

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

İlkan ÖZKAN

METAL VE METALİZE FİLAMENLERİN HALILARDA KULLANIMI

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2017

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

METAL VE METALİZE FİLAMENLERİN HALILARDA KULLANIMI

İlkan ÖZKAN

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 06/04/2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr. Pınar DURU BAYKAL
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr. Osman BABAARSLAN
ÜYE

.....
Prof.Dr.Rızvan EROL
ÜYE

.....
Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK
ÜYE

.....
Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma (Proje No: MMF2013D16) Ç. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Oğlum Kıvanç ÖZKAN' a ithafen

ÖZ

DOKTORA TEZİ

METAL VE METALİZE FİLAMENLERİN HALILARDA KULLANIMI

İlkan ÖZKAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Yıl: 2017, Sayfa: 159

Jüri : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

: Prof. Dr. Osman BABAARSLAN

: Prof. Dr. Rızvan EROL

: Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

: Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN

Çalışmada metal ve metalize filamentlerin halılarda kullanım olanakları ve halılara kazandırması beklenen özellikler araştırılmıştır. Halılar hav iplikleri, zemin çözgüsü, zemin atkısı ve dolgu iplikleri gibi farklı iplik gruplarından meydana gelirler. Metal ve metalize filamentlerin en düşük maliyetle halı yapısına eklenmesini sağlayacak iplik grubunun belirlenmesi hedeflenmiş ve zemin ipliklerinde (çözgü ve atkı) kullanımının daha etkili sonuçlar vereceği öngörülmüştür. Bu amaçla halı zemininde yaygın olarak kullanılan tekstüre polyester iplikler ile iletken filamentler puntalama işlemiyle birleştirilmiştir. Üretilen metal ve metalize kompozit iplikler 4 farklı yerleşimde kullanılarak halı zemin kumaşları üretilmiştir. Daha sonra hav tabakası robo-tuft makinesinde zemin kumaşına yerleştirilmiştir. Üretilen halı numunelerine antibakteriyel ve antifungal aktivite, elektriksel direnç (yüzey özdirenci ve hacimsel direnç) ve elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda metal ve metalize filamentlerin halı zemininde kullanılmasıyla halılara antibakteriyel ve antifungal aktivite, antistatiklik ve elektromanyetik ekranlama özelliklerinin kazandırılabilirdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Halı, Antibakteriyel aktivite, Antifungal aktivite, Antistatiklik, Elektromanyetik ekranlama etkinliği

ABSTRACT

PhD THESIS

USAGE OF METAL AND METALIZED FILAMENTS IN THE CARPETS

İlkan ÖZKAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
Year: 2017, Pages: 159
Jury : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Assoc. Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK
: Assoc. Prof. Dr. Muharrem KARAASLAN

In this research, usage possibilities of conductive filaments in the robotuft 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. Initially, it was aimed to determine the yarn groups that provide the lowest cost with conductive filaments usage. It was decided that the backing fabric's warp and weft yarns were suitable for this aim. Thus, standard textured polyester yarns commonly used in carpet floor were intermingled with different metal and metalized filaments. Backing fabrics of carpet samples were produced with 4 different placements by using metal/metalized composite yarns. Then, the pile layer was placed on the backing fabrics in the robotuft machine. Antibacterial-antifungal activity, electrical resistance (surface resistance and volume resistance) and electromagnetic shielding effectiveness tests were applied to produced carpet samples. It has been identified that the carried application provides antibacterial-antifungal activity, antistatic and electromagnetic shielding properties to carpet samples.

Key Words: Carpet, Antibacterial activity, Antifungal activity, Antistatic feature, Electromagnetic shielding,

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

2015 yılı verilerine göre ülkemiz 14,6 milyar dolarlık dünya halı pazarında 2 milyar dolarlık ihracat payı ile Çin' den sonra 2. sırada yer almaktadır. Tufte halılar açısından bakıldığında 208 milyon dolar ihracat değeri ile dünyanın 7. büyük tufte halı ihracatçısıdır (İHİB, 2015). İhracat verileri, ülkemizin halı sektöründe önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Halılarda öne çıkan sorunların başında statik elektriklenme ve halının partikül tutması sebebiyle mikroorganizmaların gelişmesine ortam hazırlaması sayılabilir.

Halılar, yapılarında yer alan liflerin yalıtkan olmaları nedeniyle statik elektriklenmeye çok yatkındırlar. Statik elektriklenme, insanlar ve cihazlar üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra tozun halı tarafından çekilmesine yol açmakta ve böylece mikroorganizmaların gelişmesine/çoğalmasına neden olmaktadır. Bu sorunların önüne geçilebilmesi için halı ile zemin arasında elektrik yükünü transfer edileceği bir köprü oluşturulması amacıyla iletken (metal) filamentlerin halı üretiminde kullanılması düşünülmüştür. Böylece metallerin antimikrobiyal özelliğinin de halılara yansıtılması sağlanabilecektir. Yapılan literatür taraması sonucu tekstilde antimikrobiyal uygulamaların çoğunlukla dokuma ve örme kumaşlara yönelik olduğu görülmüştür. Bu konuda halılar ile ilgili yapılmış birkaç çalışma ise antimikrobiyal ajanların terbiye yolu ile uygulanması şeklindedir. Günümüzde gelişen çevre bilinci ve beraberinde gelen bazı yaptırımlar çevreye duyarlı üretim yöntemlerinin seçilmesini gerektirmektedir. Bu yaklaşımla halılara antimikrobiyal özelliklerin terbiye ile değil metal ve metalize filamentlerin kullanımı ile kazandırılması amaçlanmıştır. Metal ve metalize filamentlerin tekstilde kullanımı yaygın iken halılarda kullanımına rastlanmamıştır. Bu gerekçelerle planlanan çalışma kapsamında metal ve metalize

filamentlerin halı zemininde kullanımı ile antimikrobiyal (antibakteriyel ve antimantar) özelliklerin ve bunlara ilave olarak antistatik özelliklerin halılara kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca metallerin kullanımı ile halılara elektromanyetik ekranlama fonksiyonunun da kazandırılabilceği düşünölmüştür. Böylece halı sektöründe mevcut olmayan bu özelliğin kazandırılmasıyla halılara yeni kullanım alanları oluşturulabilecektir. Böylece planlanan çalışma ile değişen yaşam koşullarını ve müşteri beklentilerini karşılayacak yeni ve fonksiyonel özelliklere sahip katma değeri yüksek halıların üretilebilmesi amaçlanmıştır.

Halılar hav iplikleri, zemin çözgüsü, zemin atkısı ve dolgu iplikleri gibi farklı iplik gruplarından meydana gelirler. Bu nedenle öncelikli olarak metal ve metalize filmantlerin en düşük maliyetle halı yapısına eklenmesini sağlayacak iplik grubunun belirlenmesi hedeflenmiş ve düşük kullanım miktarı nedeniyle zemin ipliklerinde (çözgü ve atkı) kullanımının maliyet-performans açısından daha etkili sonuçlar vereceği öngörölmüş ve yapılan ön deneme çalışmaları ile bu öngörü doğrulanmıştır.

Halı sektöründe puntalı iplikler yaygın olarak kullanılmakta olup puntalama jetine aynı anda birden fazla iplik besleyerek kompozit (hibrit) iplik üretmek mümkün olabilmektedir. Bu gerekçe ile çalışma kapsamında halı zemininde halihazırda kullanılmakta olan ipliklerin metal filamentler ile puntalama tekniği yoluyla birleştirilerek metal içerikli kompozit ipliklerin üretilmesi sağlanmıştır. Üretilen metal ve metalize kompozit iplikler 4 farklı yerleşimde kullanılarak halı zemin kumaşları üretilmiştir. Daha sonra hav tabakası robot hand-tuft makinesinde zemin kumaşına yerleştirilmiştir. Üretilen halı numunelerine antibakteriyel ve antifungal aktivite, elektriksel direnç (yüzey özdirenci ve hacimsel direnç) ve elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri yapılmıştır. Test sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda puntalama işleminin metal ve

metalize filament/tektüre polyetser hibrit iplikler başarılı bir şekilde üretilmiş ve bu ipliklerin halı zemininde kullanılmasıyla halılara antibakteriyel ve antifungal aktivite, antistatiklik ve elektromanyetik ekranlama özelliklerinin çeşitli seviyelerde kazandırılabilirdiği görülmüştür.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimimin başından itibaren yaptığım tüm çalışmalarda bilgi ve tecrübeleri ile bana daima yol gösteren, Doktora tez çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında da desteğini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL' a sonsuz teşekkürler.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Osman BABAARSLAN' a ve Sayın Prof. Dr. Rızvan EROL' a çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim. Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK' e ve Sayın Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN' a yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda buldukları için teşekkürlerimi sunarım.

Numune halı üretimlerinin gerçekleştirilmesi sürecindeki desteklerinden dolayı Royal Halı A.Ş.' ye, AR-GE Müdürü Tayfun CEVHER' e ve Tekstil Mühendisi Reyhan ALBAYRAK' a teşekkür ederim.

Tez çalışmasında yer alan mikrobiyolojik testlerin gerçekleştirilmesi için verdiği destekten dolayı Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi' ne, bilgi ve deneyimleriyle testlerin gerçekleştirilmesi noktasında önemli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Osman GÜLNAZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Elektromanyetik ekranlama testlerinin gerçekleştirilmesi için laboratuvarlarını bize açan İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü' ne, testlerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi aşamalarında sağladığı desteklerden ötürü Sayın Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN' a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezi için gerekli maddi desteği sağlayan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: MMF2013D16) teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince sağladığı burs desteğinden dolayı TÜBİTAK-BİDEB 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programına iten teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun tez çalışması sürecince gösterdiği büyük özveri, destek ve anlayış için eşim Ecem ÖZKAN' a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XVII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Halı Hakkında Genel Bilgiler.....	1
1.2. Tekstilde Antimikrobiyal Uygulamalar.....	5
1.3. Statik Elektriklenme	9
1.4. Elektromanyetik Ekranlama (Kalkanlama)	11
1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi	20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	23
2.1. Antimikrobiyal Uygulamaları İçeren Çalışmalar	23
2.2. Antistatiklik Uygulamalarını İçeren Çalışmalar.....	29
2.3. Elektromanyetik Ekranlama Uygulamalarını İçeren Çalışmalar	32
3. MATERYAL VE METOD	37
3.1. Materyal	37
3.2. Metod	38
3.2.1. Metal Kompozit İpliklerin Üretimi.....	38
3.2.2. Tufting Halı Numunelerinin Üretimi	41
3.2.3. Numune Halılara Uygulanan Testler	44
3.2.3.1. Antibakteriyel Aktivite Testi	45
3.2.3.2. Antifungal Aktivite Tayini.....	49
3.2.3.3. Statik Elektriklenme Seviyesinin Tayini.....	50

3.2.3.3. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Tayini	52
3.2.4. Maliyet Analizi	53
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
4.1. Antimikrobiyal Aktivite Test Sonuçları	55
4.1.1. Bakır ve Metalize Gümüş PA Kompozit İplik İçeren Halı Numunelerinin Antibakteriyel Aktivite Seviyeleri	55
4.1.2. Bakır ve Metalize Gümüş Kompozit İplik İçeren Halı Numunelerin Antifungal Aktivite Seviyeleri	57
4.2. Statik Elektriklenme (Elektriksel Direnç) Seviyesi Test Sonuçları.....	58
4.2.1. Hav Yoğunluğundaki Değişimin Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi.....	58
4.2.1.1. Standart Halı Numuneleri	58
4.2.1.2. Kompozit İplikli Halı Numuneleri.....	61
4.2.2. Zemin Konstrüksiyonundaki Değişimin Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi.....	75
4.2.2.1. Gümüş-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri.....	75
4.2.2.2. Metalize Gümüş-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri.....	78
4.2.2.3. Bakır-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri.....	82
4.2.2.4. Çelik -Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri.....	86
4.2.3. Metal Türünün Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi.....	89
4.3. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları	98
4.3.1. Standart Halı Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları.....	100
4.3.2. Gümüş Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları.....	100

4.3.2.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	100
4.3.2.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	102
4.3.2.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	104
4.3.2.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	106
4.3.3. Metalize Gümüş Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları.....	108
4.3.3.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	108
4.3.3.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	110
4.3.3.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	112
4.3.3.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	114
4.3.4. Bakır Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları.....	116
4.3.4.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	116
4.3.4.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	117
4.3.3.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	120
4.3.4.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği.....	122

4.3.5. Çelik Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları.....	124
4.3.5.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	124
4.3.5.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	125
4.3.5.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	128
4.3.5.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği	130
4.3.6. Farklı Tür Metal Kompozit İplik İçeren Numune Halılarının Ekranlama Etkinliklerinin Karşılaştırılması.....	132
4.3.6.1. Metallerin HC Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması	132
4.3.6.2. Metallerin 1X1C Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması	133
4.3.6.3. Metallerin 1X2C Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması	135
4.3.6.4. Metallerin 1X2AC Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması	137
4.4. Maliyet Analizi.....	142
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	145
5.1. Sonuçlar.....	145
5.2. Öneriler.....	148
KAYNAKLAR.....	151
ÖZGEÇMİŞ.....	159

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Ülkelere göre halı ihracat oranları	2
Çizelge 1.2. Türkiye' nin tuftel halı ihracatında ilk 10 ülke	4
Çizelge 1.3. Bazı inorganik bileşiklerin antimikrobiyal etki mekanizmaları	8
Çizelge 1.4. Malzemelerin yüzey özdirenç değerlerine göre sınıflandırılması	9
Çizelge 1.5. İnsanların hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri.....	9
Çizelge 3.1. İpliklere ait özellikler.....	37
Çizelge 3.2. Kompozit ipliklere ait mukavemet ve uzama değerleri	40
Çizelge 3.3. Üretilen numune halıların özellikleri.....	43
Çizelge 3.4. Standartlar ve testlerin yapılacağı kurumlar	45
Çizelge 3.5. Antibakteriyel aktivite test yöntemleri	46
Çizelge 4.1. Staphylococcus Aureus türüne karşı antibakteriyel aktivite seviyeleri.....	56
Çizelge 4.2. K. Pneumoniae türüne karşı antibakteriyel aktivite seviyeleri.....	57
Çizelge 4.3. Antifungal aktivite seviyeleri	57
Çizelge 4.4. Standart numuneler için hacimsel doğrultudaki ölçüm sonuçları.....	59
Çizelge 4.5. Standart numunelerin yüzey özdirenç sonuçları.....	59
Çizelge 4.6. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları	60
Çizelge 4.7. Varyans analizi tablosu.....	60
Çizelge 4.8. Elektriksel direnç için korelasyon analizi.....	60
Çizelge 4.9. Gümüş-kompozit içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları.....	62
Çizelge 4.10. Gümüş-kompozit içerikli numuneler için K-S test sonuçları	63

Çizelge 4.11. Gümüş- kompozit içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 4.12. Varyansların homojenliği testi.....	64
Çizelge 4.13. Gümüş içerikli numunelerin çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	64
Çizelge 4.14. Metalize gümüş içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları.....	65
Çizelge 4.15. Metalize gümüş içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları.....	66
Çizelge 4.16. Metalize gümüş içerikli numuneler için K-S test sonuçları.....	66
Çizelge 4.17. Varyansların homojenliği testi.....	67
Çizelge 4.18. Metalize gümüş içerikli numunelerin çoklu karşılaştırma sonuçları.....	67
Çizelge 4.19. Bakır içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları.....	68
Çizelge 4.20. Bakır içerikli numuneler için K-S test sonuçları.....	69
Çizelge 4.21. Bakır içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları.....	69
Çizelge 4.22. Varyansların homojenliği testi.....	70
Çizelge 4.23. Bakır içerikli numuneler için çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	71
Çizelge 4.24. Çelik içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları.....	72
Çizelge 4.25. Çelik içerikli numuneler için K-S test sonuçları.....	72
Çizelge 4.26. Çelik içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları.....	73
Çizelge 4.27. Çelik içerikli numuneler için varyansların homojenliği testi.....	74
Çizelge 4.28. Çelik-kompozit numuneler için çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	74
Çizelge 4.29. Gümüş içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları.....	75

Çizelge 4.30. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları	76
Çizelge 4.31. Kruskal Wallis H test tablosu	76
Çizelge 4.32. Man Withney U testi sonuçları	77
Çizelge 4.33. Metalize gümüş içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları.....	78
Çizelge 4.34. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları	79
Çizelge 4.35. Kruskal Wallis H test tablosu	79
Çizelge 4.36. Man Withney U testi sonuçları	80
Çizelge 4.37. Yüzey özdirenci için varyans analizi tablosu	80
Çizelge 4.38. Yüzey özdirenci çoklu karşılaştırma testi sonuçları	81
Çizelge 4.39. Bakır içerikli halı numuneleri için elektriksel direnç test sonuçları.....	82
Çizelge 4.40. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları	82
Çizelge 4.41. Kruskal Wallis H test tablosu	83
Çizelge 4.42. Man Withney U testi sonuçları	84
Çizelge 4.43. Yüzey özdirenci için varyans analizi tablosu	84
Çizelge 4.44. Yüzey özdirenci çoklu karşılaştırma testi sonuçları	85
Çizelge 4.45. Çelik içerikli halı numuneleri için elektriksel direnç test sonuçları.....	86
Çizelge 4.46. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları	86
Çizelge 4.47. Varyans analizi tablosu.....	87
Çizelge 4.48. Varyansların homojenliği testi.....	87
Çizelge 4.49. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	88
Çizelge 4.50. HC kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları.....	89
Çizelge 4.51. HC kodlu numuneler için Varyans analizi tablosu	90
Çizelge 4.52. HC kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi Sonuçları.....	90
Çizelge 4.53. HC kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	91

Çizelge 4.54. 1X1C kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları.....	92
Çizelge 4.55. 1X1C kodlu numuneler için varyans analizi tablosu	92
Çizelge 4.56. 1X1C kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi.....	93
Çizelge 4.57. 1X1C kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.58. 1X2C kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları.....	94
Çizelge 4.59. 1X2C kodlu numuneler için varyans analizi tablosu	94
Çizelge 4.60. 1X2C kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi.....	95
Çizelge 4.61. 1X2C kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	95
Çizelge 4.62. 1X2AC kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.63. 1X2AC kodlu numuneler için varyans analizi tablosu	97
Çizelge 4.64. 1X2AC kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi	97
Çizelge 4.65. 1X2AC kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	98
Çizelge 4.66. Etkinliğini değerlerinin sınıflandırılması.....	99
Çizelge 4.67. Standart halı numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	100
Çizelge 4.68. HC kodlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları	101
Çizelge 4.69. 1x1C kodlu numunelere ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	102
Çizelge 4.70. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	104
Çizelge 4.71. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	106

