

## Halı Üretiminde İletken Filamentlerin Kullanım Olanaklarının Araştırılması

İlkan ÖZKAN\*<sup>1</sup>, Pınar DURU BAYKAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 13.06.2016

Kabul tarihi: 23.11.2016

### Öz

Yapılan çalışmada metal ve metalize iletken filamentlerin halılarda kullanım olanakları ve halılara kazandırması muhtemel özellikler araştırılmıştır. Halılar hav iplikleri, zemin çözgüsü, zemin atkısı ve dolgu iplikleri gibi farklı iplik gruplarından meydana gelirler. Çalışmada öncelikli olarak metal ve metalize filamentlerin halılara en düşük maliyetle yerleştirilecek iplik grubunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda yerleşim yerinin etkisi ve düşük kullanım miktarı nedeniyle zemin çözgüsü tercih edilmiştir. Zemin çözgüsünde kullanılacak tekstüre polyester iplikler ile iletken filamentler puntalama işlemiyle birleştirilmiştir. Bu ipliklerin zemin çözgüsünde kullanılmasıyla üretilen numune halılara seçilen performans testleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulamanın, halılara antibakteriyel, antimantar, antistatik, ve elektromanyetik ekranlama özelliklerini kazandırdığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Antibakteriyel, Antimantar, Antistatik, Elektromanyetik ekranlama, Halı

### Investigation of Usage Possibilities of Conductive Filaments in Carpet Production

#### Abstract

In this study, usage possibilities of conductive filaments in the carpet production and potential properties provided by them were investigated. Carpet contains different yarn groups such as pile yarns, ground warps, ground wefts, and fill yarns etc. First step of study is determining the yarn groups that provide the lowest cost with conductive filaments usage. Backing warps are suitable for this aim because of their placement and low usage amount. Carpet samples were produced with using commingled backing yarns and selected performance test were performed. It has been identified that the carried application provides antibacterial, antifungal, antistatic and electromagnetic shielding properties to carpet samples.

**Keywords:** Antibacterial, Antifungal, Antistatic, Electromagnetic shielding, Carpet

---

\* Sorumlu yazar (Corresponding author): İlkan ÖZKAN, [iozkan@cu.edu.tr](mailto:iozkan@cu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Halıcılık kökeni milattan önceki yüzyıllara dayanan dokumacılık sanatının bir dalıdır. Kaba dokumalarda çözümlenmiş ipliklerine, uçları dışarı sarkan renkli yün ve tiftiklerin düğümlenmesiyle hayvan postlarının taklit edilerek zamanla asıl halı yapısının geliştiği düşünülmektedir. Halıcılık Anadolu'ya Selçuk Türkleri tarafından girmiş ve gelişmiştir. İstanbul'un fethinden sonra İtalya ve Güney Fransa'ya giden dokumacı ve halı ustaları tarafından 16. Yüzyılda Güney Fransa'da Türk düğüm tekniğiyle üretilmeye başlanmıştır. 1539 yılında Avrupa'da dikey el tezgahında ilk halı dokunmuştur. 1604 yılında Paris'te Pierre du Pont ilk yatay yarı otomatik halı tezgahında dokumayı gerçekleştirmiştir. Türkiye I. Dünya Savaşı'nın sonuna kadar dünya halı ticaretinde önemli kavşak noktalarından biri olmayı başarmıştır. Fakat 1929 ekonomik buhranı ve makineleşmenin etkisiyle halıcılıkta önemli duraklamalar görülmüştür. 1945 yılından itibaren iç piyasaya yönelik olarak gelişmeler yaşanmıştır. İnsanların yaşam seviyelerinin artmasıyla ihtiyaçlarda artmış ve bu gereksinimi karşılayamayan el halısına makine halısı destek vermiştir. Türkiye' de ilk makine halı fabrikası 1953 yılında İzmir' de kurulmuştur. Başlarda el halıcılığını baltalayacağı için istenmeyen makine halıcılığı 1970 yılından sonra gelişmeye başlamıştır [1].

Bir yer döşemesi olarak halı evler, oteller, restoranlar vb. ticari ve sosyal mekanlarda kendine kullanım alanı bulmaktadır. Halı üretiminde kullanım yerine göre estetik özellikler kadar halının performans özellikleri de dikkate alınmalıdır. Halı diğer yer döşemeleri karşısında avantajlara sahiptir bunlar;

*Halı sıcaklık ve konfor sağlar:* Halı termal direnç sağlar. Özellikle soğuk bölge ve iklimlerde, halı sıcak havayı daha uzun süre tutarak enerjinin korunmasını ve enerji maliyetlerinin düşmesini sağlar. Halı konforlu bir çalışma ortamı sağlar ve genel bir sıcaklık hissi yaratır.

