınması gereken çeşitli önlemler vardır. TEMPEST bina değerlendirmesi ve TEMPEST cihaz değerlendirmesi, TEMPEST önlemlerinin önemli birer parçasıdır. Cihazlar ve binalar TEMPEST değerlerine göre sınıflandırılır. Cihazların TEMPEST testleriyle ilgili olarak Genelkurmay Başkanlığı tarafından MST 401-1(A) 'Türk Silahlı Kuvvetleri TEMPEST Test Standartları' dokümanı yayınlanmıştır. Bu doküman NATO tarafından yayınlanan SDIP-27 'NATO TEMPEST Requirements And Evaluation Procedures' dokümanının milli eşdeğeridir. Cihazlar bu dokümana göre değerlendirilir ve cihaz değerleri belirlenir [2].

Bina TEMPEST değerlendirmesi, bir bina veya bölge içinde kullanılacak cihaz ve sistemlerin doğru konuşlandırılmaları amacıyla bina içindeki ilgili bölgelerin elektromanyetik açıdan zayıflatma karakteristiklerinin yerinde test edilerek sınıflandırılmasıdır. Diğer bir deyişle bina TEMPEST değerlendirmesi binaların olası kaçak işaretlerinin istenmeyen bölgelere ulaşmasına karşı direncini karakterize eder [5].

Hassas bilginin işlendiği bölgenin binada bulunduğu konum zayıflatma değerlerine etki eder. Örneğin penceresi olmayan bir oda, zemin altında bulunan bir bölge veya dış alana mesafe olarak çok uzakta olan bir binanın zayıflatması yüksek olacaktır. Aynı şekilde bina ve dış alan arasında ağaçlıklı bir bölge olması veya tamamen açık bir alan olması da sonuçları olumlu veya olumsuz etkileyebilir. Bina TEMPEST değerlendirmesi ile ilgili bilgiler Genelkurmay Başkanlığı tarafından yayınlanan MY 401-1(A) 'Türk Silahlı Kuvvetleri TEMPEST Yönergesi'nde yer almaktadır. Bina değerlendirmesi konusundaki bilgiler NATO tarafından yayınlanan SDIP-28 'NATO Zoning Procedures' dokümanı ile eşdeğerdir [2].

TEMPEST önlemleri kapsamında yapılacak bina değerlendirme ölçümleri sonucunda hassas bilginin işlendiği bölgeler için bina TEMPEST değerleri belirlenir. Bu değerler kullanılarak binanın bütünü için bir TEMPEST değer haritası oluşturulur. Kullanıcılar bu bina değerlerini göz önüne alarak hassas bilgi işlemede kullanacakları cihazları ve tesisat kurallarını belirlemek zorundadır [5].

Bu çalışmada özellikle zorunlu olarak yerleşim birimleri içerisinde yer alan ya da zamanla yerleşim birimleri içerisinde kalmış olan içinde gizlilik dereceli bilgilerin işlendiği binaların, TEMPEST güvenliği adına güçlendirilebilmesi için pencere ve duvar içlerinde kaplama malzemesi olarak kullanılacak yapıda dokuma kumaşların geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada öncelikle içi oyuk iğli kaplama tekniği kullanılarak, SS tel üzerine 100 denye polyester (PES) ipliğinin S yönünde kaplanmasıyla (300 tur/m) metal içerikli kompozit iplikler üretilmiştir. Dokuma kumaşların üretiminde kullanılacak kompozit ipliklerin üretiminde çekirdek öz olarak korozyona karşı yüksek dayanımları

nedeniyle SS tel kullanılmıştır. Kullanılan SS teller 8,0 kg/dm³ yoğunlukta, 785 Ω/m DC dirence sahip, 35 mikron (Nm 131) AISI 316 L tipi paslanmaz çelik tellerdir. İçi oyuk iğli kompozit iplik üretiminde kullanılan sistemin şematik görünümü ve fotoğrafı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. İçi oyuk iğli kaplama makinesi şematik görünümü ve fotoğrafı

Çalışma kapsamında, numune kumaşların üretimi Leonardo Silver HI Driver Vamatex armürlü, kancalı dokuma makinelerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Dokuma makinesi 4 ana 2 kenar olmak üzere toplam 6 çerçeveye sahiptir. Kumaş numunelerinin özellikleri Tablo 1' de özetlenmiştir.