Çizelge 4.72. HC konstrüksiyonlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları.....	108
Çizelge 4.73. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	109
Çizelge 4.74. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	112
Çizelge 4.75. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	114
Çizelge 4.76. HC konstrüksiyonlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları.....	116
Çizelge 4.77. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	117
Çizelge 4.78. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	120
Çizelge 4.79. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	122
Çizelge 4.80. HC kodlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları	124
Çizelge 4.81. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	125
Çizelge 4.82. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	128
Çizelge 4.83. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları.....	130
Çizelge 4.84. Halı zemin ipliklerinin fiili numaraları.....	142
Çizelge 4.85. Konstrüksiyonlardaki kompozit iplik adetleri	142
Çizelge 4.86. İplik ağırlıkları.....	143
Çizelge 4.87. Zemin kumaşında Metal/Metalize Filament Oranları.....	143
Çizelge 4.88. Ek maliyetler.....	143

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. İnsan vücuduna ait elektrostatik şarj miktarları.....	10
Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum.....	12
Şekil 1.3. Bir ekrana gelen elektromanyetik dalganın durumu.....	16
Şekil 1.4. Koaksiyel tutucu yöntemi test düzeneği.....	18
Şekil 1.5. Çift-TEM hücre metodu test düzeneği	18
Şekil 1.6. Yankısız oda metodu	19
Şekil 1.7. Serbest uzay ölçüm metodu.....	20
Şekil 3.1. Hemaks Marka HMX114 Model Puntalama Makinesi	39
Şekil 3.2. Puntalama işlem prensibi.....	39
Şekil 3.3. Metal kompozit ipliklere ait görüntüler.....	40
Şekil 3.4. Tufting halı yapısı.....	41
Şekil 3.5. Halı numunelerinin üretim aşamaları	42
Şekil 3.6. Numunelere ait zemin konstrüksiyonları.....	44
Şekil 3.7. Farklı hav yoğunluğuna sahip halı numuneleri	44
Şekil 3.8. AATCC 100 test metodu işlem basamakları	47
Şekil 3.9. (a) Yüzey özdirenci (Surface resistance) ve (b) Hacimsel direnç (volume resistance) ölçümü	51
Şekil 3.10. Dijital direnç ölçer (megohmmeter)	51
Şekil 3.11. Ekranlama etkinliği ölçümde kullanılan düzenek	52
Şekil 4.1. 0 zamanı ve 24 saat sonra petrielerde bakteri kolonilerinin durumu.....	56
Şekil 4.2. Çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği	101
Şekil 4.3. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	103
Şekil 4.4. 1x2C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	105
Şekil 4.5. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	107

Şekil 4.6. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	109
Şekil 4.7. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	111
Şekil 4.8. 1x2 konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği.....	113
Şekil 4.9. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	115
Şekil 4.10. HC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	117
Şekil 4.11. 1x1C konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	119
Şekil 4.12. 1x2C konstrüksiyonu çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	121
Şekil 4.13. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	123
Şekil 4.14. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği.....	125
Şekil 4.15. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	127
Şekil 4.16. 1x2 konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği.....	129
Şekil 4.17. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği	131
Şekil 4.18. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	132
Şekil 4.19. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	134
Şekil 4.20. 1x2C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	136
Şekil 4.21. 1x2AC için çözgü yönündeki ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	138
Şekil 4.22. 1x2AC için atkı yönündeki ekranlama etkinliği-frekans grafiği.....	140

SİMGELER VE KISALTMALAR

1X1C	: 1 kompozit çözüğü + 1 standart çözüğü içeren numune
1X2AC	: 1 kompozit çözüğü + 2 standart çözüğü içeren numune ve 1 kompozit atkı + 2 standart atkı içeren numune
1X2C	: 1 kompozit çözüğü + 2 standart çözüğü içeren numune
BKR	: Bakır
CLK	: Çelik
GM	: Gümüş
HC	: Tüm çözügülerde kompozit iplik içeren numune
HD	: Hacimsel direnç
MG	: Metalize gümüş
PA	: Polyamid
PES	: Polyester
Sq	: Square
STD	: Standart Numune
STD 250	: 250.000 hav/m ² hav yoğunluğna sahip standart numune
STD 500	: 500.000 hav/m ² hav yoğunluğna sahip standart numune
STD 750	: 750.000 hav/m ² hav yoğunluğna sahip standart numune
YD	: Yüzey özdirenci

1. GİRİŞ

1.1. Halı Hakkında Genel Bilgiler

Halıcılık kökeni milattan önceki yüzyıllara dayanan dokumacılık sanatının bir dalıdır. Kaba dokumalarda çözgü 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 üreilmeye başlamıştır. 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 savaşının 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. 1953 yılında ilk makine halı fabrikası Türkiye' de Osman Sezik tarafından İzmir de kurulmuştur. Başlarda el halıcılığını baltalayacağı için istenmeyen makine halıcılığı 1970 yılından sonra gelişmeye başlamıştır (Uyanık, 2012).

Halı sektörü ürün grupları bazında ele alındığında makine halısı, el halısı ve tuftel halılar olarak 3 grupta değerlendirilmektedir. Türkiye halı ihracatının 2016 yılı performansını 2015 yılı ile ve 2017 yılı Ocak ayını 2016 yılı Ocak ayı ile karşılaştırdığımızda aşağıda ifade edilen verilere ulaşılmaktadır.

El halısı ihracatı 2016 yılında önceki yıla göre % 30,6 oranında gerileyerek 60,3 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2017 yılı Ocak ayında ise 2016 yılı Ocak ayına göre % 15 oranında artarak 10,5 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir.

Makine halısı ihracatı 2016 yılında önceki yıla göre % 5 oranında gerileyerek 1,6 milyar dolar olarak kaydedilmiştir. 2017 yılı Ocak ayında ise 2016 yılının Ocak ayına göre % 86,7 oranında artarak 126,7 milyon dolar olarak kaydedilmiştir.

Tufte halı ihracatı ise 2016 yılında önceki yıla göre % 8,7'lik artış göstererek yaklaşık 225,8 milyon dolar değerinde gerçekleştiği görülmektedir. 2017 yılı Ocak ayında ise 2016 yılının aynı dönemine göre % 12,3 oranında artış göstererek yaklaşık 14,8 milyon dolar seviyesine ulaşmıştır (İHİB-Ocak, 2017).

2016 yılı itibariyle Türkiye'nin halı ihracatında en önemli ülkeler: ABD, Suudi Arabistan, Almanya, Irak ve İngiltere'dir. İhracat oranları Çizelge 1.1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ükelere göre halı ihracat oranları (İHİB-Ocak, 2017).

Ülke Grupları İtibariyle Türkiye Halı Sektörü İhracatı							
Birim: 1.000 ABD \$	2015	2016	Değişim	2016	2017	Değişim	Pay
	Ocak-Aralık	Ocak-Aralık	%	Ocak	Ocak	%	%
Ortadoğu Ülkeleri Toplamı (Irak, S. Arabistan, İspanya, Suriye v.b)	761.047	697.851	-8,3%	43.068	50.874	18,1%	34,8%
AB Ülkeleri (28) Toplamı	419.233	441.495	5,3%	29.289	31.793	8,5%	21,8%
Amerika Ülkeleri Toplamı (ABD, Kanada, Brezilya, Meksika v.b)	305.402	362.348	18,6%	26.714	37.146	39,0%	25,4%
Afrika Ülkeleri Toplamı (Fas, Mısır, Libya, Tunus v.b)	246.231	175.265	-29,8%	18.515	12.294	-33,6%	8,4%
Asya ve Okyanusya Ülkeleri Toplamı	123.558	119.939	-2,9%	6.608	7.902	19,6%	5,4%
Doğu Doğu Bloku Ülkeleri Toplamı (Rusya Fed, Ukrayna, Belçika, Bulgaristan v.b)	69.568	60.670	-12,8%	2.004	2.322	15,9%	1,6%
Türk Cumhuriyetleri Toplamı (Kazakistan, Azerbaycan, Özbekistan, v.b)	78.253	46.932	-40,0%	2.123	2.776	30,8%	1,9%
Diğer Avrupa Ülkeleri Toplamı (Fransa, İsviçre, İtalya, İspanya v.b)	9.784	12.993	32,8%	1.024	865	-15,5%	0,6%
Serbest Bölgeler Toplamı	2.279	2.809	23,3%	150	104	-30,7%	0,1%
HALI SEKTÖRÜ İHRACATI	2.015.355	1.920.303	-4,7%	129.496	146.076	12,8%	100%

2016 yılında % 17,2'lik payıyla Türkiye'nin en büyük halı ihracat pazarı konumunda olan ABD'ye gerçekleştirilen ihracat, 2015 yılına kıyasla % 19,7 oranında artarak yaklaşık 330 milyon dolar olarak kaydedilmiştir. 2017 yılı Ocak ayında ise 2016 yılı Ocak ayına göre %41,7 oranında artarak 33,7 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir (İHİB-Ocak, 2017).

Anılan dönemde, ikinci büyük pazarımız konumundaki Suudi Arabistan'a halı ihracatımız da % 16,7 oranında düşerek 323,3 milyon dolar olmuştur.

Yine 2016 yılında en büyük üçüncü ihracat pazarımız konumundaki Almanya'ya yönelik halı ihracatımız ise bir önceki yılın aynı dönemine kıyasla % 3 oranında düşerek 114,3 milyon dolar olarak kaydedilmiştir. 2017 yılı Ocak ayında ise % 1,6 oranında düşüşle 9,9 milyon dolara düşmüştür.

2016 yılında Türkiye'nin toplam ihracatı 2015 yılına kıyasla % 1,2 oranında gerilerken, aynı dönemde halı ihracatımız bir önceki yıla göre %4,7 oranında düşüşle 1,9 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin toplam ihracatı içerisinde halı ihracatımızın payı 2015 yılında % 1,4 iken 2016 yılında oransal değerini korumuştur. Halı ihracatımızın sanayi ürünleri ihracatı içerisindeki payı ise 2015 yılında %1,9 iken 2016 yılında % 1,8'e düşmüştür (İHİB-Ocak, 2017).

Tez konusu kapsamına giren Tufte halılar açısından değerlendirme yapıldığında 2016 yılında yapılan tufte halı ihracatımız 2015 yılı ile kıyaslandığında % 9,7 oranında artış göstermiş ve 207,6 milyon dolar değerinde ihracat gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında, tufte halı ihracatımızda en büyük paya sahip olan ülke 41,5 milyon dolarlık ihracat ve % 18,4'lük pay ile İngiltere olmuştur. İngiltere'ye yapılan ihracat 2015 yılı aynı dönemine kıyasla % 3,8 oranında azalmıştır. Tufte halı ihracatımızda ikinci en büyük paya sahip olan ülke 23,9 milyon dolarlık ihracat değeri ve % 10,6'lık pay ile Irak'tır. Anılan dönemde Irak'a yönelik tufte halı ihracatımız % 7,7 oranında artmıştır. Irak'ı sırasıyla Suudi Arabistan, ABD ve Belçika izlemiştir. Tufte halı ihracatımızda en önemli ülke grubu olan AB ülkelerine ihracatımız 2016 yılında % 9,8 oranında artış kaydederek, 99,7 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2017 yılı Ocak ayında ise 2016 yılı Ocak ayına kıyasla %15,2 oranında artış ile yaklaşık 6,3 milyon dolara değere yükselmiştir. Türkiye' nin tufte halı ihracatında ilk 10 ülke Çizelge 1.2' de verilmiştir (İHİB-Ocak, 2017).

Çizelge 1.2. Türkiye' nin tufte halı ihracatında ilk 10 ülke (İHİB-Ocak, 2017)

Tufte Halı İhracatında İlk 10 Ülke										
Birim: 1.000 ABD \$	2015	2016	Değişim		2016	2017	Değişim	Fay		
	Ocak-Aralık	Ocak-Aralık	%		Ocak	Ocak	%	%		
1	İNGİLTERE	43.157	41.522	-3,8%	1	SUUDİ ARABİSTAN	1.061	2.559	141,1%	17,3%
2	İRAK	22.156	23.851	7,7%	2	İNGİLTERE	2.404	2.256	-6,2%	15,3%
3	SUUDİ ARABİSTAN	16.535	21.386	29,3%	3	ABD	1.061	1.674	57,8%	11,3%
4	ABD	14.624	14.776	1,0%	4	İRAK	678	1.226	80,8%	8,3%
5	BELÇİKA	7.970	12.011	50,7%	5	BELÇİKA	556	1.013	82,4%	6,9%
6	MİSİR	13.454	8.666	-35,6%	6	ALMANYA	306	731	138,9%	4,9%
7	ALMANYA	7.554	8.098	7,2%	7	KUVEYT	169	443	162,5%	3,0%
8	İTALYA	7.876	7.833	-0,5%	8	İTALYA	749	429	-42,7%	2,9%
9	KUVEYT	3.133	5.660	80,6%	9	ROMANYA	247	361	46,2%	2,4%
10	ROMANYA	3.564	5.613	57,5%	10	FRANSA	356	309	-13,2%	2,1%
İLK 10 ÜLKE										
TOPLAMI					7.587	11.001	45,0%	74,8%		
DİĞER ÜLKELER VE S. BÖLGELER					7.735	8.525	10,2%	57,7%		
AB(28) ÜLKELERİ					5.427	6.251	15,2%	42,3%		
TUFTE HALI İHRACATI					207.613	225.754	8,7%	100,0%		

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. Halının diğer yer döşemeleri karşısında sahip olduğu avantajlar aşağıda verilmiştir.

Halı sıcaklık ve konfor sağlar; Halı termal direnç sağlar. Özellikle soğuk bölge ve iklimlerde, halı sıcak havayı daha uzun süre tutarak enerjinin korumasını 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 allerjen 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 (The carpet and rug institute, 2013).

1.2. Tekstilde Antimikrobiyal Uygulamalar

Halının bir zemin döşemesi olması ve partikül tutma özelliği mikroorganizmaların (Bakteri, mantar, küf vb.) gelişmesi için gerekli ortamı sağlamaktadır. Halıların yapısında yaygın olarak karşılaşılan ve bu alandaki çalışmalarda sıklıkla gördüğümüz mantar türleri *Aspergillus Niger*, *Penicillium Funiculosum* ve *Cladosporium Herbarium* olup yine halılarda yaygın olarak görülen bakteri türleri ise *S. Aureus* ve *E. Coli* türleridir. Bir tekstil ürünü olan halı da tekstil endüstrisindeki gelişmelerden uzak kalamamaktadır. Tekstilde uygulanan antimikrobiyal işlemler ve kullanılan antimikrobiyal özelliklerdeki lifler halı üretiminde de kendisine yer bulmakta bu sayede halıların neden olabileceği muhtemel sağlık problemlerinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

Halı üreticileri son yıllarda özellikle okul ve hastane gibi ticari ortamlarda ciddi pazar kaybı yaşamaktadır. Bu durumun en önemli nedeni halının özellikle nemin yüksek olduğu bölgelerde küf ve mantar oluşumuna zemin hazırlaması

olmuştur. Yumuşak zemin kaplamaları ile küf, mantar oluşumu ve hastalıkların artışı arasındaki ilişki algısının yaygınlaşması halı endüstrisine her yıl milyonlarca dolar kaybettirmektedir.

Tekstilde antimikrobiyal uygulamaların 2 temel amacı vardır:

- 1) Tekstil malzemelerinin mikroorganizmalar etkisiyle bozulmasını önlemek,
- 2) Bakterilerin neden olduğu kötü kokuların, cilt enfeksiyonlarının (genellikle cilt mantarları) veya patojen ve parazit mikroorganizmaların öldürülmesidir (Leonas, 2003).

Antimikrobiyal ajanların tekstil malzemelerine uygulanmasında kullanılan 5 adet yaygın yöntem söz konusudur. Bazı yöntemlerde Antimikrobiyal ajanların polimere eklenmesi diğer yöntemlerde ise bu ajanların ipliğe, kumaşa veya son ürüne uygulanması şeklindedir. Antimikrobiyal ajanların tekstil malzemelerine uygulanmasında kullanılan 5 adet yaygın yöntem aşağıda kısaca açıklamıştır.

- 1) Yaş çekim ile elyaf üretiminde, ekstrüzyon öncesi antimikrobiyal ajanın polimer çözeltisine dahil edilmesiyle elde edilir.
- 2) Antimikrobiyal ajanın aşırı polimerizasyon yönetimiyle liflere eklenmesidir. Aşırı polimerizasyonu mevcut bir polimer zinciri üzerinde bir dallanma olarak ikinci bir monomer içeren kopolimeri ifade etmektedir. Bu işlemde elyaf yüzeyinde pozitif yada negatif yüklü fonksiyonel gruplar oluşturulur ve daha sonra karşıt yüklü iyonları içeren bir çözeltiye daldırılır.
- 3) Fiber matrisi içinde antimikrobiyal maddenin mikro kapsüllenmesi üçüncü yöntemdir. Bu fiziko-kimyasal uygulamada mikro kapsüller içerisindeki ajanın yavaş bir şekilde salınmasıyla mikroorganizmalara karşı direnç sağlanır.

- 4) Kalan iki method tekstilde iplik, kumaş ve son ürüne sıklıkla uygulanan emdirme-kurutma (Pad-Dry) yöntemidir. Bu yöntemde kumaş suda tamamen veya kısmen çözünen antimikrobiyal ajan içeren çözeltiye batırılır, daha sonra su buharlaştırılarak ajan kumaş üzerinde bırakılır.
- 5) 4. Metoda benzer şekilde kimyasal maddeler tekstil malzemeleriyle reçineler, kondensatlar veya çapraz bağlayıcılar kullanılarak muamele edilebilir. Reçineler ve çapraz bağlama maddeleri kaplama dayanıklılığını geliştirmek için kullanılmaktadır. Kullanılan çapraz bağlayıcılar sayesinde lifler ve antimikrobiyal ajan arasında kovalent bağlar meydana gelir. Bu bağlar koptukça antimikrobiyal ajan serbest kalır (Leonas, 2003).

Bu noktada antibakteriyel tekstiller, kendinden antibakteriyel tekstil malzemeleri ve antibakteriyel ajanla muamele ile bu özelliği kazanmış tekstil ürünleri şeklinde genel olarak ikiye ayrılabilir.