*Kayma ve düşmelere karşı güvenlidir:* Halı ayaklar için ideal bir yastık vazifesi görür, kayma ve

düşmeleri azaltır ve düşme durumunda yaralanmaları minimuma indirir. Halı herkes için koruma sağlar fakat okul, hastane ve bakım evleri gibi tesislerde bulunan yaşlı ve çocuklar için özellikle faydalıdır.

*Gürültüyü azaltır:* Günümüzde birçok işyeri açık ofis sistemiyle çalışmakta böyle bir ortamda yapılan telefon görüşmeleri ve çalışanlar arasındaki iletişim rahatsız edici olabilmektedir. Halı gürültüyü absorbe ederek çalışanların verimliliğini arttırmaya yardımcı olur. Halı zemininde yapılan tamponlama gürültüyü daha da azaltır.

*Görüntüsünü korur:* Temizliği ve bakımı düzgün yapıldığı takdirde halı uzun yıllar güzel görünümünü koruyacaktır. Fakat halı sahipleri halı üreticilerinin bakım talimatlarına ve tavsiyelerine uymalıdır.

*İç hava kalitesini artırır:* Halı havadaki alerjen ve diğer partikülleri tutarak kullanıldığı iç alanın hava kalitesini artırır ve bu partiküller vakumla halıdan uzaklaştırılabilir. Ek olarak halının ortak kullanım alanlarında diğer zemin kaplamalarına göre uçucu organik bileşik yayımı en düşük zemin olması daha az temizlik kimyasalı gerektirir.

*Zaman ve paradan tasarruf sağlar:* Halının başlangıç maliyeti ve kullanım ömrü boyunca ortaya çıkacak bakım maliyetleri genellikle sert zemin döşemelerinden daha düşüktür. Ek olarak halı temizleme daha az çalışma gerektirir. Ticari binaların bakım programları üzerinde yapılan bir araştırma halının sert yüzeylere göre daha az maliyet yarattığını göstermiştir [2].

Halının bir zemin döşemesi olması ve partikül tutma özelliği mikroorganizmaların (bakteri, mantar vb.) gelişmesi için gerekli ortamı sağlamaktadır. Bir tekstil ürünü olan halı da tekstil endüstrisindeki gelişimlerden uzak kalamamaktadır. Tekstilde uygulanan antibakteriyel işlemler ve kullanılan antibakteriyel özelliklerdeki lifler halı üretiminde de kendisine yer bulmakta bu sayede halıların neden olabileceği muhtemel sağlık problemlerinin önüne geçilmiş olmaktadır.

Statik elektrik, dingin haldeki elektriği belirtir ve çevresindeki maddelerle etkileşen malzemenin yüzeyindeki elektriksel dengesizliktir. Bir atom ya da molekül elektron kaybettiğinde veya kazandığında bu dengesizlik oluşmaktadır. Normalde atomda proton ve elektron sayısı birbirine eşittir ama elektronlar kolayca bir atomdan diğerine geçebilmektedir. Statik elektrik, tabiiatta birbirinden farklı veya aynı, iletken veya yalıtkan iki maddenin temas etmesi ve sonra ayrılması veya sürtünme meydana getirmesi sebebiyle kendiliğinden oluşur. İnsanların statik elektrik yüklenmesi yürüme esnasındaki halı, parke vb. zeminler ile sürtünmelerden, araçlara inip binerken meydana gelen sürtünmelerden, masa ile meydana gelen temaslardan, kıyafet giyme-çıkarmadan dolayı oluşabilir [3]. Farklı bağıl nem seviyelerinde insan hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri ve bunları oluşturan faktörler Çizelge 1’de verilmiştir [4].