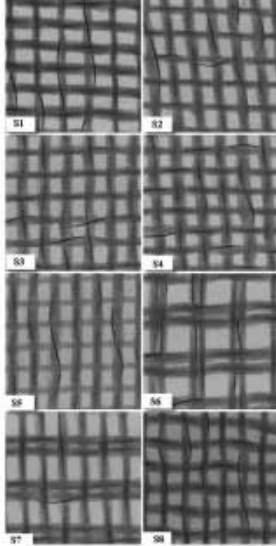


Şekil 4. Numune kumaşların üretiminde kullanılan dokuma makinesi

Tablo 1. Kumaş numunelerinin özellikleri

Kumaş Kodu	Örgü Tipi	Atkı İpliği	Atkı Sıklığı (atka/cm)	Çözümlü İpliği	Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	Gramaj (g/m ²)
S1	Bezayağı (1/1)	Kompozit iplik	21	Kompozit İplik	25	106
S2	Bezayağı (1/1)	Kompozit iplik	23	Kompozit İplik	25	112
S3	Bezayağı (1/1)	Kompozit iplik	25	Kompozit İplik	25	116
S4	Bezayağı (1/1)	Kompozit iplik	28	Kompozit İplik	25	120
S5	Bezayağı (1/1)	100 denye PES	25	Kompozit İplik	25	93
S6	Panama (2/2)	Kompozit iplik	28	Kompozit İplik	25	117
S7	Rib (2/2)	Kompozit iplik	28	Kompozit İplik	25	118
S8	Dimi (3/1)	Kompozit iplik	28	Kompozit İplik	25	118

Çalışma kapsamında üretilen numune kumaşların Olympus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak 30 kat büyütmede kaydedilen görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Üretilen kumaş numunelerinin görüntüleri

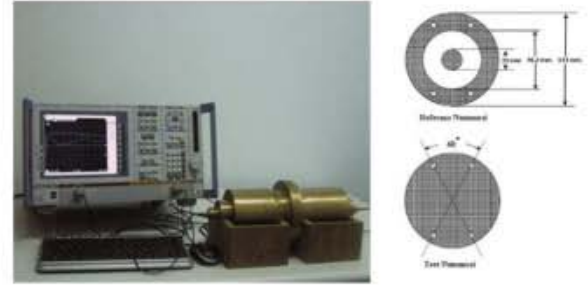
Numune kumaşların üretiminde, S5 kumaşı hariç, atkı ve çözgü ipliği olarak kompozit iplik kullanılmıştır (Tablo 1). S5 kumaşının üretiminde ise çözgü ipliği olarak kompozit iplik kullanılırken, atkı ipliği olarak 100 denye PES kullanılmıştır (Şekil 5).

Kumaş numunelerinin ekranlama etkinlik (SE) ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Bu ölçüm sistemi, bir koaksiyel tutucu ve R&S ZVB20 model bir network analizörden oluşmaktadır. SE değeri araya girme kayıpları dikkate alınarak, test numunesi ile referans numunesindeki zayıflama arasındaki farkın karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir. Bu metottaki test adaptörünün dış iletken iç çapı 76,2 mm ve iç iletken dış çapı 33 mm'dir (Şekil 6). Referans ve yük ölçümü aynı malzeme üzerinde yapılmaktadır. Referans numunesi, iletkeni ve flanşları da kapatacak şekilde flanşların arasına yerleştirilmiştir. Test numunesi ise flanşla aynı çapa sahip olan disk şeklindedir (Şekil 6).

Ölçümler sonunda, kumaş numunelerinin herbiri için network analizörden araya girme kaybını temsil eden, S_{21} değerleri alınmıştır. Kumaşların SE değerleri belirlenirken (1) denklemi kullanılmıştır.

$$SE_{dB} = 20 \log E_0/E_1 \quad (1)$$

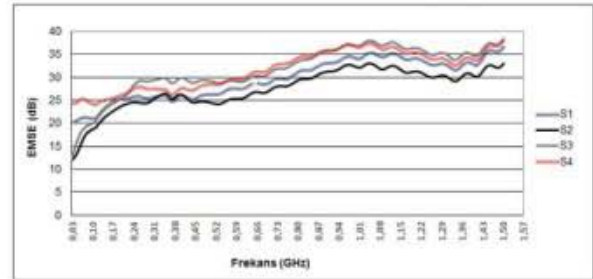
E_0 , referans numunesi ile ölçülen elektrik alan bileşeninin değerini ifade ederken; E_1 test numunesi ile yapılan ölçüm sonucunu ifade etmektedir. Bu sistemde ölçülebilir üst sınır 1,5 GHz, alt sınır 30 MHz'dir. Sistemin dinamik oranı (ölçülebilen maksimum ve minimum sinyaller arasındaki fark) 100 dB'dir. [7].