Bakır, gümüş gibi bazı metallerin antibakteriyel özelliğe sahip oldukları ve kullanıldıkları yüzeylerde bakteri oluşumunun neden olduğu riskleri belirgin bir şekilde azalttıkları bilinmektedir. Yüzyıllardır, gümüş ve bakır sıvılar, ayrıca insan dokularının sterilizasyonunda yaygın olarak kullanılan etkileyici malzemelerdir. Son çalışmalar, bakır ve bakır alaşımlarının zararlı bakteriler üzerinde antibakteriyel etkiye sahip olduğunu ayrıca biyofilmler üzerinde bakterilerin adhezyonunu engellediğini göstermektedir. Bakır yüzeylerde kullanıldığında bakteri ve virüsleri öldürme yeteneğine sahiptir. Bakırın bakterilerin hücre zarı yakınındaki solunum enzimlerinin tiyol gruplarına bağlanarak bu enzimlerin fonksiyonlarını engelleyebilmektedir. Bakır iyonları güçlü indirgen özellikleri ile bakterideki elektronları çekebilmekte böylece bakterinin sitoplazmasını devre dışı bırakıp hücre çekirdeğini oksitlemekte sonuçta hücre duvarlarını ve hücre zarını tahrip ederek bakterileri öldürmektedir. Son yıllarda, bakterilerin antibiyotiklere

karşı direncinin artması, dikkati bakır, gümüş gibi nano-yapılı ve ultra ince malzemeler üzerine yoğunlaştırmıştır (Sharifahmadian, 2013).

Gümüş çok eski zamanlardan beri yanık yaraları ve çeşitli bakteriyel enfeksiyonların önlenmesinde metalik gümüş, gümüş nitrat, gümüş sülfadizan formlarında kullanılmaktadır. Fakat antibiyotiklerin çıkmasıyla birlikte gümüş bileşiklerinin bu amaçla kullanımında belirgin bir azalma görülmüştür. İçinde bulunduğumuz yüzyılda nano teknolojinin büyük bir ivme kazanması ve metallerin nano boyuta modüle olma kabiliyetleri sayesinde metalik gümüş nano partikül formunda potansiyel bir antimikrobiyal ajan olarak dikkate değer bir dönüş yapmıştır. Çeşitli patojenik bakterilerin değişik antibiyotiklere karşı direnç kazanması açısından gümüş nano partikül kullanımı ayrı bir öneme sahiptir. Bundan dolayı gümüş nano partiküllerin gümüş içerikli sargılar, gümüş kaplamalı tıbbi cihazlar, nano jel ve losyonlar gibi çeşitli tıbbi uygulamaları ortaya çıkmıştır. Gümüşün bakteriler üzerindeki etki mekanizması tam anlamıyla çözülememekle birlikte bakterinin hücre zarına zarar verdiği ve bakteri yapısında bulunan solunum enzimlerinin aktivitelerini engelleyerek öldürdüğü düşünülmektedir (Mahendra, 2008). Bazı inorganik bileşiklerin antimikrobiyal aktiviteleri ve etki mekanizmaları Çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Bazı inorganik bileşiklerin antimikrobiyal etki mekanizmaları (Gutarowska, 2012)

Inorganik Bileşikler	Antimikrobiyal Etki Alanı	Antimikrobiyal Etki Mekanizması
<ul style="list-style-type: none"> - Gümüş, çinko, bakır gibi metaller - Titanyum oksit - Metal tuzları 	<ul style="list-style-type: none"> Gram pozitif ve gram negatif bakteriler, mantarlar, virüsler 	<ul style="list-style-type: none"> - DNA replikasyonunu engelleme - Proteinlerin doğal yapısını bozma - Hücre zarının işleyişini bozma - Hücreden düşük kütleli hücre içi bileşiklerin çıkışı - Elektron ve proton taşınımının bozulması

1.3. Statik Elektriklenme

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, tabiatta 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 (Başarır, 2013).

Halı yapısında kullanılan liflerin yalıtkan özellikleri nedeniyle statik elektriklenmeye eğilimli bir tekstil ürünüdür. Bu durum taşıma, depolama ve kullanımı, üretim sırasında çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Halı kullanılan alanlarda statik elektriklenme önemli bir problemdir. Malzemeler yüzey özdirenç değerlerine göre yalıtkan, antistatik ve iletken olarak sınıflandırılırlar Çizelge 1.3' deki gibi sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 1.4. Malzemelerin yüzey özdirenç değerlerine göre sınıflandırılması (Groop, 2003)

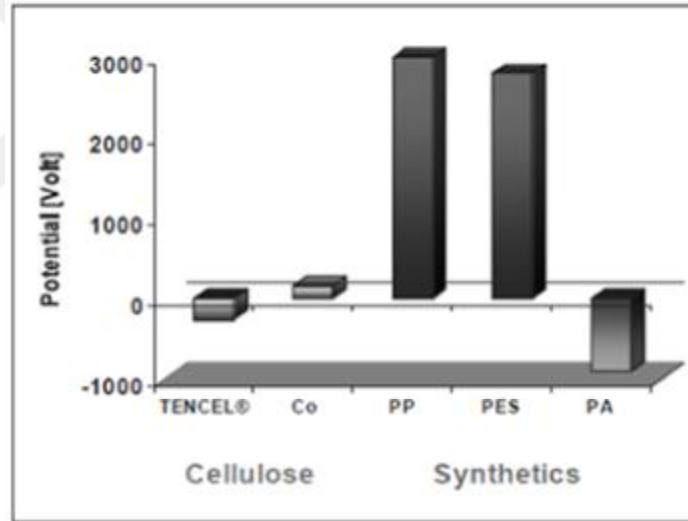
Sınıflandırma	Yüzey Özdirenci (ohm)
İletken	$<10^5$
Antistatik	10^5-10^{12}
Yalıtkan	$>10^{12}$

Statik elektrik üzerinde etkili en önemli ortam parametrelerinden biri nemdir. Ortam nemi arttıkça statik yük birikimi azalma eğilimi göstermektedir. Farklı bağıl nem seviyelerinde insan hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri ve bunları oluşturan faktörler Çizelge 1.4' de verilmiştir.

Çizelge 1.5. İnsanların hareketleri sırasında meydana gelen statik elektrik yükleri (Messina, 2009)

Faktör	Bağıl nem (%)		
	10	40	55
Halı üzerinde yürümek	35000 V	15000 V	7500 V
Vinilkaro üzerinde yürümek	12000 V	5000 V	3000 V
Tezgah işçisinin hareketleri	6000 V	800 V	400 V
Üretan Köpük sandalyeden kaynaklanan	18000 V	8000 V	1500 V

Bir halının antistatik kabul edilebilmesi için insan vücudunda 2 kV' dan daha düşük yük değerine neden olması gerekmektedir. Farklı elyaf türlerinin insan vücuduna sürtünme sonrası ölçülen elektrostatik şarj miktarları Şekil 1.1' de verilmiştir.



Şekil 1.1. İnsan vücuduna ait elektrostatik şarj miktarları (Männer,2011)

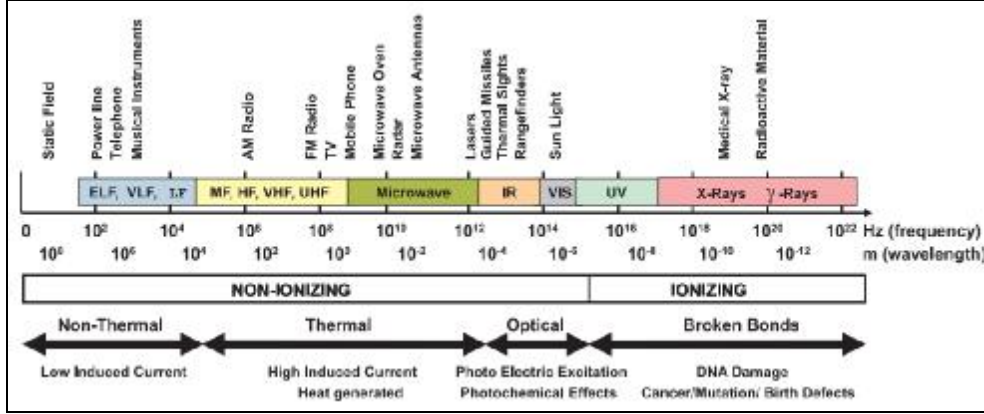
İnsan vücudu elektrostatik potansiyeli 3500 volta kadar bir şeyler hissetmeye başlar, 4500 volta kadar iştir, 5000 volt ve yukarısını görür. İnsanların almış oldukları statik elektrik hem sağlıklarına hem de kullanmış oldukları elektronik cihazlara zarar vermektedir. Elektronik cihazları kullanma ve 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 ekipmanları; 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 sıralayabiliriz (İnce, 2013).

Halıda meydana gelen statik elektrik yükü ortamda bulunan tozun halı tarafından çekilmesine neden olur. Statik yük deşarj edilmez ise bu tozlar 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.

1.4. Elektromanyetik Ekranlama (Kalkanlama)

Kablosuz iletişim çözümleri noktalar arasında bağlantı sağlamak amacıyla dünya genelinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan kablosuz bağlantılar AM/FM radyo, televizyon yayın istasyonları, cep telefonları, radarlar ve mikrodalga sistemleridir. Elektromanyetik spektrum, radyo dalgaları ve mikrodalgadan kızılötesi ışık, görünür ışık, morötesi ışık, X ve gama ışınları gibi çok düşük frekanstan düşük frekansa kadar olan elektromanyetik dalgalar dizisini içerir (ROH, 2008). Elektromanyetik dalgalar, bunlara ait uygulamalar ve muhtemel zararları Şekil 1.2' de verilmiştir.



Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum (ROH, 2008)

Spektrumda ifade edilen farklı dalgalar ve özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Radyo Dalgaları: Birkaç km'den 0,3 m'ye kadar dalga boylarına ve birkaç Hz'den 10⁹ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. TV ve radyo yayın sistemlerinde kullanılan bu dalgalar, titreşen devrelerin bulunduğu elektronik aygıtlar tarafından üretilirler.

Mikrodalgalar: 0,3 m'den 10⁻³ m'ye kadar dalga boylarına ve 10⁹ Hz' den 3x10¹¹ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu dalgalar, atomik ve moleküler yapının ayrıntılarının çözülmesinde olduğu kadar, radarlar ve diğer iletişim sistemlerinde de kullanılır. Bu dalgalar da elektronik aygıtlar tarafından üretilir. Mikrodalga bölgesine UHF (ultra high frequency) adı da verilir.

Kızılötesi Dalgalar: 10⁻³ m'den 7,8x10⁻⁷ m'ye kadar dalgaboylarına ve 3x10¹¹ Hz'den 4x10¹⁴ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu bölge üçe ayrılır: 10⁻³ m'den 3x10⁻⁵ m'ye (uzak kızılötesi), 3x10⁻⁵ m'den 3x10⁻⁶ m'ye (orta kızılötesi), 3x10⁻⁶ m'den 7,8x10⁻⁷ m'ye (yakın kızılötesi) adı verilir. Bu dalgalar, moleküller ve sıcak cisimler tarafından üretilir. Endüstri, tıp, astronomi v.b. alanlarda çoklukla kullanılır.

Görünür Işık Dalgaları: Gözün retinasının duyarlı olduğu dalga boylarıyla sınırlanan oldukça dar aralıkta bulunurlar. Bu dalgalar, 7,8.10⁻⁷ m'den 3,8.10⁻⁷ m'e kadar dalga boylarına ve 4x10¹⁴ Hz' den 8x10¹⁴ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler.

Işık, elektronların, atom ve moleküllerin içindeki hareketleri sonucu üretilir. Işık, fiziğin optik adı verilen bir dalının konusunu oluşturur. Optik, görüntü oluşumunun yanında optik sistem tasarımlarıyla ilgilenir. Işığın gözde oluşturduğu, renk adı verilen çeşitli duyular, elektromanyetik dalganın frekans ve dalga boyuna bağlıdır.

Morötesi Dalgalar: $3,8 \times 10^{-7}$ m'den 6×10^{-10} m'ye kadar dalga boylarına ve 8×10^{14} Hz' den 3×10^{17} Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Bu dalgalar, elektrik deşarjda atomlar ve moleküller tarafından üretilir. Güneş, oldukça güçlü morötesi kaynağıdır. Güneşin morötesi ışınları atmosferin üst katmanlarındaki atomlarla etkileşir, çok sayıda iyon üretilir. Yaklaşık 80 km'den yuksekteki iyonize haldeki katmana bu nedenle iyonosfer denir. Mikro organizmalar morötesi ışınları soğurduklarında, parçalanırlar. Bu nedenle, morötesi ışınlar tıpta sterilizasyon işleminde kullanılır.

x-Işınları: 10^{-9} m'den 6×10^{-12} m'ye kadar dalga boylarına ve 3×10^{17} Hz' den 5×10^{19} Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Elektromanyetik spektrumun bu bölgesi 1895'de W. Roentgen tarafından, katot ışınlarını incelerken keşfedildi. Bir metal hedefi bombardımana tabi tutulan yüksek enerjili elektronların frenlenmesi sonucu x- ışınları oluşur. X-ışınları tıpta bir tanı aracı olup, kanser tedavisinde kullanılır. Canlı dokulara zarar verdiğiinden, x-ışınlarına gereksiz yere hedef olmamak gerekir. Ayrıca x-ışınları kristal yapı incelemelerinde kullanılır. Çünkü x-ışınlarının dalga boyları, kristal yapıdaki atomlar arası uzaklık ($=1 \text{ \AA}$) boyutundadır.

Gamma Işınları: Radyoaktif çekirdekler tarafından nükleer tepkimelerde yayılırlar. 10^{-10} m'den 10^{-14} m'ye kadar dalga boylarına ve 3×10^{18} Hz' den 3×10^{22} Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu ışınlar, çok girici olduklarından, canlı dokular tarafından soğurulunca zarar verirler. Bu ışınlarla çalışanlar, kurşun tabaka gibi soğurucularla korunmalıdırlar (Orhun ve Tanışlı, 1998).

Elektromanyetik spektrumdaki dalgalar insan sağlığı üzerindeki etkileri açısından değerlendirildiğinde spektrumun iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan bölgelerinde bulunan dalgaları ayrı ayrı değerlendirmek daha açıklayıcı olacaktır.

iyonlaştırıcı radyasyon bölgesindeki elektromanyetik dalgalar insan vücudundaki molekülleri tamamen veya kısmen iyonlara dönüştürerek vücuttaki alternatif kimyasal reaksiyonlara etki edebilecek seviyede enerjiye sahiptir. X- ışınları ve Gamma ışınları iyonlaştırıcı radyasyonun iki formudur. İnsanlar normalde de doğal kaynaklardan yayılan düşük seviye iyonlaştırıcı radyasyona sürekli olarak maruz kalmaktadırlar. Bu tür radyasyon doğal kaynaklı radyasyon olarak adlandırılmakta olup kaynakları aşağıda verilmiştir.

- Görünür ışık, ultraviyole ışık ve kızılötesi ışık (güneş ışığı)
- Dünya üzerindeki radyoaktif maddeler (kömürün içerdiği, granit, vb.)
- Topraktan sızan radyoaktif gazlar (radon)
- Uzaydan gelen ve iyonosferden dünya atmosferine giren kozmik ışınlar
- İnsan vücudundaki doğal radyoaktivite

Elektromanyetik spektrumun alt kısımları atomik düzeyde etki için gerekli enerji seviyesinin altında kalan iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyon bölgesi olarak değerlendirilmektedir. Tüm bu dalgalar bir miktar ısıtma etkisi yaratır fakat bu enerji seviyesi insan cildinde tahribat yaratacak düzeyde değildir. Yüksek gerilim hatları ya da çok güçlü (megavat) yayın vericileri gibi yüksek yoğunluklu güce sahip kaynaklara çok yakın olmanın, uzun vadeli sağlık etkilerinin olabileceğini muhtemeldir. Elektromanyetik radyasyonun etki seviyesi sadece kaynağın gücüyle değil aynı zamanda kaynak ile aradaki mesafeyle yakından ilgilidir. Günümüzde artan cep telefonu kullanımı ve bu cihazların insanın başına çok yakın bir mesafede konumlanması insan sağlığı üzerindeki muhtemel etkiler açısından kaygılar yaratmaktadır. Ancak cep telefonları çok az güç yaydıkları için tehlikeli olarak değerlendirilmemektedir. Bazı çalışmalar aşağıda verilen potansiyel sağlık tehlikelerini iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun

yüksek güç yoğunluklarına aşırı maruz kalma ile bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir.

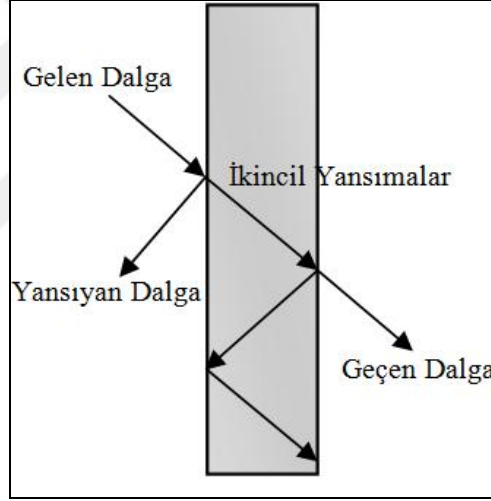
- Kanser
- Tümörler
- Baş ağrısı
- Yorgunluk
- Alzheimer hastalığı
- Parkinson hastalığı

Araştırmacılar iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun kısa dönem etkileri net olmasa da uzun süreli maruz kalmanın uzun vadeli etkileri konusunda şüpheliler (Zamanian, 2005).

Bilgisayarlar, modemler, cep telefonları, radyolar, mikrodalga fırınlar, AC motorlar gibi elektrikli ve elektronik cihazlar günlük yaşamın neredeyse her alanında karşımıza çıkmaktadır. Bu cihazlar tarafından ortama yayılan elektromanyetik dalgaların canlıların sağlığı ve elektronik cihazlar üzerinde sağlık olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Elektromanyetik yayınının muhtemel zararların azaltılması, çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli hale gelmiştir. Elektromanyetik radyasyonun insan sağlığı ve elektronik cihazlar üzerindeki etkilerinin önlenmesine yardımcı olacak malzemeler üzerindeki çalışmalar günümüzde artarak devam etmektedir. Elektriksel olarak iletken olan tekstil yüzeyleri istenmeyen elektromanyetik dalgaların engellenmesi ya da zayıflatması amacı ile kullanılan ürünler arasında yer almaktadır (Palamutçu ve Dağ, 2009).