**Çizelge 1.** İnsanların hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri [4]

Faktör	Bağıl Nem (%)		
	10	40	55
Halı üzerinde yürümek	35000 V	15000V	7500V
Vinil karo üzerinde yürümek	12000V	5000 V	3000V
Tezgah işçisinin hareketleri	6000 V	800 V	400 V
Devre elemanlarını plastik ambalajdan çıkarmak	2000 V	700 V	400 V
Devre kartlarını baloncuklu ambalajdan çıkarmak	26000V	20000V	7000V
Poliüretan köpük sandalyeden kaynaklanan	18000V	8000 V	1500V

Halı, yapısında kullanılan liflerin yalıtkan özellikleri nedeniyle statik elektriklenmeye eğilimli bir tekstil ürünüdür. Bu durum taşıma, depolama ve kullanım ile üretim sırasında çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Halı kullanılan alanlarda

statik elektriklenme önemli bir problemdir. Halıda meydana gelen statik elektrik yükü ortamda bulunan tozun halı tarafından çekilmesine neden olur. Statik yük deşarj edilmez ise bu tozlar halı yüzeyinde tutunur. Statik elektriğin getirdiği bu dezavantajların önüne geçilmesi için halı ile iletken zemin arasında elektrik yükünün transfer edileceği bir köprü oluşturulmalıdır. Antistatik özellikli kimyasallar ile muamele veya iletken özellikli filamentlerin yapıda kullanılması gibi uygulamalar statik elektriklenmeyi önlemeye yardımcı olacaktır.

Elektrikli ve elektronik araçlar tarafından ortama yayılan elektromanyetik dalgaların canlıların sağlığı ve elektronik cihazlar üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Elektromanyetik yayınının neden olduğu zararların azaltılması, çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli hale gelmiştir. Elektromanyetik enerjinin insan sağlığı ve elektronik cihazlar üzerindeki etkilerinin önlenmesine yardımcı olacak malzemeler üzerindeki çalışmalar artarak devam etmektedir. Elektriksel olarak iletken olan tekstil yüzeyleri istenmeyen elektromanyetik dalgaların kalkanlanması amacı ile kullanılan ürünler arasında yer almaktadır [5]. Elektromanyetik radyasyondan korunmada temel yöntem ekranlamadır. Ekranlamayı basit olarak bir elektronik ürünün tamamının veya bir kısmının metalik bir muhafaza ile tamamen kapatılması şeklinde ifade etmek mümkündür. Malzemelerin ekranlama etkinliği (SE-Shielding Effectiveness) uygulama alanını belirleyen bir parametredir. Tekstil materyallerinin SE değerleri fiili olarak ölçülmek suretiyle belirlenebilmektedir [6].

Yapılan çalışmada iletken metal ve metalize filamentler halı zemin çözgüsünde kullanılarak antibakteriyel, antimantar özellik, elektromanyetik kalkanlama etkinliği ve antistatik özelliklerin tamamının ürüne kazandırılması hedeflenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmasında tekstil sektöründe antibakteriyel, antimantar, elektromanyetik

kalkanlama etkinliği ve antistatiklik özellikler üzerine yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Chen ve arkadaşları [7], yaptıkları çalışmada zirkonyum, bakır, alüminyum, gümüş ince cam film tabakalarının antimikrobiyal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada bakır ve gümüş kaplamaların belirgin bir antimikrobiyal etki sağladığı belirtilmiştir. Sharifahmadian ve arkadaşları [8], taramalı elektron mikroskobu ile bakır kaplamaların mikroyapı ve yüzey mikromorfolojisini incelenmiş ve antibakteriyel özelliklerini analiz etmiştir. Çalışmada bakır kaplama yüzeylerin anti bakteriyel özellikleri paslanmaz çelik ve ticari olarak kullanılan bakır plakalar ile kıyaslanmış ve kaplanmış bakır yüzeyin diğerlerine göre çok iyi bir anti bakteriyel davranış sergilediği belirtilmiştir. Özyüzer ve arkadaşları [9], çapları 65 µm olan multifilament sentetik polipropilen liflerin yüzeylerinin yüksek vakum altında nanometre kalınlığında Cr ve Ag gibi elektriksel iletken metal filmler ile kaplanmış, elektriksel iletkenlik ve antibakteriyel özelliklerini incelemiştir. Çalışmada artan kaplama kalınlığı ile antistatik ve antibakteriyel özelliklerin olumlu olarak etkilendiğini, kaplama kalınlığı 120 µm olduğunda antibakteriyel özelliğin %99,9'a çıktığı belirtilmiştir. Jiang ve arkadaşları [10], polyester/pamuk karışımı kumaşa kimyasal gümüş kaplama işlemi uygulamış ve işlem sonrası kumaş özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmiştir. Uygulama sonrası kumaş renginde beyazdan griye doğru bir değişim olduğu, ağırlık, kalınlık ve atkı/çözgü yönündeki eğilme dayanımı değerlerinde artış olduğu, kaplama sonrası ultraviyole radyasyona karşı dayanımın mükemmel seviyelere ulaştığı, Escherichia coli ve Staphylococcus aureus bakterilerine karşı etkin bir koruma sağladığı ve iyi bir anti statik özellik gösterdiği belirtilmiştir. Lee ve arkadaşları, [11], pamuk ve polyester kumaşlar üzerinde nano boyutlu gümüş koloidal solüsyonunun antibakteriyel etkinliğini gram-pozitif ve

