



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

---

**Tufting Halılarda Hav Yoğunluğu ile Elektriksel Direnç İlişkisinin Araştırılması**

**Investigation of Relationship Between Tufting Carpet's Surface Resistivity and Pile Density**

İlkan ÖZKAN, Pınar Duru BAYKAL  
Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 1 Ekim 2018 (1 October 2018)

---

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

İlkan ÖZKAN, Pınar Duru BAYKAL (2018): Tufting Halılarda Hav Yoğunluğu ile Elektriksel Direnç İlişkisinin Araştırılması, Tekstil ve Mühendis, 25: 111, 241-246.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/1300759920182511108>

**Sorumlu Yazara ait Orcid Numarası (Corresponding Author's Orcid Number) :**

<https://orcid.org/0000-0003-1461-2203>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## TUFTING HALILARDA HAV YOĞUNLUĞU İLE ELEKTRİKSEL DİRENÇ İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İlkan ÖZKAN  
Pınar Duru BAYKAL\*

Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 19.02.2018  
Kabul Tarihi / Accepted: 28.08.2018

**ÖZET:** Statik elektrik, çevresindeki maddelerle etkileşen malzemenin yüzeyindeki elektriksel dengesizliktir. Halılar yapısında kullanılan liflerin yalıtkan özellikleri nedeniyle statik elektriklenmeye yatkındır. Halılar, yüzeyde hav iplikleri ile zemin yapısını oluşturan iplik gruplarından oluşmaktadır. Yapılan çalışmada statik elektriklenmenin halı hav yoğunluğu ile ilişkisi araştırılmıştır. Bu amaçla üç farklı hav yoğunluğuna sahip tufting halı numuneleri üretilmiş ve bu numunelerin elektriksel dirençleri (yüzey özdirenci ve hacimsel direnç) ölçülmüştür. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler hav yoğunluğundaki artışın elektriksel direnç üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık meydana getirmedini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Statik elektriklenme, Halı, Hav yoğunluğu, Yüzey özdirenci

### INVESTIGATION OF RELATIONSHIP BETWEEN TUFTING CARPET'S SURFACE RESISTIVITY AND PILE DENSITY

**ABSTRACT:** Static electricity is the electrical imbalance in the surface of the material that interacts with the surrounding materials. Carpets are prone to static electricity due to the insulating properties of the fibers used in its structure. Carpets consist of pile yarns on the surface and yarn groups in the backing structure. In this study, the relationship between static electricity and carpet pile density was investigated. For this purpose, samples of tufting carpet with three different pile densities were produced and the electrical resistances (surface resistivity and volume resistance) of these samples were measured. The obtained data were statistically analyzed and evaluated. The assessments showed that the increase in the pile density did not cause a statistically significant difference in electrical resistance of tufting carpets.

**Keywords:** Static electricity, Carpet, Pile density, Surface resistivity

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: p.duru@cu.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-1461-2203>  
DOI: 10.7216/1300759920182511108, [www.tekstilmuhendis.org.tr](http://www.tekstilmuhendis.org.tr)

## 1. GİRİŞ

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 [1].

Statik elektrik, plastik levha, kağıt karton ve tekstil gibi yalıtkan malzemelerle çalışan birçok endüstrinin sorunudur. Elektrostatik itme veya çekme nedeniyle malzeme ya makineye ya da birbirine yapışır. Bu durum çok ciddi kalite sorunlarına yol açabilir. Statik elektriklenme nedeniyle toz veya diğer kir parçacıkları malzemeye yapışır. Çok yoğun elektrostatik birikme sonucu çıkan elektrik şokları personelde yaralanmalara yol açabileceği gibi, aynı zamanda yangınlara ve patlamalara da yol açabilir. Makinelerde bulunan sensörler, ölçme kafaları, yazıcı kafaları gibi elektronik malzemeler elektrostatik yüklenmeden etkilenebilir.