Elektromanyetik radyasyonun engellenmesi veya azaltılmasında temel uygulama ekranlamadır. Ekranlama basitçe bir elektronik ürünün tamamının veya bir kısmının metalik bir muhafaza ile tamamen kapatılması şeklinde ifade

edilebilir. Ekranlama için kullanılan malzemeye de ekran denir (Türksoy, 2015). Diğer bir tanımlamayla ekranlama elektromanyetik alanın ekran malzemesi yerleştirilmeden ve yerleştirildikten sonra ölçülen değeridir. Bu tanımda ekran elektromanyetik radyasyon kaynağı ile ölçüm düzeneği arasına yerleştirilmiş sonsuz bir düzlem olarak kabul edilir (Wiğckowski, 2006). Elektromanyetik ekranlama etkinliğinin (EMSE) ölçümünde farklı yöntemler olmakla birlikte temel prensip aynıdır. Bir alıcı ve bir verici anten arasına test numunesi yerleştirilmeden önce ve yerleştirildikten sonra elde edilen manyetik alan ölçüm sonuçlarının oranı ile malzemenin EMSE değeri belirlenir. Bir ekrana gelen elektromanyetik dalganın durumu Şekil 1.3' de verilmiştir.



Şekil 1.3. Bir ekrana gelen elektromanyetik dalganın durumu (Kılıç ve ark., 2008)

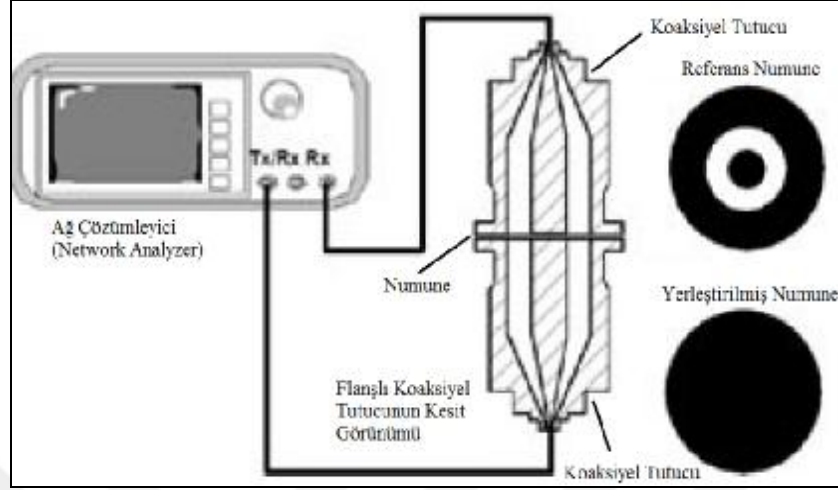
Ekrana gelen elektromanyetik dalgaların bir kısmı ekranın ön yüzeyinden yansıtılır, ön yüzeyden geçen dalgalar ise ekranın özelliklerine bağlı olarak farklı oranlarda zayıflar ve bu durum soğurma kaybına karşılık gelir. Eğer ekran kalınlığı dalganın nüfuz derinliğinden (Deri kalınlığı) çok büyük ise ekranın ön yüzünden giren dalga arka yüzeyine ulaştığında önemli ölçüde zayıflamış olur. Arka yüzeye ulaşan dalgaların bir kısmı tekrar geri yansıtılma ve soğurulma işlemine maruz

kalırken, bir kısmı da ekranlanan bölgeye geçer. Düşük frekanslarda dalganın nüfuz derinliği çok büyük olacağından çok kalın veya bağıl manyetik geçirgenliği çok yüksek bir levha kullanılmadıkça etkin bir zayıflatmadan söz edilemez (Kılıç ve ark., 2008).

Tekstil malzemelerinin elektromanyetik ekranlama etkinliği değerinin ölçümünde farklı ölçüm metotları bulunmaktadır. Bu ölçüm metotları avantajları ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır.

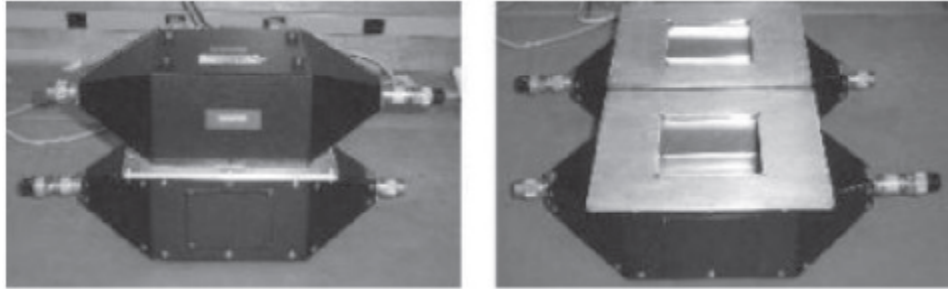
Kontrollü Alanda Ekranlama Etkinliği Ölçümü: ölçüm yerlerinde elektromanyetik çevrenin kontrol altına alınabildiği istenmeyen yansımaların engellenebildiği, kontrollü test alanlarında yapılan ölçümlerdir. Bu yöntemin kullanıldığı en yaygın kullanımı olan metotlar, koaksiyel tutucu metodu, çift-TEM hücre metodu ve yankısız oda metodu olarak sıralanabilir.

Koaksiyel tutucu metodu: Kontrollü ortamdaki temel ölçüm metodu olup yöntem ASTM D4935-99 standardına dayanmaktadır. Bu metotta numune flanşlı koaksiyel tutucunun içine yerleştirilir ve sabitlenir. Yansıma ve iletim sabitlerinin (S_{11} ve S_{21}) ölçümlerden elde edilen değerlerin matematiksel dönüşümleri ile etkinlik derecesi dB olarak tespit edilmektedir. Ekranlamadaki yansıma ve soğurma kayıplarının da belirlenmesine imkan sağlar. Ölçüm aralığı 100 dB' kadar, frekans aralığı ise 30 MHz-1.5 GHz aralığındadır. Bu yöntem kompakt bir yapıda olup bilgisayar ile veri işlemeye olanak sağlar. Dezavantajı ise numune hazırlamadaki zorluktur. Test edilen malzemenin kalınlığı açık alanda dalga boyunun 1/100' ünü geçemez. Örneğin 1500 MHz frekanslı bir ölçümde numune kalınlığı 2 mm' yi geçemez. Özellikle yüksek frekanslı ölçümlerde numune boyutları küçük olmalıdır ve koaksiyel tutucu ile numune arasındaki kontak direnci göz önüne alınmalıdır (Kılıç ve ark., 2008; Wiğckowski, 2006). Bu yöntemin şematik görüntüsü Şekil 1.4' de verilmiştir.



Şekil 1.4. Koaksiyel tutucu yöntemi test düzeneği (Wiğckowski, 2006)

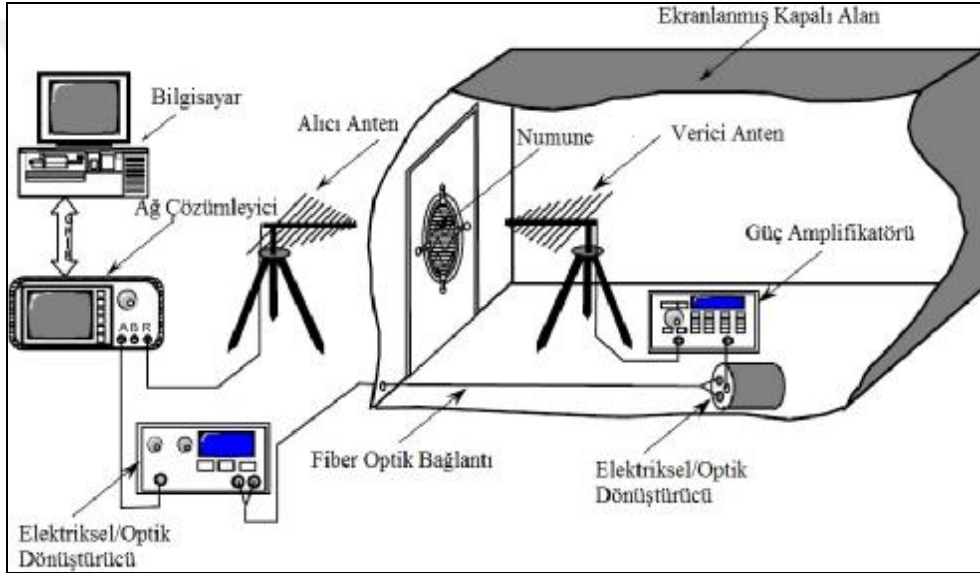
Çift-TEM hücre metodu: bu sistem bir ikiz tem hücresi, bir adet sinyal üretici ve bir sinyal alıcıdan oluşur. Bu sistemde koaksiyel tutucu yönteminde olduğu gibi bilgisayar kontrollüdür. Ölçüm iki aşamada gerçekleştirilir. İlk ölçüm numune yerleştirilmeden ikinci ölçüm ise numune yerleştirilerek yapılır. Ölçüm aralığı 80 dB' e, frekans ise 1 GHz' ye kadardır. Test düzeneği Şekil 1.5' de verilmiştir.



Şekil 1.5. Çift-TEM hücre metodu test düzeneği (Örtlek, 2008)

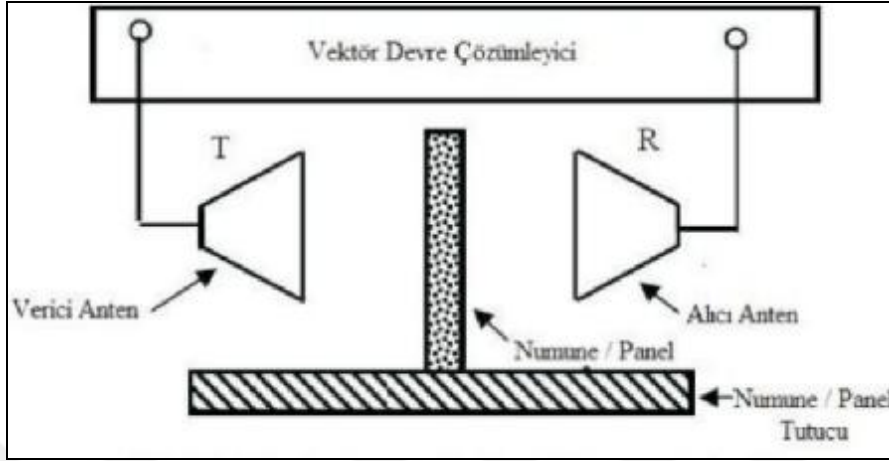
Yankısız oda metodu: bu yöntem ABD' de askeri amaçlar için 1956 yılında yayınlanmış MIL-STD-285 standardına dayanmaktadır. Yankısız odalar için 100 kHz – 10 GHz frekans aralığında muhtemelen en çok referans gösterilen

standarttır. Bu yöntemde numune dış ortamdaki manyetik alanlara karşı ekranlanmış bulunan kabin içerisinde bulunan dışarı bakan bir açıklığı yerleştirilir. Kabin içerisinde bulunan vericiden numunenin olduğu alana doğru gönderilen sinyaller dışarıda bulunan alıcı tarafından ölçülür. Bu yöntemde test yapmak çok zaman alıcı ve oldukça zahmetlidir. Ayrıca ölçüm yapacak personelin alanında çok iyi seviyede bilgi ve tecrübeye sahip olması gerekmektedir. Yöntemin MIL-STD-285 standardına uygun şematik görüntüsü Şekil 1.6' da verilmiştir.



Şekil 1.6. Yankısız oda metodu (Wiğcowski, 2006)

Serbest Uzay İletim Ölçüm Metodu: Tekstil malzemelerinin Ekranlama Etkinliği ölçümünde kullanılan bir diğer temel metot serbest uzayda ölçüm metodudur. Bu metot ile kontrollü alanlarda yapılan ölçümlere göre daha geniş frekans aralığında ve daha geniş numune boyutları ile ölçüm yapılabilmektedir. Bu yöntemde ekranlama etkinliği Şekil 1.7' de görüldüğü gibi bir alıcı ve bir verici anten arasında numune olmadan ve numune yerleştirilerek gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlara göre hesaplanır.



Şekil 1.7. Serbest uzay ölçüm metodu (Kılıç ve ark., 2008)

Ölçüm sonucunda elde edilen sonuçların dB olarak ekranlama etkinliği değerlerine dönüştürülmesinde aşağıdaki formül kullanılır (Kılıç, 2008).

$$SE[\text{dB}] = 20\log (E2/E1) = 20\log (H2/H1) \quad (1.1)$$

Formülde:

E1: Antenler arasında numune varken ölçülen elektrik alan büyüklüğü

E2: Antenler arasında numune yokken ölçülen elektrik alan büyüklüğü

H1: Antenler arasında numune varken ölçülen manyetik alan büyüklüğü

H2: Antenler arasında numune yokken ölçülen manyetik alan büyüklüğü

1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi

2015 yılı verilerine göre ülkemiz 14,6 milyar dolarlık dünya halı pazarında 2 milyar dolarlık ihracat payı ile Çin' den sonra 2. sırada yer almaktadır. Tuftel halılar açısından bakıldığında 208 milyon dolar ihracat değeri ile dünyanın 7. büyük tuftel halı ihracatçısıdır (İHİB, 2015). İhracat verileri, ülkemizin halı sektöründe önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Halılarda öne

çıkan sorunların başında statik elektriklenme ve halının partikül tutması sebebiyle mikroorganizmaların gelişmesine ortam hazırlaması sayılabilir.

Halılar, yapılarında yer alan liflerin yalıtkan olmaları nedeniyle statik elektriklenmeye çok yatkındırlar. Statik elektriklenme, insanlar ve cihazlar üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra tozun halı tarafından çekilmesine yol açmakta ve böylece mikroorganizmaların gelişmesine/çoğalmasına neden olmaktadır. Bu sorunların önüne geçilebilmesi için halı ile zemin arasında elektrik yükünü transfer edileceği bir köprü oluşturulması amacıyla iletken (metal) filamentlerin halı üretiminde kullanılması düşünülmüştür. Böylece metallerin antimikrobiyal özelliğinin de halılara yansıtılması sağlanabilecektir. Yapılan literatür taraması sonucu tekstilde antimikrobiyal uygulamaların çoğunlukla dokuma ve örme kumaşlara yönelik olduğu görülmüştür. Bu konuda halılar ile ilgili yapılmış birkaç çalışma ise antimikrobiyal ajanların terbiye yolu ile uygulanması şeklindedir. Günümüzde gelişen çevre bilinci ve beraberinde gelen bazı yaptırımlar çevreye duyarlı üretim yöntemlerinin seçilmesini gerektirmektedir. Bu yaklaşımla halılara antimikrobiyal özelliklerin terbiye ile değil metal ve metalize filamentlerin kullanımı ile kazandırılması amaçlanmıştır. Metal ve metalize filamentlerin tekstilde kullanımı yaygın iken halılarda kullanımına rastlanmamıştır. Bu gerekçelerle planlanan çalışma kapsamında metal ve metalize filamentlerin halı zemininde kullanımı ile antimikrobiyal (antibakteriyel ve antimantar) özelliklerin ve bunlara ilave olarak antistatik özelliklerin halılara kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca metallerin kullanımı ile halılara elektromanyetik ekranlama fonksiyonunun da kazandırılabilceği düşünülmüştür. Böylece halı sektöründe mevcut olmayan bu özelliğın kazandırılmasıyla halılara yeni kullanım alanları oluşturulabilecektir (bebek/çocuk odaları, kreşler, camiler, oteller gibi). Böylece planlanan çalışma ile değışen yaşam koşullarını ve müşteri beklentilerini karşılayacak yeni ve fonksiyonel özelliklere sahip katma değeri yüksek halıların üretilbilmesi amaçlanmıştır.

Halı sektöründe puntalı iplikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Puntalama jetine aynı anda birden fazla iplik besleyerek kompozit (hibrit) iplik üretmek mümkün olabilmektedir. Bu gerekçe ile çalışma kapsamında halı zemininde halihazırda kullanılmakta olan ipliklerin metal filamentler ile puntalama tekniği yoluyla birleştirilerek metal içerikli kompozit ipliklerin üretilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu ipliklerin halı zemininde farklı konstrüksiyonlarda yerleşimi ile Robot hand-tuft halı makinesinde halı numuneleri üretilmiştir. Üretilen halı numunelerine antimikrobiyal aktivite, antistatiklik ve elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri ilgili standartlara göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yorumlanmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gerçekleştirilen kapsamlı literatür araştırması sonucunda tekstil ürünlerinde metallerin kullanımını içeren çalışmalar antimikrobiyal, antistatik ve elektromanyetik ekranlama etkinliği uygulamaları konu başlıkları altında aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Antimikrobiyal Uygulamaları İçeren Çalışmalar

Nakashima ve ark (2001), bakır sülfat ve çinko sülfat metalik tuzları ile muamelenin selülozik kumaşların üç bakteri türü üzerindeki antibakteriyel aktivitesini incelemişlerdir. Kumaşların antibakteriyel aktivitelerinin metal tuzları ile muamele sonrasında önemli ölçüde arttığı bu artışın az da 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.

Leonas (2003), halıdaki mikroorganizmalar isimli derlemesinde insanların yaşadığı iç çevrede (ev, ofis vb.) bakteri ve mantar zararlılarının oluşumunun temelinde ortamın nemi ve bu canlıların gelişimi için ihtiyaç duyduğu besinin toz, kir ve döküntüler ile onlara ulaşmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Araştırmada halıların belirtilen kirlerden yeterince temizlenmediğinde ve nemin etkisiyle bu zararlıların çoğaldığı ve temas yoluyla insanlara transfer olabildiği belirtilmektedir. Çalışmada, zemin kumaşı amonyum tuzları içeren ajan ile muamele edilen halıda test süresinde *Aspergillus Niger* mantarının önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir.

Lee ve ark (2003), 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 sağalacağı belirtilmiştir.

Balcı ve Babaarslan (2005), % 100 pamuklu kumaşlarda antibakteriyel özellik sağlamak amacıyla uygulanan kimyasalların kumaşın performans özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kumaşın mukavemet özelliklerinde kullanılan kimyasalın cinsi ve derişiminin anlamlı etkisi olduğu, boncuklanma gibi yüzey özelliğinde önemli bir değişiklik olmadığı, buruşmazlık özelliklerinin daha çok kullanılan kimyasalın cinsinden etkilendiği ve tüm işlem görmüş numunelerin haslık özelliklerinde bir düşüş olduğu belirtilmiştir.

Lee ve ark (2005), 22 mm düzlemsel yuvarlak lameller üzerinde çok katmanlı film tabakaları oluşturmuş ve bu tabakalarına gümüş nano partiküller eklemişlerdir. Çalışmada Gümüş partiküller eklenen ince filmlerin gram-pozitif (*S. epidermidis*) ve gram-negatif (*E. coli*) bakterileri üzerinde biyosidal aktivite sağladığı belirtilmişlerdir.