Şekil 6. ASTM-D 4935 standardına uyumlu koaksiyel tutucu metod için test aparatı

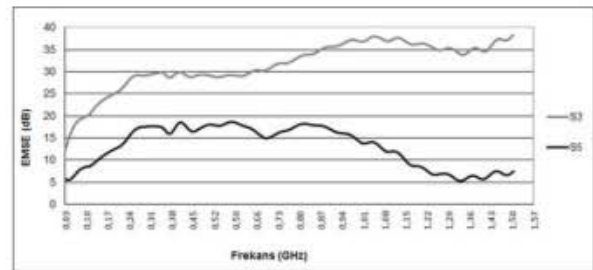
3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Üretilen kumaşların EMSE ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Kumaş numunelerinin EMSE değerleri Şekil 7, 8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 7. S1, S2, S3 ve S4 kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları

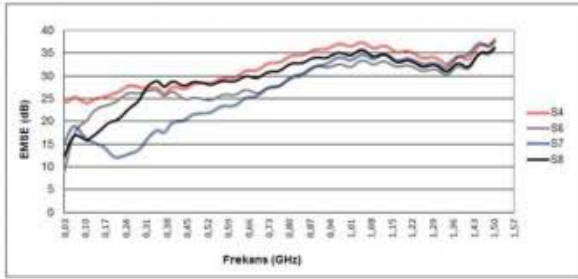
Farklı atkı sıklıklarına sahip kumaş yapılarının ekranlama etkinliği değerlerini gösteren grafik incelendiğinde, tüm kumaş yapılarının genelde benzer bir ekranlama etkinliği gösterdiği anlaşılmaktadır. S1 kodlu numune kumaş 0,79-1,5 GHz frekans aralığında, S2 kodlu numune kumaş 0,86-1,24 GHz frekans aralığında, S3 kodlu numune kumaş 0,65-1,5 GHz frekans aralığında, S4 kodlu numune kumaş ise 0,63-1,5 GHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri ekranlama etkinliği değerlerine ulaşmıştır (Şekil 7).



Şekil 8. S3 ve S5 kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları

Kumaş numuneleri içerisinde S5 kodlu kumaşın üretiminde yalnızca çözgü yönünde metal içerikli kompozit iplikler kullanılırken, diğer tüm kumaş numunelerinde hem atkı hem çözgü yönünde kompozit iplikler kullanılmıştır.

Bu durumun kumaşların ekranlama etkinliğine olan etkisini görebilmek için S5 kodlu kumaş ile aynı örgü yapısına ve sıklık değerlerine sahip S3 kodlu kumaşın ekranlama değerleri bir arada Şekil 8'de gösterilmiştir. S3 kodlu numune kumaş 0,65-1,5 GHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri ekranlama etkinliği değerine ulaşırken, S5 kodlu numune kumaşın 0,14-1,14 GHz frekans aralığında ekranlama etkinliğinin 10 dB ve üzeri bir değere ulaştığı görülmektedir. Şekil 8'de verilen grafikten de anlaşılacağı gibi her iki kumaşın ekranlama etkinliği değerleri arasında önemli farklılık bulunmaktadır. Bu farklılığı, sadece S5 kumaşının yapısındaki metal miktarının azlığı ile ilişkilendirmenin doğru olmayacağı, Şekil 7'de verilen farklı atkı sıklıklarındaki kumaş yapılarının ekranlama etkinliği değerleri incelendiğinde anlaşılacaktır. Kumaş yapısı içerisindeki metal içerikli kompozit ipliklerin miktarından daha ziyade konumlanma şekli kumaşların elektromanyetik dalgaları ekranlama kabiliyeti üzerinde daha fazla etkili olmaktadır. Atkıda metal içerikli kompozit iplik kullanılmadığı durumlarda dokuma kumaş elektromanyetik dalganın dikey polarizasyonu için herhangi bir ekranlama kabiliyeti gösterememektedir. ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodunda kumaşların ekranlama kabiliyeti elektromanyetik dalganın yatay ve dikey polarizasyonu için ortalama olarak belirlenmektedir. Eğer kumaşlar yankısız oda metoduna göre farklı polarizasyonlar için test edilebilir ise, metal içerikli kompozit ipliğin yapı içerisindeki konumlanma durumunun elektromanyetik dalgaları ekranlama kabiliyeti üzerindeki etkisi daha da iyi anlaşılacaktır.