gram-negatif bakteriler (S. aureus ve K. pneumoniae) kullanarak incelemişlerdir. Kumaş üzerinde antibakteriyel etkinliğin nano boyutlu gümüş koloidal solüsyonu kullanılarak kolayca elde edilebileceği ve iyi bir yıkama dayanımı sağlayacağı belirtilmiştir. Nakashima ve arkadaşları [12], bakır sülfat ve çinko sülfat metalik tuzları ile muamelenin selülozik kumaşların üç bakteri türü üzerindeki antibakteriyel aktivitesini incelemiştir. Kumaşların antibakteriyel aktivitelerinin metal tuzları ile muamele sonrasında önemli ölçüde arttığı bu artışın azda olsa adsorbe edilen metal iyon miktarına bağlı olduğu buna karşın metal iyon ve kumaş türünden bağımsız olduğu belirtilmiştir. Çalışmada antibakteriyel aktivitenin 10 yıkamaya kadar devam edeceği de vurgulanmıştır. Maclaga ve Fisher [13], yaptıkları çalışmada iletken lifler içeren halıların statik yük dağılım mekanizmasını incelemiştir. Çalışmada statik yük dağılımının iletken lif uçları etrafında serbest iyon oluşumu ile korona deşarjına bağlı olduğunu iletken filamentlerin birbirine bağlı olduğu halılarda statik yayılım ve korona deşarj performansının arttığını ifade etmişlerdir. Männer ve arkadaşları [14], Tencel liflerinin halı üretiminde kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmada polyester, polipropilen ve yün liflerinin standart şartlarda elektriksel direncinin Tencel liflerinden 100 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Duru Baykal ve Sıgnak [15], Metal ipliği iki adet penye iplik ile birlikte katlayıp bükerek elde ettikleri %3-7 oranında metal içeren iplikleri dokuma kumaş üretiminde atkı olarak kullanmışlardır. Çalışma kapsamında kumaşta kullanılan metal ipliklerin kumaşın boyut değişimi, mukavemet ve boncuklanma gibi performans özelliklerini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Kullanılan metal ipliğin atkı yönünde mukavemeti düşürdüğü dikiş açılması açısından da benzer sonuçlara neden olduğu, metal iplik içeren kumaşların boncuklanma değerlerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir. Kessler ve Fisher [16], halı üzerinde yürüyen insanlar üzerinde meydana gelen

gerilim hakkında yaptıkları çalışmada triboelektrik şarjın insanlarda oluşan statik yük birikimindeki rolünü araştırmışlardır. Kacprzyk ve Domagala [17], halı hav tabakası içerisine iletken yerleştirmiş ve numunelere yürüme testi uygulamışlardır. Kullanılan metal filamentlerin ölçülen ana potansiyeli azalttığı ve test boyunca periyodik deşarjlara neden olduğu belirtilmiştir. Deşarj frekansı gibi maksimum ana potansiyel değerinin de iletken filamentlerin yoğunluğuna bağlı olduğu ifade edilmiştir. Altafım ve arkadaşları [18], sabit akım korona triod yönetimini kullanarak halı örneklerinin elektrostatik karakterizasyonunu incelemiştir. Yöntemde halı numuneleri üst kısımdan yüklenirken zemin kısmında bulunan kontrol devresi ile halıdaki elektrik yükü ölçülmüştür. Literatür araştırmasında ayrıca metal ve metalize filamentler kullanılarak iletken yüzeyli, antistatik ve elektromanyetik kalkanlama sağlayan kumaşların üretilebildiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda genel olarak farklı metaller (bakır, çelik, gümüş vb.) farklı oranlarda kullanılmış, kumaşta yerleşim ve sıklıkları değiştirilerek elektromanyetik kalkanlama etkinlikleri analiz edilmiştir [19-22].

Yapılan literatür çalışması sonucunda, tekstil ürünlerinde metallerin kullanımı ile antibakteriyel ve elektromanyetik koruma amaçlı uygulamaların olduğu görülmüştür. Ancak bu çalışmaların halılara yönelik olmadığı ve ayrıca antibakteriyel, antistatik uygulamaların çoğunlukla terbiyede kimyasal madde veya metal iyonları kullanımı ile gerçekleştirildiği dikkat çekicidir.