Jeong ve ark. (2005), polipropilen/gümüş bileşikleri oluşturmak için mikro/nano boyuttaki gümüş tozlarını ile polipropilen granülleri konvansiyonel iki ekstrüderli sistemde direk eriyik formunda birleştirmişlerdir. Elde edilen kompozitler bir hidrolik pres yardımıyla ince film tabakalarına dönüştürülmüştür. Sonrasında film tabakalarında gümüşün dağılımlarını incelemiş ve polipropilen/gümüş bileşiğinin antibakteriyel aktivitesi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda gümüş nano partikülleri % 0,1 oranında içeren bileşiklerin dahi *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* bakterilerine karşı yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği belirtilmiştir.

Khajavi ve ark (2007), yaptıkları araştırmada yaygın kullanılan antiseptik bir ajan olan dörtlü amonyum tuzlarından Benzalkonyum Klorür solüsyonun akrilik halılarda oluşan patojenik bakteriler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada solüsyon ile muamele edilen ve edilmeyen halı örnekleri halka açık bir alanda 1 hafta boyunca bekletilmiştir. Sonuç olarak % 0,1 Benzalkonyum Klorür solüsyonunun kullanıldığı halılarda 7 gün sonunda bakterilerin oluşumunu

farklı bakteri türleri için sırasıyla E. coli' de % 90, Bacillus' da % 92, Pseudomonas' da % 90 ve Styphylococcus' da ise % 50 oranında engelleyebildiği belirtilmiştir.

Kim ve ark (2007), yaptıkları çalışmada stabil Ag nanopartiküller hazırlamış, bunların şekil ve boyut dağılımı partikül sınıflandırıcı ve elektron mikroskobu ile karakterize edilmiş ve gümüş nanopartiküllerin maya, Escherichia coli ve Staphylococcus aureus bakterilerine karşı antimikrobiyal etkileri incelenmişlerdir. Çalışmada maya ve E. Coli bakterilerinin düşük gümüş konsantrasyonlarında bile engellediği oysa S. aureus üzerinde büyüme engelleyici etkilerin daha hafif olduğu belirtilmiştir. Gümüş nano partiküllerin çeşitli bakteri türlerinin çoğalmasını etkin bir şekilde engellediği ve bu amaçla tıbbi cihazlar ve antibakteriyel kontrol sistemlerinde kullanılabilceği de ifade edilmiştir.

Jiang ve ark. (2007), polyester/pamuk karışımı kumaşa kimyasal gümüş kaplama işlemi uygulamış ve işlem sonrası kumaş özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmişlerdir. 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.

Djokić (2008), topikal yara örtüleri, idrar kateterleri, endotrakeal tüpler, kalp kapakları vb. biyomedikal uygulamalarda kullanılan malzemelerin yüzeylerinin gümüş ve gümüş bileşenleri ile muamelesini araştırmıştır. Çalışmada antibakteriyel aktivitenin gümüş iyonları tarafından sağlandığı ifade edilmiş, metalik gümüşün yeterince uzun süre sıvı ile temas edip korozyona uğraması halinde antimikrobiyal aktivite gösterebileceği fakat bunun metal formdaki yapıdan değil bu süreçte doğal olarak ortaya çıkan gümüş iyonlarından kaynaklanacağı ifade edilmiştir. Yine kaplama uygulamalarında elektrokimyasal olarak okside edilen gümüşün (gümüş oksit) veya gümüş tuzlarının gümüş iyonlarını daha hızlı

serbest bırakacağı için istenilen antimikrobiyal etkinin sağlanabileceği belirtilmiştir.

Üreyen ve ark (2008), tekstil kumaşlarına uygulanabilen yıkama dayanımı yüksek gümüş katkı antibakteriyel kimyasal geliştirmek amacıyla, gümüş katkı kalsiyum fosfat esaslı antibakteriyel tozu yaş kimyasal yöntemle sentezlemiş sonrasında sentezlenen tozun tane boyutunu nano seviyesine indirgemişlerdir. Bu toz kullanılarak geliştirilen apre kimyasalının performansını test etmek amacıyla laboratuvar tipi fularda pamuk, PES ve modal kumaşlara uygulama yapmış sonuçta 20 yıkama sonrasında bile çok güçlü antibakteriyel etkisini koruduğunu bildirmişlerdir.

Ashjarian ve ark (2009), yaptıkları çalışmada bir çeşit amonyum tuzu olan rodalon antiseptik ajanının ipek halılarda kullanımının antibakteriyel etkinlik sağlayıp sağlamayacağını araştırmışlardır. Bu amaçla sprey yöntemiyle bu ajanı halıya aktarıp seçilen bir otelde 2 hafta süreyle kullanıma bırakmışlardır. Sonuç olarak Rodalon çözeltisi ile muamale edilen halıda mekanik özelliklerde anlamlı bir değişiklik olamamasına karşın Escherichia coli and Staphylococcus aureus kolonilerinin önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir.

Rai ve ark (2009), yaptıkları derleme çalışmasında gümüş nano partiküllerin antibakteriyel uygulamalarını araştırmıştır. Çalışmada metalik gümüş ve çeşitli gümüş bileşiklerinin (gümüş sülfadizan, gümüş zeolite vb.) kullanım alanları ve etki mekanizmaları ve gümüşün toksik etkileri hakkında bilgi verilmiştir. Etki mekanizmaları ile ilgili olarak, metalik gümüşün inert olduğu fakat nem ile etkileşimi sonucunda iyonlaşabileceği, buna karşın iyonize gümüşün bağlandığı bakterinin hücre duvarı ve membran yapısında bozulmalara neden olarak hücrenin ölümüne seviyede reaktif olduğu ifade edilmiştir. Ek olarak gümüş iyonlarının bakterinin DNA ve RNA' sını denatüre edilerek bakterinin çoğalmasını engellediği de belirtilmiştir.

Liao ve ark (2010), AISI 304 tipi paslanmaz çeliğe % 0.1, 0.2 ve 0.3 oranlarında gümüş ekleyerek 60x60x10 mm boyutlarında dikdörtgen çubuk olarak

dökmüşlerdir. Çalışmada AISI 304 tipi paslanmaz çeliğin gümüş ilavesi olmadan antibakteriyel etki göstermediği buna karşın % 0,3 civarında gümüş ilavesinin E. coli bakterisine karşı % 100' e yaklaşan oranda antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir.

Özyüzer ve ark (2010), çapları 65 µm olan multifilament sentetik polipropilen liflerin yüzeylerini yüksek vakum altında nanometre kalınlığında Cr ve Ag gibi elektriksel iletken metal filmler ile kaplamış, elektriksel iletkenlik ve antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada artan kaplama kalınlığı ile antistatik ve antibakteriyel özelliklerin olumlu olarak etkilendiğini, kaplama kalınlığı 120 µm olduğunda antibakteriyel özelliğin %99,9'a çıktığını belirtmişlerdir.

Üreyen ve ark (2010), gümüş katkılı selülozik lif/pamuk karışımından üretilen kumaşların antibakteriyel aktivitelerini, yıkama dayanımlarını analiz etmiş ve antibakteriyel aktivite ile gümüş içeriği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada %3 SeaCell Active lifi içeren kumaşlarda dahi çok sayıda yıkama (30-40 yıkama) sonrasında antibakteriyel etkinin elde edilebildiğini fakat yıkama işleminin gümüş miktarında azalmaya neden olduğunu belirtilmişlerdir. Güçlü bir antibakteriyel aktivite sağlanması için 50 mg/kg gümüşe ihtiyaç duyulacağı ifade edilmiştir.

Hebeish ve ark (2011), pamuklu kumaşlara antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla nano-gümüş parçacıklarını çevre dostu bir stabilizatör olan hidroksipropil nişasta ile birlikte kumaşa uygulamış, antibakteriyel özellik ve bu özelliğin yıkama dayanımını araştırmışlardır. Çalışmada kumaşların S.aureus ve E. coli bakterilerine karşı 20 yıkama sonrasında bile % 90' nın üzerinde antibakteriyel etki sağladığı belirtilmiştir.

Huang ve ark (2011), biyomedikal uygulamalarda kullanılması amacıyla AISI 316L tipi paslanmaz çeliğin yapısına % 0 - 0,1 – 0,2 – 0,3 oranlarında gümüş ilave ederek elde edilen yeni alaşımın antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada AISI 316L tipi paslanmaz çeliğin tek başına antibakteriyel bir etki

göstermediği fakat % 0,2 ve üzerinde gümüş ilavesiyle Staphylococcus aureus ve Escherichia coli bakterilerine karşı % 100' e yaklaşan bir antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada gümüş çökeltileri tarafından salınan Ag^+ iyonlarının bakterileri öldürdüğü ifade edilmiştir.

Nischala ve ark (2011), çalışmalarında gümüş nanopartikülleri silis parçacıklarının yüzeyine bağlamak suretiyle elde ettikleri ajanı pamuklu kumaşlar üzerinde antibakteriyel madde olarak kullanmışlardır. Yapılan uygulamanın kumaşlara iyi bir antibakteriyel özellik sağladığı bununla birlikte kumaş renginde de anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı ifade edilmiştir.

Montazer ve ark (2012), naylon 6 hav ipliğine sahip 5x10 cm halı numuneleri üzerinde kollodial nano gümüş kullanımının numunenin renk ve antibakteriyel özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemişlerdir. Kollodial konsantrasyonun Escherichia coli and Staphylococcus aureus bakterileri üzerindeki antibakteriyel aktivite etkinliğini ve yıkama dayanımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Minimum %0.05-0.1 nano gümüş içeren solüsyonun Staphylococcus aureus bakterisini %99,9 ve Escherichia coli bakterisini % 79,25 oranında azalttığı ve antibakteriyel aktivitenin 10 yıkama sonrasında da devam ettiği ve renkte bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir.

Can ve ark (2013), yaptıkları çalışmada gümüş modifiyeli antibakteriyel zeolit aplike edilmiş pamuklu kumaşların özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kumaşların gram pozitif S.aureus ve gram negatif K. Pneumoniae bakterilerine karşı iyi bir antibakteriyel etki sağladığı ve bu etkinin gümüş iyon konsantrasyonunun artışıyla yükseldiği belirtilmiştir.

Sharifahmadian ve ark (2013), taramalı elektron mikroskobu ile bakır kaplamaların mikroyapı ve yüzey mikromorfolojisini incelemiş ve antibakteriyel özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışmada bakır kaplama yüzeylerin antibakteriyel özellikleri paslanmaz çelik ve ticari olarak kullanılan bakır plakalar ile kıyaslanmış ve kaplanmış bakır yüzeyin diğerlerine göre çok iyi bir antibakteriyel davranış sergilediği belirtilmiştir.

Topp ve ark (2014), hazırladıkları %5-10-20 oranlarında metalik pigmentler (Bakır, bakır kaplı gümüş, demir, çelik, gümüş, grafit) içeren baskı patları ile polyester kumaşları kaplayarak bu yapıların antimikrobiyal, iletkenlik ve elektromanyetik kalkanlama özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada etkin bir antibakteriyel özellik ve iletkenlik için bakır, gümüş kaplı bakır ve gümüş içerikli pigmentlerin kullanılabilceğini, elektromanyetik kalkanlama değerinin 6,5-15 GHz frekans aralığında kaplama kalınlığı ve pigment oranının artışıyla birlikte artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Franci ve ark (2015), potansiyel bir antibakteriyel ajan olarak nano gümüş araştırmalarını bir araya getirdikleri derlemelerinde, metalik gümüşün neredeyse hiçbir antibakteriyel etki göstermediği buna karşın gümüşün nanopartikül ve serbest iyon formlarının güçlü bir antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir (Franci ve ark., 2015) .

2.2. Antistatiklik Uygulamalarını İçeren Çalışmalar

Stockhausen ve Peppmoeller (1981), halılar ve diğer tekstil ürünlerinin zeminlerinin kaplanması için polimerik asitlerin amin tuzlarının kullanıldığı bir antistatiklik uygulamasının patentini almışlardır. Bu uygulamada hidrofilik karaktere sahip ajanın absorblayacağı suyun etkisiyle antistatik etki sağlanacağı ifade edilmektedir.

Altafim ve ark (1997), sabit akım korona triod yönetimini kullanarak halı örneklerinin elektrostatik karakterizasyonunu incelemişlerdir. Bu teknik numunenin elektriksel direnci, ve elektriksel yükün deşarj süreleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Yöntemde halı numuneleri üst kısımdan yüklenirken zemin kısmında bulunan kontrol devresi ile halıdaki elektrik yükü ölçülmüştür. Çalışma sonucunda geliştirilen bu yöntem ile halıda meydana gelen fazla yükün nasıl dağıldığının, numunenin elektriksel direncinin, elektrik yükü depo etme yeteneğinin (kapasitans), statik yüklenme ve deşarj sürelerinin belirlenebileceği belirtilmiştir.

Kacprzyk ve Domagala (1997), halı hav tabakası içerisine iletken filamentler yerleştirmiş ve bu numunelere yürüme ile statik elektriklenme testi uygulamışlardır. Kullanılan metal filamentlerin ölçülen ana potansiyeli ve periyodik deşarj sürelerini azalttığı belirtilmiştir. Deşarj sıklığı ve maksimum potansiyel yüklenme değerinin iletken filament yoğunluğunun artışıyla arttığı ifade edilmiştir.

Kessler ve Fisher (1997), halı üzerinde yürüyen insanlarda oluşan elektriksel gerilim üzerinde araştırma yapmıştır. Çalışmada triboelektrik şarjın halı üzerinde yürüyen insanlarda meydana gelen statik yüklenmedeki rolü araştırılmıştır. Bu kapsamda halı hav tabakalarında % 97 standart nylon 6.6 kalan % 3' lük kısmı ise bikomponent, ağırlığının yaklaşık % 34' lük kısmı karbon olan, iletken nylon 6' dan meydana gelen katlı iplikler kullanılmıştır. Çalışmada karşılaştırılan farklı test uygulamalarının sonuçlarına göre halılarda kullanılan iletken filamentlerin numunenin deşarj özelliğini geliştirdiği ifade edilmiştir.

Körpınar (2000), yaptığı deneysel çalışmada insan üzerinde biriken elektrostatik yüklerin fizyolojik ve psikolojik etkilerini incelemiştir. Çalışmasında 16-18 yaşları arasında 17 adet sağlıklı erkek denek kullanmış olup deneklere DC güç kaynağı ile pozitif ve negatif elektrostatik yük yükleme yapmıştır. Bu amaçla deneklerin yükleme öncesi ve yükleme sonrası kan basıncı, ışığa tepki, sese tepki ve el terleme hızı değerleri ölçülerek karşılaştırılmış, bu parametrelerin negatif yüklemde azaldığı, nötr koşulda değişmediği ifade edilmiştir. Ayrıca insanlarda bir gerilim göstergesi sayılan el terleme şiddetinin de pozitif yüklemde artmakta olduğu ve negatif yüklemde de azaldığı belirtilmiştir. Sese ve ışığa karşı verilen tepki sürelerinde benzer bir değişim olduğu belirtilmiştir. Psikolojik test sonuçlarında tüm yüklemelerde ölçülen kaygı düzeyinde anlamlı bir değişim gözlenmediği buna karşılık pozitif yükleme yapıldığında kısa süreli bellek testindeki hata sayısında anlamlı artma ve negatif yüklemde ise anlamlı bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, laboratuvar koşullarında pozitif elektrostatik yüklerin, canlı organizma üzerinde stress yaratıcı olumsuz

etkiye sahip olduğu, negatif elektrostatik yük altında ise organizmada stresin azaldığı ve oldukça olumlu bir etki meydana geldiği belirtilmiştir.

Maclaga ve Fisher (2001), karbon dolgulu naylon bikomponent iletken lifler içeren halılarda elektrostatik yükün dağılım mekanizmasını incelemişlerdir. Çalışmada iletken liflerin kullanıldığı halılarda yapı izole bile olsa (topraklanmamış) insanların yürümesinden kaynaklanan yükü önemli ölçüde azalttığı ve halı üzerindeki statik yükün dağıtılmasında ana rolü üstlendiği ifade edilmiştir. Yapıdaki statik yük dağılımının korona deşarjı ile iletken lif uçları etrafında meydana gelen serbest iyon oluşumuna bağlı olduğu vurgulanmıştır. Düşük statik yük birikimini gerektiren ticari halı uygulamalarında iletken filamentlerin halının zemininde kullanımının bu etkiyi kalıcı sağlayabileceği belirtilmiştir.

Ono ve ark (2003), zemin kaplamalarının antistatik etkinliğini ölçmek amacıyla yeni bir test cihazı geliştirmeyi amaçlamıştır. Test düzeneğinin halı üzerinde sürtünmeye yarayan motor kontrollü silindirler ve halının triboelektriklenme ve şarj sönümlenme zamanını ölçen bir cihazdan meydana geldiği ve yapılan denemelere göre cihazın doğru ölçüm yapabildiği belirtilmiştir.

Männer ve ark (2011), Tencel liflerinin halı üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Çalışmada polyester, polipropilen ve yün liflerinin standart şartlarda elektriksel direncinin Tencel liflerinden 100 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca polyester, polipropilen ve pamuk elyaflarına kıyasla insana temas ettiğinde daha az elektrostatik yük oluşturduğu belirtilmiştir. Karşılaştırılan tencel, yün, polyamid ve polyester elyafları dikkate alındığında sırasıyla elektriksel direncin düştüğü bunun artan nem tutma yeteneği, dolayısıyla artan iletkenlikten kaynaklandığı belirtilmiştir.

2.3. Elektromanyetik Ekranlama Uygulamalarını İçeren Çalışmalar

Cheng ve ark (2001), paslanmaz çelik/ polyester karışımı ipliklerden üretilmiş dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliklerini

araştırmışlardır. Bu amaçla kesikli formdaki lifler çekim ünitesinde yaklaşık % 30/70 – 20/80 oranında çelik/polyester olacak şekilde karıştırılmıştır. Karışım kullanılarak ring makinesinde iplikler üretilmiştir. Elde edilen iplikler el dokuma tezgahında bezayağı, dimi ve saten örgü türlerinde dokuyarak, koaksiyel transmisyon ölçüm yöntemiyle 300 MHz- 3GHz aralığında elektromanyetik ekranlama etkinlik testleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda üretilen kumaşların iyi derecede ekranlama sağlayabildiği ve kullanılan üretim yönteminin çelik gibi sert filamenlerin polyester gibi esnek liflerle birleştirilmesiyle daha dokunabilir iplik yapıları elde edilebileceği belirtilmiştir.

Han ve ark (2001), bakır kaplı polyester kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliklerini araştırmışlardır. Bu amaçla kimyasal yöntem kullanarak kumaşların yüzeylerini farklı proses şartlarında 0.8-0.48 µm kalınlık aralığında bakır ile kaplamışlardır. Kaplama işleminin kumaşın % uzamasını ve rijitliğini arttırdığını buna karşın mukavemetini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca kaplama kalınlığındaki artışın elektromanyetik ekranlama etkinliğini arttırdığı belirtilmiştir.