Şekil 9. S4, S6, S7 ve S8 kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları

Aynı çözgü ve atkı sıklığına fakat farklı örgü yapılarına sahip dokuma kumaşların ekranlama etkinliklerini değerlendirebilmek için S4, S6, S7, ve S8 kodlu kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları bir arada Şekil 9'da verilen grafikte gösterilmiştir. S4 kodlu numune kumaşın 0,63-1,5 GHz frekans aralığında, S6 kodlu numune kumaşın 0,82-1,5 GHz frekans aralığında, S7 kodlu numune kumaşın 0,85-1,5 GHz frekans aralığında, S8 kodlu kumaşın 0,71-1,5 GHz frekans aralığında 30 dB ve üzeri ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. 4 farklı örgü yapısına sahip S4, S6, S7 ve S8 kodlu kumaşların SE değerlerini karşılaştırdığımızda, tüm frekans aralığı boyunca genel olarak

bezayağı örgü yapısındaki S4 kodlu kumaşın en yüksek ekranlama etkinliğine sahip olduğu görülmüştür. (Şekil 9). Elektromanyetik dalganın frekansı arttıkça, farklı örgü yapısındaki kumaşlar birbirine yakın ekranlama etkinliği göstermektedirler. Bu durum frekans artışı ile elektromanyetik dalganın, dalga boyunun küçülmesi ile ilişkilidir. Dalga boyu küçüldükçe, elektromanyetik dalganın kumaş yapısındaki gözenerlerden (Şekil 5) geçmesi kolaylaşmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada metal içerikli kompozit ipliklerden farklı yapılarda üretilen dokuma kumaşların ekranlama etkinlikleri test edilerek yorumlanmıştır. Test sonuçları dikkate alındığında, üretimde metal içerikli kompozit iplik kullanımı ile dokuma kumaşlara ekranlama etkinliği özelliği kazandırılabilirliği görülmüştür.

Metal içerikli kompozit ipliklerden aynı örgü yapısı ve çözgü sıklığında ancak farklı atkı sıklıklarında üretilen kumaşların ekranlama etkinlik değerleri incelendiğinde, kumaşların ekranlama etkinlik değerlerinde belirgin bir farklılık tespit edilememiştir. Farklı frekanslar için ekranlama etkinliğindeki değişimin ise farklı atkı sıklıklarına sahip kumaşlarda benzer olduğu gözlenmiştir.

Elektromanyetik dalgaları ekranlama özelliğine sahip dokuma kumaş üretiminde iletken özelliğe sahip kompozit ipliklerin hem atkı hem çözgüde kullanımının, etkin bir ekranlama için zorunlu olduğu anlaşılmıştır.

Çözgü ve atkı sıklıkları aynı olan, örgü yapıları sırasıyla bezayağı, panama, ribs ve dimi olan kumaşların ekranlama etkinlik değerleri karşılaştırıldığında tüm frekans aralığı boyunca genel olarak bezayağı örgü yapısındaki kumaşın en yüksek SE değerine sahip olduğu görülmüştür.

Test sonuçları dikkate alındığında, askeri ve kamu kuruluşlarına ait binaların TEMPEST güvenliği için, bu çalışmada geliştirilen farklı yapılardaki kumaşların özellikle bu tarz binaların sivile bakan çok pencereye sahip noktalarının güçlendirilmesinde kullanılabilirliği düşünülmektedir.

TEMPEST güvenliği için kumaş yapıları geliştirilmesinde temel problem halihazırda elektromanyetik ekranlama ölçümlerinin kontrollü şartlarda laboratuvar ortamında gerçekleştiriliyor olmasıdır. Kumaşlar gerçek şartlarda uygulanmaya başlandığında, binanın konumu ve yapısı ile ilgili (pencerelerde kullanılan çerçevenin türü gibi) bir çok faktör devreye girecektir. Bu anlamda devletin ilgili kuruluşlarının ellerinde bulunan ilgili cihazlarla ölçümler yapılarak, kumaşların yapı içerisinde kullanımı ile ilgili know-how'ın oluşturulması, burada karşılaşılan problemler ışığında kumaşların geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kılıç, B., (2010), “*Elektromanyetik Test Altyapıları ve Montaj Yöntemleri*”, Cilt:2, Sayı:3, pp: 50-59
2. Kumbasar, A. H., (2010), “*TEMPEST*”, UEKAE Dergisi, Cilt: 2, Sayı:3, pp: 22-27.
3. Saraç, U., (2010), “*Tempest’in Keşfi ve Sinyal Analizi*”, UEKAE Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 3, pp: 30-35.
4. <http://www.tankado.com/index.php?2005/11/20/50-elektromanyetik-dinleme-ve-guvenlik-edg>, Kasım 2008.
5. Türetken, B., Kumbasar, A. H., (2010), “*Bina Tempest Değerlendirme Kriterleri ve Ölçüm Sistemi*”, UEKAE Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 3, pp: 38-41.
6. ASTM D4935-99 Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials
7. Wieckowski, 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), pp: 18-22.