İnsan vücudu elektrostatik potansiyeli 3500 volta kadar bir şeyler hissetmeye başlar, 4500 volta kadar işitir, 5000 volt ve yukarısını görür. İnsanların almış oldukları statik elektrik hem sağlıklarına hem de kullanmış oldukları elektronik cihazlara zarar vermektedir. Elektronik cihazları kullanma ve taşıma esnasında bilerek ya da bilmeyerek üzerindeki statik elektriği devre elemanlarına boşaltmakta (elektrostatik deşarj) bu da o ekipmanları kullanışsız hale getirmekte ya da ömrünü azaltmaktadır. Birçok devre elemanı, komponentler, devreler, ileri teknoloji ürünleri, elektrostatik şarjın aniden değişimi yüzünden istenmeyen arızalara ve ürün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Statik elektrik boşalımından etkilenen ekipmanlar; tranzistörler, diyotlar, lazer diyotları, elektro-optik cihazlar, hassas film rezistörleri, ince ve kalın film rezistörleri, kapasitörler, farklı yarı iletkenler, mikro devreler, hibrid cihazlar, piezoelektrik kristalleri ve hatta daha komplike entegrasyonlu devre cihazları olarak sıralanabilir [1].

Farklı bağıl nem seviyelerinde insan hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri ve bunları oluşturan faktörler Tablo 1’de verilmiştir [2].

**Tablo 1.** İnsanların hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri [2]

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
Üretan Köpük sandalyeden kaynaklanan	18000V	8000 V	1500V

Halı, yapısında kullanılan liflerin yalıtkan özellikleri nedeniyle statik elektriklenmeye eğilimli bir tekstil ürünüdür. Mateyaller yüzey özdirenç değerlerine göre yalıtkan, antistatik ve iletken olarak sınıflandırılırlar (Tablo 2).

**Tablo 2.** Materyallerin yüzey özdirenç değerlerine göre sınıflandırılması [3]

Sınıflandırma	Yüzey Özdirenci (ohm/kare)
İletken	$<10^5$
Antistatik	$10^5-10^{12}$
Yalıtkan	$>10^{12}$

Yalıtkan malzemeler özdirençleri çok yüksek olan malzemelerdir. Bu tür malzemeler elektrik akımını güçlükle iletirler. Bu nedenle yalıtkan malzemeler iletkenlerden farklı olarak elektronları yapılarında tutarak kullanıldıkları yüzeylerde statik yük birikimine neden olurlar.

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.

Yapılan literatür araştırmasında tekstil sektöründe antistatiklik üzerine yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Maclaga ve Fisher, yaptıkları çalışmada iletken lifler içeren halıların statik yük dağılım mekanizmasını incelenmiştir. Çalışmada statik yük dağılımı iletken lif uçları etrafında serbest iyon oluşumu ile korona deşarjına bağlı olduğu, iletken filamentlerin birbirine bağlı olduğu halılarda statik yayılım ve korona deşarj performansının arttığı ifade edilmiştir [4]. Männer ve ark., Tencel liflerinin halı üretiminde kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmada polyester, polipropilen ve yün liflerinin standart şartlarda elektriksel direncinin Tencel liflerinden 100 kat fazla olduğu belirtilmiştir [5]. Kessler ve Fisher, halı üzerinde yürüyen insanlarda oluşan elektriksel gerilim üzerinde araştırma yapmıştır. Çalışmada triboelektrik şarjın halı üzerinde yürüyen insanlarda meydana gelen statik yüklenmedeki rolü araştırılmıştır [6]. Kacprzyk ve Domagala, halı hav tabakası içerisine iletken filamentler 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 [7]. Altafım ve ark., 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 [8]. Özyüzer ve ark., yaptıkları çalışmada