Su ve ark (2004), ürettikleri paslanmaz çelik/polyester içerikli 3 farklı tip iplikten (özlü, sargı ve katlı) 1/1bezayağı- 2/2 ve 3/1 dimi olmak üzere farklı konstrüksiyonda kumaşlar dokumuş ve kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada koaksiyel transmisyon cihazı kullanılarak ekranlama etkinliği 9 KHz- 3 GHz frekans aralığında ölçülmüştür. Çalışma sonucunda sıkı yapıların daha yüksek ekranlama etkinliği gösterdiği, paslanmaz çelik hibrit ipliği tek yönde içeren konstrüksiyonların (Sadece atkı ya da çözgü yönü) daha düşük etkinliğe sahip olduğu, özlü ipliklerin sargı ve katlı ipliklere göre daha yüksek ekranlama sağladığı, doku türü açısından 1/1 bezayağı dokunun optimum ekranlama değerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Cheng ve ark (2006), 0.100 - 0.125 - 0.150 mm çapındaki bakır tellerden farklı atkı ve çözgü sıklıklarında 3/1 dimi kumaşlar dokumuşlardır. Ürettikleri bu kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliklerini koaksiyel tutucu ölçüm

yöntemi ile 144-3000 MHz frekans aralığında test etmişlerdir. Çalışmada bakır içerikli iletken kumaşın ekranlama etkinliğinin atkı/çözümlü sıklığı ve kullanılan bakır telin kalınlığı parametrelerinden etkilendiği ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda atkı ve çözgü sıklığındaki artışın ekranlama etkinliğini arttırdığı, bakır telin çapındaki artışın ise ekranlama etkinliğini genel olarak azalttığı belirtilmiştir.

Lai ve ark (2007), metalize polyester ipliklerden üretilmiş dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada vakum buharlaştırma ve biriktirme tekniği kullanarak polyester filametlerin yüzeyini gümüş, bakır alüminyum ve titanyum metalleri ile kaplamışlardır. Elde ettikleri metal/PET ipliklerden bezayağı örgü yapısında farklı sıklıklara sahip kumaşlar üretmişlerdir. Üretilen kumaşların ekranlama etkinlikleri 2250-2650 MHz frekans aralığında koaksiyel transmisyon ekipmanı kullanılarak test edilmiştir. Çalışmada kaplama kalınlığı artışı ile elektromanyetik ekranlama etkinliğinin arttığı, gözenek büyüklüğünün artışıyla azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca en yüksek ekranlama etkinliğini gümüş kaplama, ikinci sırada bakır ve en son ise titanyum kaplamanın gösterdiği bu durumun gümüşün kullanılan metaller arasında en yüksek, bakırın ikinci en yüksek, titanyumun ise en düşük iletkenlik seviyesine sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Perumalraj ve Dasaradan (2009), bakır özlü/ pamuklu ipliklerden elde edilmiş örme kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliğini araştırmışlardır. Araştırma kapsamında üretilen kumaşların ekranlama etkinlikleri 20-18000 MHz frekans aralığında ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda üretilen kumaşların 30-63 dB aralığında ekranlama etkinliği sağladığı, ilmek ve çubuk sıklığındaki artışın ekranlama etkinliğini arttırdığı, interlok örme yapısının ribana ve düz örgü yapısına oranla daha yüksek ekranlama etkinliği gösterdiği, bakır telin çapındaki artışın ise etkinliği düşürdüğü belirtilmiştir.

Roh ve ark (2008), çok fonksiyonlu metal kompozit kumaşların elektromanyetik ekranlama etkinliğini araştırmışlardır. Kompozit kumaşların üretiminde ticari olarak kullanılan bakır, izolasyonlu bakır ve paslanmaz çelik

filamentleri, polyester filament ile özlü iplik ve yine polyester filament ile Z ve S yönünde katlanarak 3 farklı metal kompozit iplik üretilmiştir. Kompozit iplikler normal polyester filamentlerle birlikte farklı atkı ve çözgü aralıklarında kullanılarak metal kompozit ipliklerin bu yerleşiminden oluşan 12 farklı gözenek genişliğine sahip bezayağı kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların ekranlama etkinliği koaksiyel transmisyona aparatı ile 30 MHz-1.5 GHz frekans aralığında ölçülmüştür. Çalışma sonucunda metal içerik miktarı arttıkça ekranlama etkinliğinin arttığı, bakırın 800 MHz frekansa kadar en yüksek etkinliği, izolasyonlu bakırın 800 MHz-1.5 GHz aralığında en iyi etkinliği gösterdiği, çeliğin 800 MHz-1.4 GHz aralığında en iyi etkinliği gösterdiği görülmüştür. Ek olarak orta frekans aralığında geniş gözenekli yapıların, düşük ve yüksek frekanslarda ise kare şekline yakın gözenekli yapıların daha iyi ekranlama etkinliği sağladığı, metal kompozit kumaşlarda oluşturulan metal ızgaraların boyutu ve şekli değiştirilerek istenilen frekans aralığına uygun hale getirilebileceği belirtilmiştir.

Bedeloğlu ve ark (2012), elektromanyetik ekranlama ve iletkenlik uygulamalarında kullanılmak üzere ring eğirme sisteminde ürettikleri bakır ve çelik özlü/ pamuklu ipliklerin eğilme dayanımı, mukavemet ve tüylülük özelliklerini incelemiştir. Çalışmada yüksek katma değerli metal özlü ipliklerin konvansiyonel ring sisteminin modifikasyonu ile düşük maliyetlerle ve kolayca üretilebileceği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda öz kalınlığı arttıkça ipliğin eğilme dayanımının % 100 pamuğa göre arttığı ve öz kalınlığı ile tüylülük arasında da anlamlı bir korelasyon olduğu belirtilmiştir.

Duran ve Kadoğlu (2012), bakır özlü (bakır/pamuk) ipliklerle elektromanyetik koruyucu tekstil malzemelerinin üretilebilme olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmada özlü iplikler atkıda 3 farklı sıklıkta (8-16-24 atkı/cm), çözgü ipliği olarak ise % 100 pamuk iplikler kullanılarak dokuma kumaş numuneleri üretilmiştir. Üretilen kumaş numunelerinin elektromanyetik ekranlama karakteristiklerini incelenmiştir. Çalışmada 0.05-0.07-0.1 mm kalınlığa sahip bakır teller öz olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 44,4 dB' e varan ekranlama

değerlerine ulaşılmış olup (Ne 5/0.07 mm Cu öz), iplik numarasındaki değişimin ekranlama etkinliği üzerinde etkili olmadığı, kor inceliğinin istatistiksel olarak anlamlı fark yarattığı fakat düzgün bir eğilim göstermediği belirtilmiştir.

Örtlek ve ark (2012), yaptığı çalışmada içi boş iğ tekniği ile merkezde paslanmaz çelik ve etrafında polyesterden oluşan hibrit iplikler üretmiş ve bu iplikleri seçilmiş atkı ve çözgü ipliklerinde kullanarak 8 farklı dokuma kumaş üretmişlerdir. Üretilen kumaşlara 30 MHz-9.93 GHz frekans aralığında kapalı ölçüm tekniği ile yatay ve dikey doğrultuda elektromanyetik ekranlama etkinliği testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda numunelerin 25-65 dB aralığında ekranlama etkinliği sağlayabildiği, ekranlama etkinliğinin tüm numunelerde artan frekansla azaldığı, elektromanyetik dalgaların polarizasyonunun hibrit ipliklerin kumaş yapısındaki yönelimi ile bağlantılı olduğu ifade edilmiştir. Ek olarak atkı ve çözgü doğrultusundaki ekranlamanın birbirinden bağımsız olduğu fakat iki yönde kullanmanın daha etkin ekranlama sağlayacağı, atkı ve çözgü yoğunluğunun ekranlama etkinliği üzerinde önemli rol oynadığı, farklı konstrüksiyona sahip kumaşların ekranlama davranışının farklı frekanslarda farklı olduğu belirtilmiştir.

Duran ve Kadoğlu (2015), yaptıkları çalışmada pamuk/ polyamid-gümüş özlü ve pamuk/ polyamid/gümüş karışımı şeklinde hibrit iplikler üretmişlerdir. Üretilen gümüş içerikli iplikler atkıda 3 farklı sıklıkta (8, 16, 24 atkı/cm) kullanılarak 3/1 dimi kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların 200 MHz – 5.8 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik ekranlama etkinlikleri yankısız oda tekniğini kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada iplik numarası, öz iplik numarası, karışım oranı, atkı yoğunluğu, elektriksel direnç, iplik türü ve dalga frekansının elektromanyetik ekranlama etkinliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda 48 dB' e varan oranlarda ekranlama etkinliği sağlanabildiği, atkı sıklığının artışıyla ekranlama etkinliğinin hem düşük hem de yüksek frekans değerlerinde arttığı ifade edilmiştir. Ek olarak, ince ipliklerde kalın öz kullanımının birim kumaş alanındaki iletken materyal miktarını arttırarak ekranlama etkinliğini geliştirdiği, karışım ipliklerde de iletken filament oranının ve iplik kalınlığının

artışının ekranlama etkinliğini arttırdığı, artan frekans ile ekranlama etkinliğinin azaldığı belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında halılara antimikrobiyal (antibakteriyel ve antimantar), antistatik ve elektromanyetik ekranlama özelliklerini kazandırmak amacıyla halı zemin kumaşının atkı ve çözgü ipliklerinde kullanılmak üzere metal kompozit iplikler üretilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırması doğrultusunda hedeflenen özellikleri numune halılara kazandırma potansiyeli olan filamentler kompozit ipliklerin üretiminde kullanılmış olup özellikleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İpliklere ait özellikler

İplik Türü	Ort. Mukavemet (cN/tex)	Ort. Uzama (%)	Ort. İncelik (denye)	Maliyet (\$/kg)
Tekstüre PES*	34,89	15,53	795/ 144f	5
Metalize Gümüş PA** Filament (% 16 saf gümüş ihtiva eder)	34,58	29,47	38/10f	337
Mono Filament Bakır	3,24	8,18	157 (0,05 mm çap)	55
Mono Filament Gümüş	5,64	18,75	107 (0,047 mm çap)	65
Mono Filament Paslanmaz Çelik (AISI 316L)	11,18	34,56	144 (0,05 mm çap)	55

*PES: Polyester, **PA: Polyamid

Çizelge 3.1' deki malzemeler antibakteriyel özellikler açısından değerlendirildiğinde, yapılan bir çok araştırma göstermektedir ki gümüş iyonları kullandığı malzemeye antibakteriyel özellik kazandırabilmektedir (Lee ve ark., 2005; Jeong ve ark., 2005; Kim ve ark., 2007; Jiang ve ark.). Gümüş hakkında önemli bir detay ise antibakteriyel etkinin gümüş iyonları tarafından sağlandığıdır.

Yani elementel formdaki gümüş antibakteriyel etki göstermemektedir. Elementel gümüşün antibakteriyel etki gösterebilmesi için uzun süre nem ve atmosferik şartlara maruz kalıp korozyona uğraması gerekmektedir. Yüzey kaplama uygulamalarında ise elektrokimyasal olarak okside edilen gümüşün (gümüş oksit) daha hızlı salınacağı böylece bu yapılarda istenilen antimikrobiyal etkinin sağlanacağı belirtilmiştir (Djokić, 2008; Franci ve ark., 2015). Benzer şekilde farklı çalışmalarda bakır ve komponentlerinin kullanıldığı alanlarda antibakteriyel özellik sağladığı ifade edilmektedir (Nakashima ve ark., 2001; Chen ve ark., 2013; Sharifahmadian ve ark., 2013; Topp ve ark., 2014). Araştırmalarda paslanmaz çeliğin antibakteriyel özellik göstermediği buna karşın yapısına gümüş eklenmesi ile yüksek antibakteriyel etki sağlanabildiği ifade edilmiştir (Liao ve ark., 2010; Huang ve ark., 2011).

Çizelge 3.1' deki malzemeler antistatik özellik açısından değerlendirildiğinde, bakır, çelik ve gümüş filamentlerin yüzey özdirençlerinin <1 ohm yani iletken, polyester, nylon elyaflarının ise $>10^{12}$ ohm' dan büyük özdirenç değerlerinden dolayı yalıtkan olduğu bilinmektedir (Neelakandan ve ark., 2009; Bedeloğlu ve ark., 2010). Buradan yola çıkarak muhtemel statik elektriklenme problemlerinin çözümü için yalıtkan elyaflar ile iletken malzemelerin birlikte kullanıldığı kompozit bir iplik yapısının oluşturulması hedeflenmiş olup yine aynı yaklaşımla üretilen iletken kompozit iplikler elektromanyetik ekranlama özelliği sağlamak amacıyla üretilen zemin kumaşlarının yapılarında kullanılmıştır.

3.2. Metod

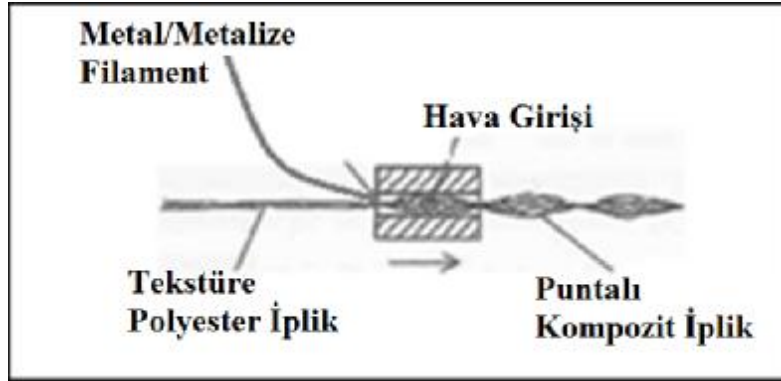
3.2.1. Metal Kompozit İpliklerin Üretimi

Tez çalışması kapsamında Çizelge 3.1' de belirtilen metal filamentler 795 denye tekstüre polyester iplik ile ayrı ayrı, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan, Hemaks marka HMX114 model 5 kafalı puntalama makinesinde bir araya getirilmiştir (Şekil 3.1). Yapılan ön deneme çalışmaları neticesinde basınç 5 bar ve hız 150 m/dk olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Hemaks Marka HMX114 Model Puntalama Makinesi (Hemaks, 2009)

Tekstüre polyester iplikler halı zemininde genellikle puntalı olarak kullanıldıkları için metal kompozit ipliklerin üretiminde puntalama tekniği seçilmiş ve böylece üretim sürecine ek bir maliyet getirmeksizin bu tekniğin kullanılabilceği düşünülmüştür. Puntalama işlem prensibi Şekil 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.2. Puntalama işlem prensibi

Puntalama işlemi ile elde edilen metal kompozit ipliklere ait görüntüler SDL International marka dijital kameralı mikroskop ile 10 kat büyütme oranıyla alınmış olup Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Metal kompozit ipliklere ait görüntüler

Şekil 3.3 incelendiğinde metal ve metalize ipliklerin puntalama işlemi sonucunda polyester iplik ile düzgün bir şekilde bir araya geldiği, metal filamentlerin iplik içinde bazı bölgelerde ise dış çevresinde konumlandığı görülmektedir. Bu yapının, metallerin birbirleri ve dış ortam ile temasına olanak yaratacağından antimikrobiyal ve elektriksel özellikler açısından olumlu katkılar sağlayacağı düşünülmüştür.

Üretilen kompozit ipliklere TS EN ISO 2062 standardına göre mukavemet ve % uzama testleri uygulanmış ve ortalama değerler Çizelge 3.2' de verilmiştir.

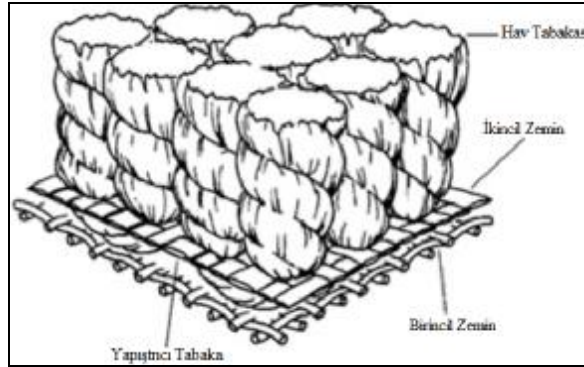
Çizelge 3.2. Kompozit ipliklere ait mukavemet ve uzama değerleri

Kompozit İplikler	Ort. Mukavemet		Ort. Uzama	
	cN/tex	% CV	%	% CV
Tekstüre Polyester + Gümüş	30,06	7,84	14,57	8,42
Tekstüre Polyester + Metalize Gümüş	39,72	3,04	15,18	6,22
Tekstüre Polyester + Bakır	29,05	3,78	15,38	6,09
Tekstüre Polyester + Çelik	27,65	7,51	13,94	7,76

3.2.2. Tufting Halı Numunelerinin Üretimi

Tez çalışması kapsamında numune halıların üretimi için Tufting halı üretim tekniği tercih edilmiştir. Üretimler Gaziantep’ de bulunan Royal Halı A.Ş.’ de gerçekleştirilmiştir. Bu teknik diğer halı üretim tekniklerine kıyasla hem küçük boyutlarda üretime imkan vermekte hem de zemin kumaşı hazır formda olduğu için üretilen kompozit ipliklerin yapıya yerleştirilmesi çok daha kolay gerçekleşmektedir.

Tufting halılar ilmek ipliklerinin önceden temin edilen zemin dokuya daldırılması sonrasında bir yapıştırıcı veya kaplama yöntemiyle sabitlenmesiyle oluşturulmaktadır. Tufting halı yapısı Şekil 3.4’ de verilmiştir.