Yapılan çalışma kapsamında, kimyasal veya nanometal partikül içerikli uygulamalar yerine daha çevreci bir uygulama olan doğrudan metal ve metalize filamentlerin kullanılmasıyla antibakteriyel, antimantar ve antistatik özelliğe sahip, üretim ve son kullanım alanında çevreye daha duyarlı halılar üretilmiştir. Bu filamentlerin uygun yerleşim ve yoğunlukta kullanılması tüm bu özelliklere ek olarak halıya elektromanyetik koruma özelliği de kazandırmıştır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

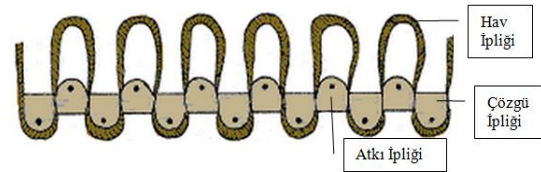
Çalışma kapsamında halı zemin çözgülerinde kullanılan 780 denye tekstüre polyester iplik Çizelge 2’de verilen metal ve metalize filamentler ile puntalanarak birleştirilmiştir.

**Çizelge 2.** Metal ve metalize filamentler ve özellikleri

İplik Türü	İletkenlik	Lineer Yoğunluk
Metalize Gümüş (Polyamid)	İletken	90 denye (30 filament)
Metalize Gümüş (Polyester)	İletken	82 denye (10 filament)
Mono Filament Bakır	İletken	160 denye (MonoFilament)

#### 3.2. Metot

Handtuft tipi halıların yapısında bulunan ipliklerin %90’a yakın bir kısmını hav iplikleri geri kalan yaklaşık %10’luk kısmı ise zemin çözgü ve atkı iplikleri oluşturmaktadır. Çalışmada metal ve metalize filamentlerin, daha az iplik miktarı içermesi ve bakteri-mantar oluşumuna daha elverişli ortam sağlayan kısmı olması nedeniyle zemin çözgüsünde kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Handtuft halı yapısı [2]

Çalışmada kullanılan 780 denye tekstüre polyester iplik Çizelge 2’de verilen metal ve metalize filamentler ile Hemaks HMX114 puntalama makinesi kullanılarak birleştirilmiştir. Elde edilen 3 farklı iplik halı zemin çözgüsü olarak kullanılarak Robot Handtuft halı makinesinde numune halılar üretilmiştir. Üretilen halı numuneleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Halı numunelerinin üst ve alt yüz görüntüleri

Şekil 2’de 1, 2 ve 3 nolu numunelerin zemininde sırasıyla metalize gümüş polyamid, metalize gümüş polyester ve monofilament bakır ile puntalanarak birleştirilen çözgü iplikleri kullanılmıştır. Halı zemininde kullanılan atkı iplikleri ile hav iplikleri tüm numunelerde sabit tutulmuş olup, atkı ipliği %95 polyester -%5 pamuk, hav ipliği ise % 00 akriliktir.

Üretilen zemin çözgülerinin halı numunelerine kazandırdığı özelliklerin tespiti için uygulanan performans testleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Halı performans testleri ve kullanılan standartlar

Test edilen özellik	Kullanılan standartlar
Antibakteriyel aktivite	TS EN ISO 20743: 2013 Tekstil – Antibakteriyel aprelenmiş kumaşlarda antibakteriyel aktivitenin tayini
Antifungal aktivite	AATCC 30, Antifungal activity on Textile material
Antistatik özellik	TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler- elektrostatik özellikler-bölüm 1: yüzey öz direnci
Elektromanyetik ekranlama etkinliği	ASTM D4935-99 Standard test method for measuring the electromagnetic shielding effectiveness of planar materials

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üretilen numune halılara akredite bir test laboratuvarında Çizelge 3’de belirtilen standartlar kullanılarak, antibakteriyel ve antifungal aktivite testleri yaptırılmıştır. Test sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Antibakteriyel ve antifungal aktivite test sonuçları

No	Test ve Mikroorganizma Türü		
	Antibakteriyel Aktivite		Antifungal Aktivite
	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>A. niger</i>
1	%99,9 Etkili	%99,9 Etkili	Ürediği gözlenmedi
2	%99,9 Etkili	%99,9 Etkili	Ürediği gözlenmedi
3	%99,9 Etkili	%99,9 Etkili	Ürediği gözlenmedi

Halı numunelerinin antibakteriyel aktivite testinde *S. aureus* ve *K. pneumoniae* bakterileri, antifungal aktivite testinde ise *A. niger* mantarı kullanılmıştır. Üretilen tüm halı numunelerinde yüksek antibakteriyel ve antifungal etki görülmüştür. Çizelge 4’deki sonuçlar uygulamanın *S. aureus* ve

K. pneumoniae bakterilerinin %99,9'unu öldürecek ve A. niger mantarının üremesine izin vermeyecek seviyede etkili olduğunu göstermektedir.