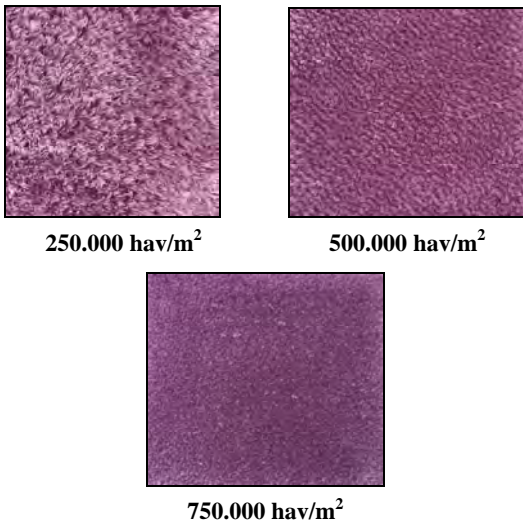
multifilament sentetik polipropilen liflerin yüzeylerini yüksek vakum altında Cr ve Ag gibi elektriksel iletken metal filmler ile kaplamış ve elektriksel iletkenlik ve antibakteriyel özellikleri incelemiştir. Uygulanan yöntem ile metal filmin lif yüzeyine boşluk kalmayacak şekilde tutunduğu ve film yüzeyinde herhangi bir çatlama veya süreksizlik görülmediği ifade edilmiştir. Ayrıca Cr ve Ag film kalınlığı arttıkça iletkenliğin arttığı, kaplama öncesinde  $10^{12}$  ohm mertebesinde olan örnek dirençlerinin kaplamadan sonra  $10^7 - 10^8$  ohm düzeyine kadar düştüğü belirtilmiştir [9].

Literatürde halıların elektriksel direnci üzerine çeşitli araştırmaların olduğu, bunların çoğunlukla farklı özelliklerdeki liflerin elektriksel dirence etkilerinin incelendiği çalışmalar olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada ise hacimli bir yapıya sahip olan halı numunelerinde direnç ölçümleri hem yüzeyde hem de kalınlık doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, hav yoğunluğundaki değişimin tufting halıların yüzey öz direnci ve hacimsel direnci üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında 250.000-500.000-750.000 hav/m<sup>2</sup> yoğunluklarında tufting halı numuneleri üretilmiştir. Numunelere ait resimler artan yoğunluk sırasına göre Şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Tufting halı numuneleri [10]

Halı numunelerinin tamamında hav yüksekliği 16 mm olarak sabit tutulmuştur. Üretilen numunelerin zemin kumaşı %95 polyester - % 5 pamuk, hav tabakası ise Nm 15/3, % 100 akrilik ipliklerden oluşmaktadır. Akrilik lifleri yapısında % 1,2-2,6 arasında nem ihtiva eder. Elektriklenme özelliği çok fazla olduğundan çabuk kirlenir fakat leke tutmadığı için kolay temizlenir [11]. Akrilik lifleri halı üretiminde hav ipliği olarak yaygın bir kullanıma sahiptir.

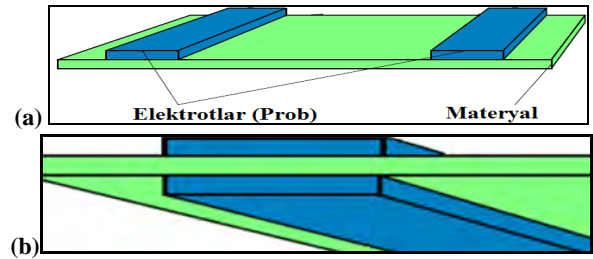
### 2.2. Metot

Çalışmada kullanılan numuneler HITEX marka Robotuft halı makinesinde üretilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. HITEX Robotuft halı makinesi