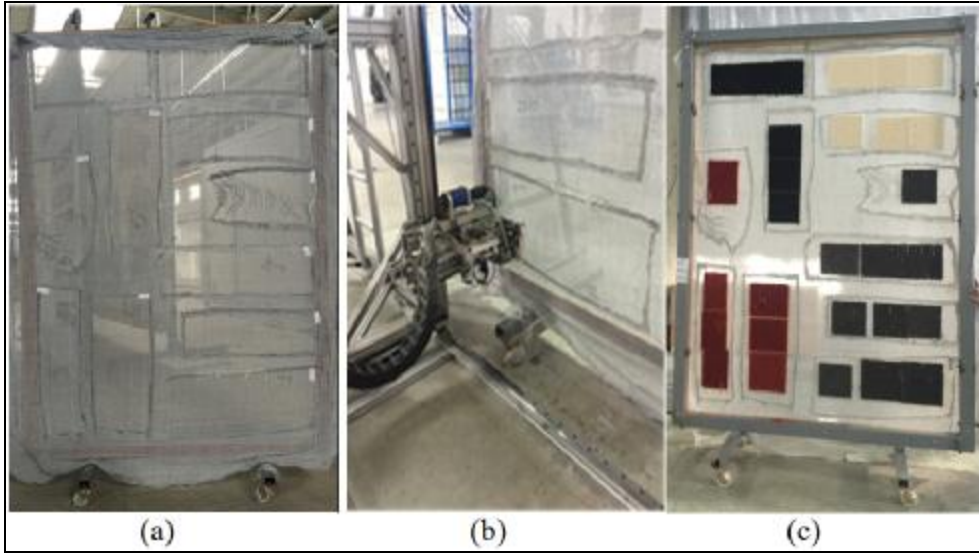


Şekil 3.4. Tufting halı yapısı (Carpet and Rug Institute, 2017)

Tufting oldukça basit, hızlı ve pahalı olmayan bir yöntemdir. Robotuft üretim yönteminde kenarları iğneli ve hareket edebilen çerçeve üzerine hazırlanan

zemin kumaşı gerdirme aparatları ile gerilmektedir. Robotuft makinesi, hav iplikleri için cağlık, bu iplikleri zemin kumaşa yerleştirecek özellikte bir başlıktan oluşmaktadır. Hav ipliklerini zemine yerleştiren kafa, verilen komutlar doğrultusunda çerçevenin koordinat düzleminde hareket edebilmekte olup, yapısındaki iğne zemin kumaşa dalarak basınçlı hava ile hav ipliklerini yerleştirmektedir. Dokuma veya dokusuz yüzey olan zemin kumaşı polipropilen, polyester veya jüt esaslı üretilebilmektedir. Tufting halı kalitesini hav ve zemin kumaşın lif özellikleri, ilmek sıklığı, ilmek yüksekliği ve ipliğin numarası belirlemektedir (Uyanık, 2012).

Tez çalışması kapsamında üretilen kompozit iplikler kullanılarak 4 farklı konstrüksiyonda zemin kumaşları üretilmiştir. Üretilen zemin kumaşları makinenin çerçevelerine gerilmiş ve ticari olarak da kullanılan 3 farklı hav yoğunluğunda (250.000-500.000-750.000 hav/m²) HITEK marka Robotuft halı makinesinde numune üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelerde Nm 15/3 akrilik hav ipliği kullanılmıştır. Üretim aşamalarını gösteren resimler Şekil 3.5’ de verilmiştir.



Şekil 3.5. Halı numunelerinin üretim aşamaları

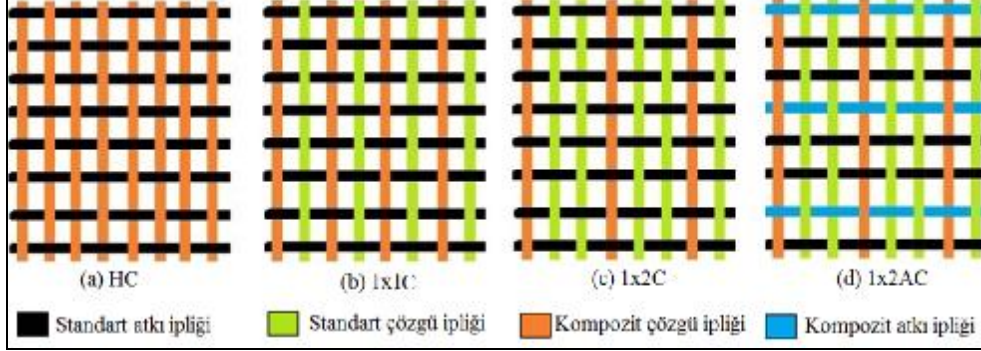
Şekil 3.5 (a)' da hazırlanan zemin kumaşları robotuft halı makinasının çerçevesi üzerine yerleştirilmiştir. (b)' de hav ipliklerini zemin kumaşına yerleştirme işlemini gerçekleştiren makine kafasının başlangıç pozisyonu görülmektedir. (c)' de ise üretimi tamamlanan halı numuneleri görülmektedir.

Toplamda 40 adet boyutları yaklaşık 25x25 cm olan halı numunesi üretilmiş olup numune halı özellikleri Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Üretilen numune halıların özellikleri

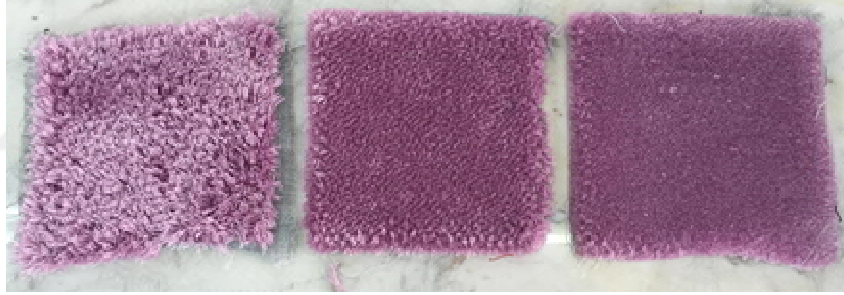
	İplik İçeriği	İplik Yerleşimi	Örgü
Zemin	∅ Standart çözü ve atkı (%95 Polyester + %5 Pamuk, 1638 denye) Kısaltma: STD	✓ Tüm çözüler kompozit İplik (Kısaltma: HC)	--Bezayağı (1x1) -- Atkı ve çözü sıklığı: 7 tel/cm
	∅ Gümüş + Tekstüre PES (Kompozit İplik) Kısaltma: GM	✓ 1 kompozit çözü + 1 standart çözü (Kısaltma: 1X1C)	
	∅ Metalize Gümüş + Tekstüre PES (Kompozit İplik) Kısaltma: MG	✓ 1 kompozit çözü + 2 standart çözü (Kısaltma: 1X2C)	
	∅ Bakır + Tekstüre PES (Kompozit İplik) Kısaltma: BKR	✓ 1 kompozit çözü / 2 standart çözü + 1 kompozit atkı / 2 standart atkı (Kısaltma: 1X2AC)	
	∅ Çelik + Tekstüre PES (Kompozit İplik) Kısaltma: CLK		
	İplik İçeriği	Hav Yoğunluğu (Hav/m²)	Hav Yüksekliği
Hav	∅ % 100 Akrilik ∅ Nm 15/3	✓ 250.000 ✓ 500.000 ✓ 750.000	16 mm

Çizelge 3.3' de verilen numunelere ait zemin konstrüksiyonları Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6. Numunelere ait zemin konstrüksiyonları

Üretilen farklı hav yoğunluğuna sahip halı numuneleri Şekil 3.7' de verilmiştir. Şekil 3.7' de numuneler soldan sağa doğru sırasıyla 250.000-500.000-750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahiptir.



Şekil 3.7. Farklı hav yoğunluğuna sahip halı numuneleri

3.2.3. Numune Halılara Uygulanan Testler

Üretilen numune halılara yapılan testler, testlere ait standartlar ve testlerin yapıldığı kurumlar Çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Standartlar ve testlerin yapılacağı kurumlar

Standart	Testin Gerçekleştirildiği Kurum
AATCC 100-2004 Antibakteriyel aktivite tayini (Antibacterial finishes on Textile materials)	Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
Antifungal aktivite tespiti (AATCC 30, Antifungal Activity on Textile Material)	Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
Antistatik özellik tespiti (TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler-Elektrostatik özellikler-Bölüm 1: Yüzey öz direnci)	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü
Elektromanyetik ekranlama etkinlik ölçümü (Serbest Uzak Ölçüm Metodu)	İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

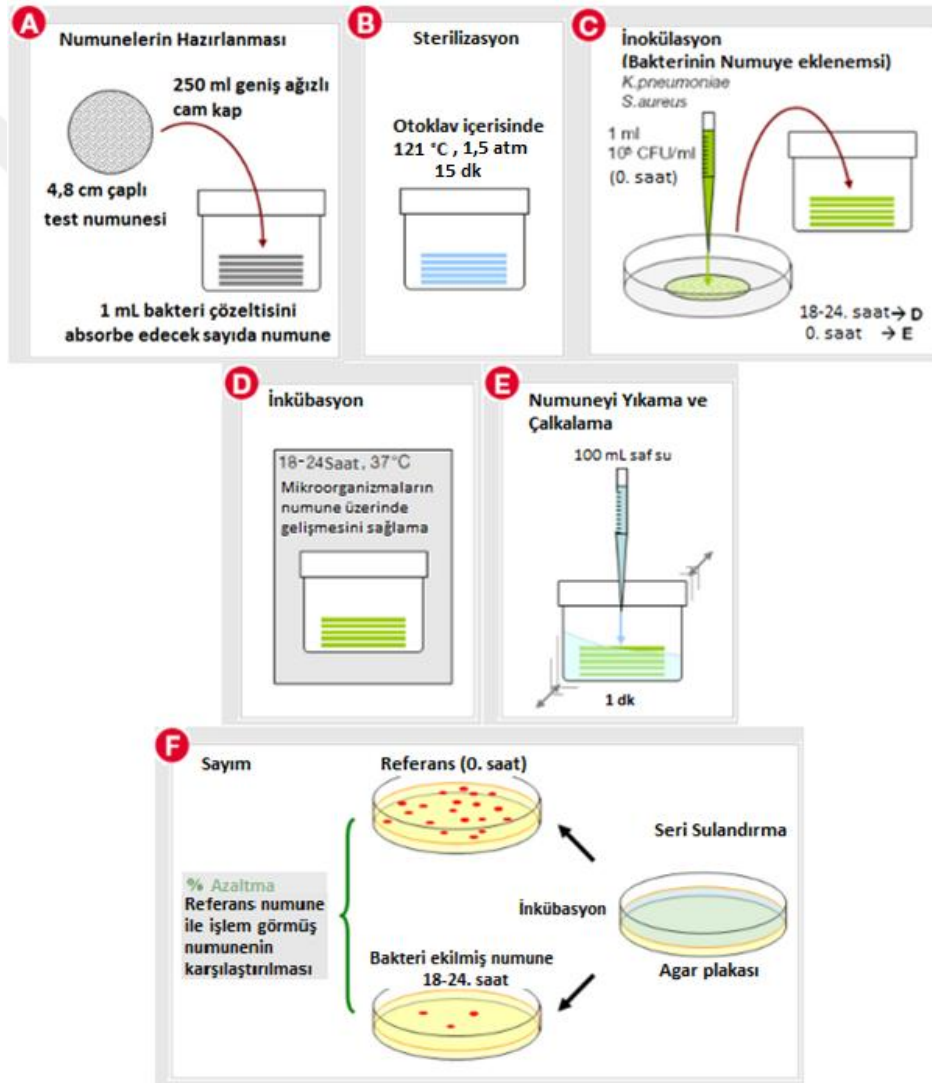
3.2.3.1. Antibakteriyel Aktivite Testi

Doktora tez çalışması kapsamında üretilen halı numunelerinin, insanlarda çeşitli hastalıklara neden olan *S. Aureus* (cilt enfeksiyonları, hastane enfeksiyonları) ve *K. Pneumoniae* (solunum yolu enfeksiyonları, hastane enfeksiyonları) bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite seviyelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır (Merck Manuals 1 ve 2, 2017). Bu amaçla uygun test standardının belirlenmesi için yapılan literatür araştırması ve ön deneme çalışmaları sonucunda tekstilde antibakteriyel aktivite tayini için birçok farklı test standardı olduğu görülmüştür. Bu standartlar Çizelge 3.5’ de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Antibakteriyel aktivite test yöntemleri (Palamutçu, 2008)

Standart no	Standardın Orijinal Adı	Yöntem
SN 195920-1992	Textile fabrics: Determination of the antibacterial activity: Agar diffusion plate test	Difüzyon Agar Metodu, (Yarı kantitatif yöntem)
SN 195921-1992	Textile fabrics: Determination of the antimycotic activity: Agar diffusion plate test	
AATCC 30-2004	Antifungal activity, assessment of textile materials: Mildew and rot resistance of textile materials	
AATCC 147-1993	Antibacterial assessment of textile materials: Paralel streak methods	
AATCC 90-1982	Antibacterial activity of fabrics, detection of: Agar plate method	
AATCC 174-1993	Antimicrobial activity assessment of carpets	
JIS L 1902-1998	Testing method for antibacterial of textiles	
AATCC 100-2004	Antibacterial finishes on textile materials: assessment of textile materials: parallel streak method	Kantitatif yöntem (Karşılaştırma testi)
SN 195924-1983	Textile fabrics: Determination of the antibacterial activity: Germ count method	
XP G39-010-2000	Properties of textiles-Textiles and polymeric surfaces having antibacterial properties. Characterization and measurement of antibacterial activity	
JIS Z 2911-1992	Methods of test for fungus resistance	
ISO 846-1997	Plastics –Evaluation of the action of microorganisms	Bozulma testi, (Toprağa gömme testi)
ISO 11721-1-2001	Textiles –Determination of resistance of cellulose containing	
ASTM E2149-01	Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions	
ISO 20743	“Textiles –Determination of the antibacterial activity of Antibacterial Finished products	

Standartlar üzerinde yapılan incelemeler sonucunda antibakteriyel aktivite seviyesinin sayısal olarak değerlendirilebilmesi için kantitatif bir yönteme ihtiyaç olduğu belirlenmiş bu doğrultuda yapılacak testlerde AATCC 100–2004 standardı tercih edilmiştir. AATCC 100–2004 standardının uygulama basamakları Şekil 3.8’ de verilmiştir.



Şekil 3.8. AATCC 100 test metodu basamakları (Microbe investigations, 2017)

AATCC 100 test metodu tekstil numunelerinde antibakteriyel aktivite derecesinin kantitatif olarak tayini amacıyla uygulanmaktadır. Kantitatif değerlendirme tekstil ürününün antibakteriyel aktivitesi hakkında bilgi vermektedir. Şekil 3.8' de verilen AATCC 100 test metodunun işlem basamakları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

- A. Bu standartta numuneler yaklaşık 4,8 cm çapında dairesel olarak kesilerek hazırlanır.
- B. Hazırlanan numuneleri üzerinde daha önceden bulunması muhtemel mikroorganizmalardan arındırılmak amacıyla 121 °C sıcaklıkta, 1,5 atm basınçta 15 dakika süre sterilizasyon işlemine tabi tutulur.
- C. Steril hale getirilen numuneler içeriğinde 10^5 CFU/ml (1 ml lik su numunesi içinde oluşan koloni sayısı) yoğunlukta bakteri bulunan 1 ml çözelti ile muamele edilir. Bu çözeltinin hazırlanmasında S. aureus ve K. Pneumoniae bakterinin gelişimine uygun Nutrient Broth sıvı besiyeri kullanılmıştır. Numunelerden biri bakteri çözeltisi ile muamele sonrasında hemen 100 ml steril saf suya atılarak 1 dk boyunca çalkalanarak üzerinde bakteri kültürünün saf suya geçişi sağlanır. Numuneden steril suya geçen bakteri kolonilerinin ekim sonrası sayılabilir miktarda olması için seri sulandırmalar yapılır. Tez çalışması kapsamında 10^3 kat sulandırma yapılmıştır. Sulandırma sonrası elde edilen seyreltilmiş bakteri çözeltisi bakterileri besiyeri (Plate Count Agar - PCA) bulunan petrilere ekilir. Ekimi yapılan bu numunelere 0.zaman ya da referans numune adı verilir.
- D. Bakteri çözeltisi ile muamele edilen diğer numuneler 37 °C 'de 18-24 saat arası bakteri kolonisinin gelişmesi amacıyla bekletilir. Bekleme işlemi boyunca numune kapaklı steril cam malzeme içerisindeydir. Numune-bakteri temas süresi deney planında belirlenen süre kadar devam ettirilir. Yapılan çalışmada bu süre 0. Saat ve 24. Saat olarak seçilmiştir.
- E. İnkübasyon süresi sonunda çıkarılan numuneler daha sonra 100 ml steril saf su içine atılarak 1 dk boyunca çalkalanır. Yine elde edilen bakteri saf su

çözeltisi belli oranlarda seyreltilerek katı besi yeri (PCA) üzerine ekim yapılır. Bu işlemin amacı yine bakteri koloni sayısını sayılabilecek düzeye indirmektir. Bu aşamada da 10^3 kat seyreltme yapılmıştır. Seyreltilen bakteri çözeltileri 3' er adet petriye ekilmiştir. Ekim yapılan tüm petriler 37° C 'de 24 saat boyunca etüvde bekletilmiş sonrasında koloni sayımları yapılmıştır.

- F. Test sonucunda antibakteriyel aktivite değerini % olarak hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$R (\%) = 100 (B-A)/B$$

Formülde;

R = % Antibakteriyel etki (oransal azalma),

B = 0.zaman numunesi ile temas etmiş olan çözeltideki organizma sayısı

A = 24. saat numune ile temas etmiş olan çözelti içinde bulunan organizma sayısını ifade etmektedir.

R değeri 0 olduğunda oransal azalma yoktur. Ancak bakteri çoğalması da yoktur. Bu durumda da antibakteriyel aktivite var olup bakterilerin üremesini engelleyici (bakteriostatik) etki söz konusudur. R değeri 0' dan büyük ise bakterileri öldüren (bakterisidal) etki var demektir.

3.2.3.2. Antifungal Aktivite Tayini

Bazı mantar türleri tekstil ürünleri üzerinde mukavemet kaybına yol açmadan büyüebilmektedir. Bununla birlikte Aspergillus Niger gibi bazı mantar türleri insan sağlığı üzerinde istenmeyen etkiler yaratabilir (AATCC-30, 2004). İç ortamda bulunan bu mantar türlerinin önemli alerjenler olduğu, çocukluk dönemi astımı ve solunum semptomlarının iç ortamdaki bu tür mantarlara maruz kalmayla

yakından ilişkili olduğu ve en önemli alerjenik mantar türlerinin Pencillium ve Aspergillus olduğu literatürde ifade edilmektedir (Leonas, 2003).