Halı numunelerine, antistatik özelliklerin tespiti için akredite bir test laboratuvarında Çizelge 3'de bulunan standart esas alınarak yüzey öz direnç testi gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Antistatiklik test sonuçları

Numune No	Yüzey öz direnci - r (ohm/cm <sup>2</sup> )
1	1.69 x 10 <sup>11</sup>
2	2.3 x 10 <sup>11</sup>
3	3.4 x 10 <sup>11</sup>

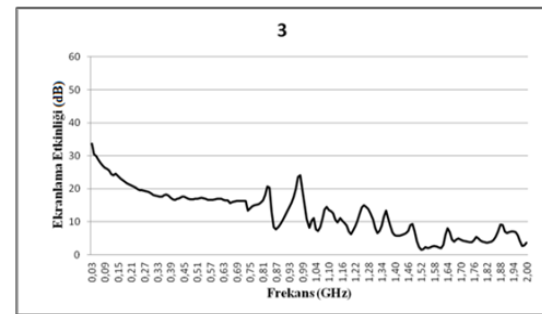
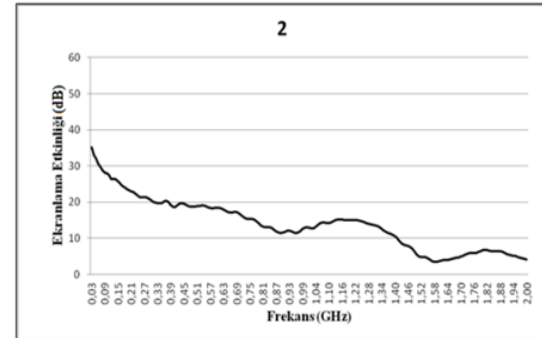
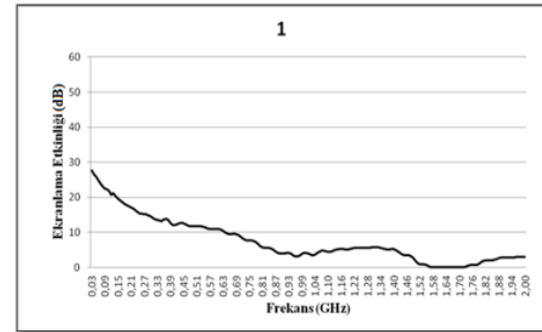
İletken malzemeler yüzey özdirenci 10<sup>5</sup> ohm/cm<sup>2</sup>'den daha düşük malzemelerdir. Yüzey özdirenci 10<sup>12</sup> ohm/cm<sup>2</sup>'den büyük olan malzemeler yalıtkan kabul edilir ve bunlar bir statik yük oluşturma kaynağıdır. Yüzey özdirenci 10<sup>5</sup>-10<sup>12</sup> ohm/cm<sup>2</sup> arasındaki malzemeler antistatik olarak kabul edilirler [4]. Çizelge 5 incelendiğinde üretilen numune halıların yüzey öz dirençleri 10<sup>12</sup> ohm/cm<sup>2</sup>'den küçük olup bu numuneler antistatik kabul edilmektedirler.

Üretilen halı numuneleri, elektromanyetik ekranlama etkinliğinin (SE) ölçülmesi amacıyla kontrollü test alanlarında ekranlama etkinliği ölçüm metodlarından biri olan Koaksiyel Tutucu Metoda göre test edilmiştir. Bu yöntem ASTM D 4935 standardını esas almakta olup, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin ekranlama etkinliği ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır [6]. Çizelge 6'da 0,01 GHz'de ekranlama değerleri verilmiştir. Buradan görüleceği üzere üç numunenin ekranlama performansı ortalama değer (30 dB) olarak kabul edilen seviyeyi geçmiştir [23].