Üretilen numunelerin yüzey öz direnç testlerinde “TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler-elektrostatik özellikler-bölüm 1: yüzey öz direnci” standardı esas alınmıştır. Öz direnç ölçümlerinde genellikle elektrotlar materyal yüzeyine yerleştirilir (Şekil 3). Bu ölçüm şeklinde elektriğin sadece materyal yüzeyinde aktığı kabul edilir. Gerçekte bu durum doğru değildir ve malzemenin kalınlığı boyunca akan bir akım her zaman vardır. Sadece kalınlığı ihmal edilebilecek kadar ince yüzeyler için akımın sadece yüzeyde olduğu varsayılır [12]. Bu nedenle hacimli bir yapıya sahip olan halı numunelerinde direnç ölçümleri Şekil 3a ve 3b de verilen hem yüzeyde hem de kalınlık doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 25 °C sıcaklık ve % 50 bağıl nem değerlerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. (a) Yüzeyde direnç ölçümü (b) Kalınlık doğrultusunda direnç ölçümü

Elektriksel direnç ölçümleri “ELME Multimeg” cihazı ile her numune için 5 adet yüzey öz direnci ve 5 adet hacimsel direnç olmak üzere 10 adet gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Ölçümlerden elde edilen veriler SPSS 15.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 4. Dijital direnç ölçer (megohmmeter)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üretilen numune halıların elektriksel dirençleri hem yüzeyde (surface resistance) hem de kalınlık doğrultusunda (volume resistance) ölçülmüştür. Direnç ölçümlerine ait ortalama sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir.

**Tablo 3.** Yüzey özdirenç test sonuçları

Hav Yoğunluğu (Hav/m <sup>2</sup> )	Elektriksel Direnç (ohm/kare)	
	Yüzey Özdirenci	Hacimsel Direnç
250.000	1,43 x 10 <sup>9</sup>	0,559 x 10 <sup>9</sup>
500.000	1,25 x 10 <sup>9</sup>	0,372 x 10 <sup>9</sup>
750.000	1,64 x 10 <sup>9</sup>	0,347 x 10 <sup>9</sup>

İstatistik analizler kapsamında öncelikle parametrik testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır (Tablo 4).

Tablo'nun Asymp. Anlamlılık satırındaki değer 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.** Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

		Yüzey Özdirenci	Hacimsel Direnç
N		15	15
Normal Parametreler	Ort.	2E+009	7E+008
	St. Sp.	3E+008	3E+007
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,248	0,215
	Pozitif	0,248	0,137
	Negatif	-0,152	-0,215
Kolmogorov-Smirnov Z		0,959	0,833
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		<b>0,316</b>	<b>0,491</b>

**Tablo 5.** Varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F-değeri	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	2,8E+15	2	1,389E+15	1,844	<b>0,200</b>
Gruplar içinde	9,0E+15	12	7,532E+14		
Toplam	1,2E+16	14			
Yüzey Özdirenci					
Gruplar arasında	3,8E+17	2	1,924E+17	2,957	<b>0,090</b>
Gruplar içinde	7,8E+17	12	6,508E+16		
Toplam	1,2E+18	14			

**Tablo 6.** Elektriksel direnç için korelasyon analizi

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
Hav Yoğunluğu	Pearson korelasyon	-0,460	0,308
	Anlamlılık (2-Yönlü)	<b>0,085</b>	<b>0,265</b>
	N	15	15

Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Tablo 5' de verilmiştir. Tabloya göre hem hacimsel direnç hem de yüzey özdirenci için gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (anlamlılık değeri > 0,05).