**Çizelge 6.** Ekranlama etkinliği test sonuçları

Numune No	Ekranlama Etkinliği (dB)
1	37.07
2	40.81
3	36.25

Numunelere ait 0,03-1,88 GHz aralığında ekranlama etkinliği değerleri Şekil 3'de görülmektedir.



**Şekil 3.** 0,03-1,88 GHz aralığında ekranlama etkinliği grafikleri

Şekil 3 incelendiğinde tüm numunelerde ekranlama etkinliğinin düşük frekans değerlerinde en yüksek seviyelere ulaştığı buna karşın artan frekans değerleri ile ekranlama etkinliğinde düşüş meydana geldiği görülmektedir.

Tayvan tekstil federasyonu tarafından yayınlanan “Specified requirements of electromagnetic shielding textiles” isimli raporda ekranlama amacıyla kullanılacak tekstil materyalleri profesyonel kullanım ve günlük kullanım olmak üzere ikiye ayrılmakta ve kullanım yerine uygun ekranlama değerleri Çizelge 7’de sınıflandırılmaktadır [23].

**Çizelge 7.** Ekranlama değerleri sınıflandırması [23]

Kullanım Tipi	Ekranlama etkinliği (SE)	Sınıflandırma
Profesyonel kullanım	$SE > 60\text{dB}$	Mükemmel
	$60\text{dB} \geq SE > 50\text{dB}$	Çok iyi
	$50\text{dB} \geq SE > 40\text{dB}$	İyi
	$40\text{dB} \geq SE > 30\text{dB}$	Orta
Günlük Kullanım	$30\text{dB} \geq SE > 20\text{dB}$	Kabul edilebilir
	$SE > 30\text{dB}$	Mükemmel
	$30\text{dB} \geq SE > 20\text{dB}$	Çok iyi
	$20\text{dB} \geq SE > 10\text{dB}$	İyi
	$10\text{dB} \geq SE > 7\text{dB}$	Orta
	$7\text{dB} \geq SE > 5\text{dB}$	Kabul edilebilir

Şekil 3 ve Çizelge 7 birlikte değerlendirildiğinde üretilen numunelerin genel olarak düşük frekanslarda ortalamanın üzerinde ekranlama sağladığı görülmektedir. Frekans artışıyla ekranlama etkisi azalsa da bu değerlerin günlük kullanımda kabul edilebilir seviyenin üzerinde koruma sağladığı söylenebilir.

## 5. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir.

- Halı numunelerine yapılan antibakteriyel ve antifungal aktivite test sonuçları, numunelerin *S. aureus* ve *K. pneumoniae* bakterileri ile *A. niger* mantarına karşı yüksek etki sağladığını göstermiştir.
- Halı numunelerinin antistatik özelliklerinin tespiti için gerçekleştirilen yüzey öz direnç ölçüm sonuçlarının  $10^{12}$  ohm/cm<sup>2</sup>’den küçük olduğu ve numunelerin antistatik özellik gösterdiği tespit edilmiştir.
- Elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları numunelerin genel olarak düşük frekanslarda ortalamanın üzerinde ekranlama sağladığını, frekans artışıyla ekranlama etkisinin azaldığını fakat yine de değerlerin günlük kullanımda kabul edilebilir seviyenin üzerinde koruma sağladığını göstermiştir.

Yapılan çalışma göstermiştir ki, halı zemin çözgüsünde metal ve metalize filamentlerin kullanımı ile halılara antibakteriyel-antimantar özellik, antistatik özellik ve aynı zamanda elektromanyetik ekranlama özelliklerini kazandırmak mümkün olmaktadır. Üretilen numune halılar kullanım alanlarında dikey yönlü elektromanyetik dalga yayınımlarına karşı koruma sağlamakta ve halılara yeni bir kullanım özelliği katmaktadır. Sonraki çalışmalar açısından, metal ve metalize filamentlerin türü ve zeminde yerleşim şekli değiştirilerek araştırma genişletilebilir.

**Not:** Yapılan çalışma kapsamında elde edilen sonuçların bir bölümü Romanya’da gerçekleştirilen “15<sup>th</sup> Autex World Textile Conference” etkinliğinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur [24].

## 6. TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine (Proje Numarası: MMF2013D16 ve FBA-2014-3122) ve TÜBİTAK BİDEB 2211 Yurtiçi Doktora Burs Programına teşekkür ederiz.