Hav yoğunluğu ile özdirenç arasındaki etkileşimin varlığının yönünün tespit edilmesi amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6'da 0,05'den büyük anlamlılık değeri ile hav yoğunluğu ile hacimsel direnç ve yüzey özdirenci arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısının negatif olması negatif yönlü bir korelasyonu, bu değer 1'e yakın olması ilişkinin güçlü olduğunu ifade etmektedir. Analiz sonucunda hacimsel doğrultuda elde edilen -0,460'lık korelasyon değeri istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede olmasa bile hav yoğunluğu ile hacimsel direnç arasında negatif yönlü bir ilişki olduğunu yönündedir. Benzer şekilde yüzey özdirenci ile hav yoğunluğu arasındaki 0,308 lik korelasyon değeri hav yoğunluğu ile yüzey özdirenci arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları, halılarda hav yoğunluğundaki değişimin 250.000-500.000-750.000 hav/m<sup>2</sup> aralığında halının elektriksel direnci üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığını göstermektedir. Buna karşın hacimsel doğrultuda yapılan ölçümler hav yoğunluğundaki artışın bu doğrultudaki elektriksel direnci istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalttığını göstermiştir. Hacimsel doğrultuda yapılan ölçümlerde hav yoğunluğu arttıkça ölçüm yapılan probun altında kalan alanda akrilik elyaf yoğunluğunun artması ve bunun etkisiyle güçlü bir yalıtkan olan hava boşluklarının dolayısıyla hava miktarının azalması nedeniyle yalıtkanlık seviyesinin bir miktar düştüğü düşünülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir.

Ölçülen elektriksel direnç değerleri incelendiğinde halı numunelerinin 10<sup>12</sup> ohm/kare'den küçük direnç değeriyle antstatik aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu durumun zeminde bulunan % 5'lik pamuk elyafının hidrofil yapısından ve kısıtlar nedeniyle testin % 50 bağıl nem seviyesinde gerçekleştirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan istatistiksel analizler hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinde anlamlı bir değişiklik meydana getirmedğini ortaya koymuştur.

Hacimsel doğrultuda yapılan ölçümlerde hav yoğunluğundaki artışın elektriksel direnç üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmadığı fakat hav yoğunluğunun artışıyla hacimsel direncin düşüş eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Yüzey özdirencinin ise düzgün bir eğilim göstermediği görülmüştür.

Farklı tip halı numuneleri ve farklı ölçüm teknikleri (halı üzerinde yürüme trafiğini taklit eden) ile çalışmanın kapsamının genişletilebileceği düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. İnci Başarı, F., (2013), *Elektronik İmalat Aşamasında Güvenlik, Statik Elektrik Karşı Önlemler*, TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi, 447, 42-44.
2. Messina J., (2009), *AT&T Electrostatic discharge control*, 2, 1-21, ABD.
3. Groop, E. E., et al., (2003), Comparison of surface resistivity and triboelectric charge generation characteristics of materials, Proceedings of the 40th Space Congress.
4. Maclaga, B. ve Fisher, W. K., (2001), *Static dissipation mechanism in carpets containing conductive fibers*, Textile Research Journal, 71(4), 281-286.
5. Männer J. ve ark., (2011), *Tencel® - New cellulose Fibers For Carpets*, Lenzinger Berichte, 89, 60-71.
6. Kessler L. ve Fisher W. K., (1997), *A study of the electrostatic behavior of carpets containing conductive yarns*, Journal of Electrostatics, 39, 253-275.

7. Kacprzyk R. ve Urbaniak-Domagata W., (1997), *Discharge of the carpet type structure antistatized by introduction of conducting fibres*, Journal of Electrostatics, 40(41), 553-558.
8. Altafim R. A. C., (1997), Fujiwara J. K. ve Giacometti J. A., *Electrostatic Characterization of Carpets Using a Corona Triode*, IEEE Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Minneapolis, 19-22.
9. Özyüzer, L., Meriç, Z., Selamet, Y., Kutlu, B., ve Cireli, A., (2010), *Mıknatıssal Saçtırma Sistemi ile Metal Kaplanan Polipropilen Liflerin Antistatik ve Antibakteriyel Özellikleri*, Tekstil ve Mühendis, 17(78): 1-5.
10. Özkan, İ., (2017), *Metal ve Metalize Filamentlerin Halılarda Kullanımı*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
11. Başer, İ. (2002), *Elyaf bilgisi*, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Yay. No. 687, 153-154.
12. Maryniak, W. A., Uehara, T., & Noras, M. A. (2003), *Surface resistivity and surface resistance measurements using a concentric ring probe technique*, Trek Application Note, 1005, 1-4.