## 7. KAYNAKLAR

1. Uyanık, S., 2012. Makine Halısı Üretimi, Öncü Basımevi, Ankara.
2. The Carpet and Rug Institute, 2013. <http://www.carpet-rug.org/Carpet-for-Business/Specifying-the-Right-Carpet/Carpet-and-Rug-Construction.aspx>.
3. Başarır, İ.F., 2013. Elektronik İmalat Aşamasında Güvenlik, Statik Elektriğe Karşı Önlemler, TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi, 447: 42-44.
4. Messina, J., 2009. AT&T Electrostatic Discharge Control, 2: 1-21, ABD.
5. Palamutçu, S., Dağ, N., 2009. Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(1):87-101.
6. Kılıç, G., Örtlek, H.G., Saraçoğlu, Ö.G., 2008. Elektromanyetik Radyasyona Karşı Koruyucu Tekstillerin Ekranlama Etkinliği (SE) Ölçüm Yöntemleri. (15) 72: 7-15.
7. Chen, H.W., Hsu, K.C., Chan, Y.C., Duh, J.G., Lee, J.W., Jang, J.S.C. Chen, G.J., 2014. Antimicrobial Properties of Zr–Cu–Al–Ag Thin Film Metallic Glass. Thin Solid Films, 561: 98-101.
8. Sharifahmadian, O., Salimijazi, H.R., Fathi, M.H., Mostaghimi, J., Pershin, L., 2013. Relationship Between Surface Properties and Antibacterial Behavior of Wire Arcspray Copper Coatings. Surface and Coatings Technology, 233: 74-79.
9. Özyüzer L., Meriç Z., Selamet Y., Kutlu B., Cireli A., 2010. Miknatıssal Saçtırma Sistemi ile Metal Kaplanan Polipropilen Liflerin Antistatik ve Antibakteriyel Özellikleri, Tekstil ve Mühendis, 17(78): 1-5.
10. Jiang S., Newton E., Yuen C.M., Kan C., 2007. Application of Chemical Silver Plating on Polyester and Cotton Blended Fabric, Textile Research Journal, 2:77-85.
11. Lee, H.J., Yeo, S.Y., Jeong, S.H., 2003. Antibacterial Effect of Nano Sized Silver Colloidal Solution on Textile Fabrics, Journal of Materials Science, 38: 2199 – 2204.
12. Nakashima, T., Sakagami, Y., Ito, H., Matsuo, M., 2001. Antibacterial Activity of Cellulose Fabrics Modified With Metallic Salts, Textile Research Journal, 71(8): 688-694.
13. Maclaga, B., Fisher, W.K., 2001. Static Dissipation Mechanism in Carpets Containing Conductive Fibers, Textile Research Journal, 71(4): 281-286.
14. Männer J., Ivanoff, D., Mareley, R.J., Jary, S., 2011. Tencel®-New cellulose Fibers for Carpets, Lenzinger Berichte, 89: 60-71.
15. Duru Baykal, P., Sıgnak, N., 2009. Metal İplik İçeren Dokuma Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Tekstil ve Konfeksiyon, 1: 39-44.
16. Kessler L., Fisher, W.K., 1997. A Study of the Electrostatic Behavior of Carpets Containing Conductive Yarns, Journal of Electrostatics, 39: 253-275.
17. Kacprzyk, R., Urbaniak-Domagata, W., 1997. Discharge of the Carpet Type Structure Antistatized by Introduction of Conducting Fibres, Journal of Electrostatics, 40(41): 553-558.
18. Altafim, R.A.C., Fujiwara, J.K., Giacometti, J., 1997. Electrostatic Characterization of Carpets Using a Corona Triode. In Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, IEEE 1997 Annual Report., Conference on 2: 591-594.
19. Chen, H.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: 549-554.
20. Cheng, K.B., Cheng, T.W., Nadaraj, R.N., Dev, V.G., Neelakandan, R., 2006. Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Twill Copper Woven Fabrics, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 25(7): 699-709.
21. Su, C.I., Chern, J.T., 2004. Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness. Textile Research Journal, 74(1): 51-54.
22. Roh, J.S., Chi, Y.S., Kang, T.J., Nam, S.W., 2008. Electromagnetic Shielding Effectiveness

- of Multifunctional Metal Composite Fabrics, Textile Research Journal, 78(9): 825-835.
- 23.** Taiwan Textile Federation, 2005. Specified Requirements of Electromagnetic Shielding Textiles, Document No. FTTS-FA-003.
- 24.** Özkan, İ., Baykal P.D., 2015. Developing the Carpet Having Electromagnetic Shielding and Antimicrobial Properties, 15<sup>th</sup> Autex World Textile Conference, June10-12, Bükreş/Romanya.