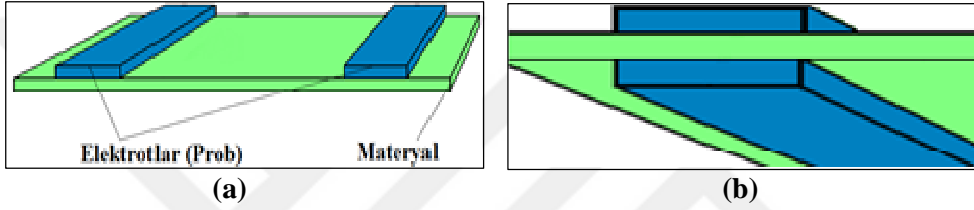
Doktora tez çalışması kapsamında üretilen halı numunelerinin Aspergillus Niger mantarına karşı antifungal aktivite seviyelerinin tespit edilmesi amacıyla “AATCC 30-2004 standardı Test III Agar Plate, Aspergillus Niger” yöntemi tercih edilmiştir. Bu testin uygulama aşamaları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- I. Test numuneleri 3.8 ± 0.5 cm çapında diskler şeklide her numuneden bir tane işlem görmüş bir tanede işlem görmemiş olmak üzere 2 adet kesilir.
- II. Testte kullanılmak üzere Aspergillus niger kültürü bu kültürün gelişimine uygun PDA (Patato Dextroz Agar) besiyerine konularak 7-14 gün arası olgunlaşp spor oluşturması için beklemeye alınır.
- III. Oluşan sporlar 50 ml steril saf su içeren erlenmayer şişesine aktarılıp süspansiyon oluşturmak üzere iyice çalkalanır. Ekim işleminde bu süspansiyon kullanılır.
- IV. Elde edilen spor süspansiyonundan alınan 0.1 ml sıvı daha önceden ekim için hazırlanan PDA içerikli petrilere yayılır. Kesilen işlem görmüş ve görmemiş numune diskleri bu petrilere ortasına yerleştirilir.
- V. Hazırlanan bu petrilere kumaş ve sporlar $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de 7 gün temas halinde bekletilir.
- VI. Süre sonunda numune üzerinde mantar çoğalıp çoğalmadığı gözlemlenerek sonuç üreme gözlendi/gözlenmedi şeklinde kaydedilir.

3.2.3.3. Statik Elektriklenme Seviyesinin Tayini

Üretilen halı numunelerin yüzey özdirenç testlerinde “TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler-elektrostatik özellikler-bölüm 1: yüzey öz direnci” standardı esas alınmıştır. Özdirenç ölçümlerinde genellikle elektrotlar materyal yüzeyine yerleştirilir (Şekil 3.9). Bu ölçüm şeklinde elektriğin sadece materyal yüzeyinde

aktığı kabul edilir. Gerçekte bu durum tam anlamıyla doğru değildir, malzemenin kalınlığı boyunca akan bir akım her zaman vardır. Sadece kalınlığı ihmal edilebilecek kadar ince yüzeyler için akımın sadece yüzeyde olduğu varsayılır (Maryniak ve ark., 2003). Bu nedenle hacimli bir yapıya sahip olan halı numunelerinde elektriksel direnç ölçümleri Şekil 3.9a ve 3.9b de verildiği gibi hem yüzeyde (surface resistance) hem de kalınlık doğrultusunda (volume resistance) ölçülmüştür.



Şekil 3.9. (a) Yüzey öz direnci (Surface resistance) ve (b) Hacimsel direnç (volume resistance) ölçümü

Yüzey direnç ölçümleri “ELME Multimeg” cihazı ile her numune için 5 yatay, 5 dikey olmak üzere 10 adet yapılmıştır (Şekil 3.10). Bu cihaz yalıtkan malzemenin direncinin ohm (Ω) olarak doğrudan ölçülmesine olanak sağlar.



Şekil 3.10. Dijital direnç ölçer (megohmmeter)

Cihaza ait özellikler aşağıda listelenmiştir.

- Direnç ölçme: $10^3 - 10^{12} \Omega$ aralığında (10 veya 100 volt ile),
- Nem ölçme: %10 - %100 bağıl nem aralığında,
- Sıcaklık ölçme: 0 -100°C aralığında ölçüm yapabilmektedir.

Burada belirtilen halı yüzeyi üzerindeki iki nokta arasındaki dirençtir. Cihaz ile ölçüm yapılırken ölçülen malzemenin direnci $\leq 105 \Omega$ ise ölçüm 10 volt ile bu değerden büyük ise 100 volt ile gerçekleştirilir. Ölçüm için cihaza ait iki prob (elektrot) yüzeyin farklı bölgelerine yerleştirilir. Daha sonra cihaz çalıştırılarak ölçümler gerçekleştirilir. Yapılan çalışmada testler 25 °C sıcaklık ve % 50 bağıl nem değerlerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.4. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Tayini

Ölçüm frekans aralığı, numune özellikleri ve ölçüm zorluğu açısından yapılan değerlendirme sonucunda halı numunelerin elektromanyetik ekranlama etkinliği testlerinde “Serbest Uzay Ölçüm Metodu” kullanılmasına karar verilmiştir.

Tez kapsamında ölçümlerde Schwarzbeck marka, lineer polarizasyonlu, huni tip, geniş frekanslı, çift çıkıntılı alıcı ve verici antenler (Double Ridged Broadband Horn Antenna) kullanılmıştır. Ölçümler 0.8 - 5.2 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Numunelerin farklı polarizasyona sahip dalgalar karşısındaki ekranlama davranışını tespit edebilmek amacıyla testler numunelerin atkı ve çözümlerinde ayrı ayrı yapılmıştır. E1 ve H1 değerlerinin ölçümünde Rohde & Schwarz marka ağ çözümleyicisi (network analyzer) kullanılmıştır. Buradan elde edilen ölçüm sonuçları bilgisayara aktarılmış ve Formül 1.1’ de ifade edildiği şekilde dB olarak ekranlama etkinliği değerleri hesaplanmıştır. Ölçümde kullanılan düzenek Şekil 3.11’ de verilmiştir.



Şekil 3.11. Ekranlama etkinliği ölçümde kullanılan düzenek

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen antibakteriyel ve antifungal aktivite, antistatik özellik (yüzey özdirenci), elektromanyetik ekranlama etkinliği test sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde detaylı olarak değerlendirilmiştir.

3.2.4. Maliyet Analizi

Bu kısımda kullanılan metal ve metalize filamentlerin güncel fiyat verileri üzerinden m^2 halı üretiminde yarattığı ek maliyetler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken puntalama işlemi maliyetleri, puntalama işleminin iplik numarası üzerindeki etkisi ve dokuma çekmeleri ihmal edilmiştir. Halı üretiminde tekstüre polyester iplikler puntalı olarak kullanılmakta olduğundan bu prosesin kayda değer bir ek maliyet yaratmayacağı düşünülmüştür. Farklı konstrüksiyonlara sahip numunelerin m^2 de içerdiği metal ve metalize filament miktarları teorik olarak hesaplanmış ve güncel iplik fiyatları kullanılarak ek maliyetler tespit edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan filamentlere ait güncel fiyat bilgileri ve iplik numaraları Çizelge 3.1' de verilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Antimikrobiyal Aktivite Test Sonuçları

Çalışma kapsamında standart halı numunelerine antibakteriyel ve antifungal aktivite testleri yapılmış ve numunelerin böyle bir özelliğe sahip olmadığı tespit edilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda elementel (iyonize formda olmayan) gümüşün ve paslanmaz çeliğin (AISI 316L) antibakteriyel özellik göstermediği görülmüş, bu doğrultuda monofilament gümüş ve monofilament çelik kompozit ipliklerin en yoğun kullanıldığı HC konstrüksiyonlara antibakteriyel ve antifungal aktivite testleri uygulanmış ve antimikrobiyal aktivite görülmemiştir. Sonuçlar literatürle (Djokić,2008; Rai ve ark., 2009; Huang ve ark., 2011) örtüştüğü için bu numuneler antimikrobiyal aktivite testleri dışında bırakılmıştır.

Üretilen halı numunelerin Staphylococcus aureus ve Klebsiella Pneumoniae bakterine karşı antibakteriyel aktivite seviyelerinin tespiti için “AATCC 100-2004: Antibacterial finishes on textile materials: assessment of textile materials” isimli standart esas alınarak testler gerçekleştirilmiştir. Antifungal aktivite tespiti için ise “AATCC 30, Antifungal Activity on Textile Material” standardı esas alınarak halılarda en çok görülen ve insan sağlığına zararlı bir tür olan Aspergillus Niger mantarına karşı Antifungal aktivite testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar antibakteriyel ve antifungal aktivite olarak ayrı bölümlerde verilmiştir.

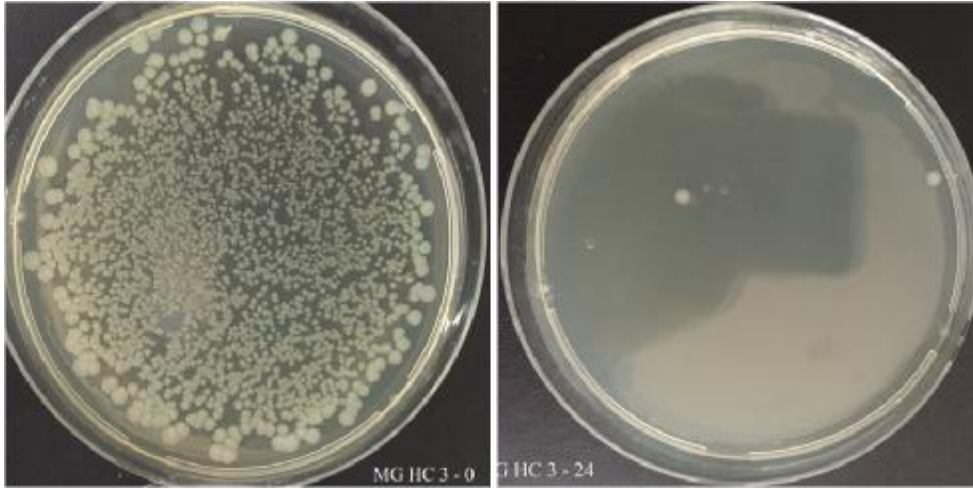
4.1.1. Bakır ve Metalize Gümüş PA Kompozit İplik İçeren Halı Numunelerinin Antibakteriyel Aktivite Seviyeleri

Yapılan testler sonucunda farklı zemin konstrüksiyonlarında Staphylococcus Aureus bakterisine karşı elde edilen antibakteriyel aktivite test sonuçları Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Staphylococcus Aureus türüne karşı antibakteriyel aktivite seviyeleri

Konstrüksiyon	Antibakteriyel aktivite seviyesi (%)	
	Bakır içerikli halı numuneleri	Metalize gümüş içerikli halı numuneleri
HC	%99,0	%99,9
1X1C	%52,4	%99,7
1X2C	%42,6	%97,6
1X2AC	%61,3	%99,8

Çizelge 4.1 incelendiğinde HC konstrüksiyonu için her iki kompozit ipliğinde çok yüksek antibakteriyel aktivite (bakterisidal etki) gösterdiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde metalize gümüş kompozit ipliğin daha seyrek kullanıldığı konstrüksiyonlarda bile Staphylococcus Aureus türüne karşı yüksek antibakteriyel etki sağladığı görülmektedir. Çok yüksek antibakteriyel etki görülen (%99 ve üzeri) numunelere ait 0 zamanı ve 24 saat sonra petrielerde bakteri kolonilerin durumu Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. 0 zamanı ve 24 saat sonra petrielerde bakteri kolonilerinin durumu

Farklı zemin konstrüksiyonlarında Klebsiella Pneumoniae bakterisine karşı elde edilen antibakteriyel aktivite test sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. K. Pneumoniae türüne karşı antibakteriyel aktivite seviyeleri

Konstrüksiyon	Antibakteriyel aktivite seviyesi (%)	
	Bakır içerikli halı numuneleri	Metalize gümüş içerikli halı numuneleri
HC	99,9	99,7
1X1C	94,6	84,2
1X2C	94,9	73,2
1X2AC	95,2	96,8

Çizelge 4.2 incelendiğinde HC konstrüksiyonu için her iki kompozit ipliğinde çok yüksek antibakteriyel aktivite (bakterisidal etki) gösterdiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde bakır kompozit ipliğin seyrek kullanıldığı konstrüksiyonlarda bile Klebsiella Pneumoniae türüne karşı yüksek antibakteriyel etki sağladığı görülmektedir.

4.1.2. Bakır ve Metalize Gümüş Kompozit İplik İçeren Halı Numunelerin Antifungal Aktivite Seviyeleri

Yapılan testlerde mantar sporları petrilere ekilmiş daha sonra ekilmiş petrilere üzerine üretilen numuneler yerleştirilmiştir. Standart belirtilen süre sonunda farklı zemin konstrüksiyonlarında Aspergillus Niger mantarının üreyip üremediği gözlemlenmiş edilen test sonuçları Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Antifungal aktivite seviyeleri

Konstrüksiyon	Antifungal aktivite seviyesi	
	Bakır içerikli halı numuneleri	Metalize gümüş içerikli halı numuneleri
HC	Üreme Gözlenmedi	Üreme var
1X1C	Üreme var	Üreme var
1X2C	Üreme var	Üreme var
1X2AC	Üreme var	Üreme var

Yapılan araştırma, numunelerde sadece tüm çözümlerde bakır kompozit iplik kullanıldığında Aspergillus Niger türüne karşı antifungal aktivite sağlanabildiğini göstermektedir. Diğer konstrüksiyonlarda ise kullanılan metal kompozit iplik

miktarlarının bu etki için yetersiz kaldığı ayrıca yapıda metal kompozit iplikler arasında boşluklar arttıkça mantarın üreyebileceği alanlar bulunduğu gözlenmiştir. Tez çalışması öncesinde yapılan ön deneme çalışmalarında 90 denye/ 30 filament metalize gümüş filament tüm çözümlerde kullanmış ve antifungal etki sağlanabilmiştir. Ancak tez kapsamında temin edilen metalize gümüş filamentin 38 denye/ 10 filament oluşu metal oranını düşürmüş ve bu nedenle antifungal etki gözlenememiştir.

4.2. Statik Elektriklenme (Elektriksel Direnç) Seviyesi Test Sonuçları

Üretilen halı numunelerin statik elektriklenme seviyelerinin tespiti için “TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler-Elektrostatik özellikler-Bölüm 1: Yüzey öz direnci” isimli standart esas alınarak testler gerçekleştirilmiştir. Testlerde numunelerin elektriksel dirençleri hem yüzeyde (surface resistance) hem de kalınlık doğrultusunda (volume resistance) ölçülmüştür. Ayrıca numuneler 250.000-500.000-750.000 hav /m² olacak şekilde 3 farklı hav yoğunluğunda üretilmiş olup hav yoğunluğundaki değişimin elektriksel direnç üzerindeki etkisi de ayrıca incelenmiştir. Elde edilen test sonuçları SPSS 15.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Hav Yoğunluğundaki Değişimin Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi

4.2.1.1. Standart Halı Numuneleri

Hav yoğunluğundaki değişimin diğer faktörlerden bağımsız olarak değerlendirilebilmesi amacıyla sadece aynı zemin konstrüksiyonuna sahip standart halı numuneleri incelenmiştir. Farklı hav yoğunluklarında üretilen standart halı numunelerinin hacimsel direnç (volume resistivity) sonuçları Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Standart numuneler için hacimsel doğrultudaki ölçüm sonuçları

Ölçüm no	Hacimsel Direnç (ohm/sq)		
	STD 250 (250.000 hav/m ²)	STD 500 (500.000 hav/m ²)	STD 750 (750.000 hav/m ²)
1	4,63E+08	3,46E+08	3,14E+08
2	5,80E+08	3,83E+08	3,85E+08
3	5,64E+08	3,87E+08	3,07E+08
4	5,90E+08	3,54E+08	3,38E+08
5	5,98E+08	3,92E+08	3,93E+08
Ort.	5,59E+08	3,72E+08	3,47E+08
% CV	9,86	5,61	11,45

Standart halı numunelerinin yüzey özdirenci (surface resistivity) ölçüm sonuçları Çizelge 4.5’ de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Standart numunelerin yüzey özdirenci sonuçları

Ölçüm no	Yüzey Özdirenci (ohm/sq)		
	STD 250 (250.000 hav/m ²)	STD 500 (500.000 hav/m ²)	STD 750 (750.000 hav/m ²)
1	1,13E+09	1,23E+09	1,61E+09
2	1,19E+09	1,21E+09	1,56E+09
3	1,81E+09	1,28E+09	1,82E+09
4	1,20E+09	1,28E+09	1,79E+09
5	1,84E+09	1,26E+09	1,44E+09
Ort.	1,43E+09	1,25E+09	1,64E+09
St sapma	3,58E+08	3,11E+07	1,60E+08
% CV	24,97	2,49	9,72

Çizelgeler incelendiğinde tüm standart halı numunelerinin elektriksel direnç değerlerinin 10^5 - 10^{12} ohm aralığında olduğu yani antistatiklik sınırları içerisinde kaldığı görülmektedir.

İstatistiksel analizler kapsamında öncelikle parametrik testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. 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)		0,316	0,491

Çizelge 4.6' da anlamlılık satırındaki değer 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	2,8E+15	2	1,389E+15	1,844	0,200
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	0,090
Gruplar içinde	7,8E+17	12	6,508E+16		
Toplam	1,2E+18	14			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den büyük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

Hav yoğunluğu ile özdirenç arasındaki etkileşimin varlığının ve yönünün tespit edilmesi amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.8' da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Elektriksel direnç için korelasyon analizi

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

Çizelge 4.8' de 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 yönündedir.

Yapılan hacimsel doğrultudaki ölçümlerde hav yoğunluğu arttıkça ölçüm yapılan iki probun arasında kalan alanda akrilik elyaf yoğunluğunun artması ve bunun etkisiyle güçlü bir yalıtkan olan hava boşlukların azalması dolayısıyla yalıtkanlık seviyesinin bir miktar düştüğü düşünülmektedir.

4.2.1.2. Kompozit İplikli Halı Numuneleri

Yapılan test ve analiz sonuçları standart halı numunelerinden farklı olarak kompozit iplik içeren halı numunelerinde hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç ve yüzey özdirenci üzerinde net eğilimleri olmayan değişimler meydana

getirdiğini göstermiştir. Bu değişimler her bir metal türü için ayrı ayrı analiz edilmiş sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Gümüş-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Gümüş-tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren halı numuneleri için yüzey özdirenci (YD) ve hacimsel direnç (HD) test sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Gümüş-kompozit içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları

Hav yoğ. (hav/m ²)	Zemin Konstrüksiyonu					
	GM1X1C		GM1X2C		GM1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD
250.000	2,04E+07	3,12E+08	9,15E+06	2,17E+08	8,96E+06	1,24E+08
500.000	1,52E+07	3,92E+08	7,97E+06	1,82E+08	1,24E+08	9,96E+06
750.000	1,19E+07	2,72E+08	8,80E+06	2,12E+08	8,68E+06	9,97E+07

Çizelge 4.9' daki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Gümüş-tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren numunelerin normal dağılıma uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılan Kolmogorov-Smirnov (K-S) test sonuçları Çizelge 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Gümüş-kompozit içerikli numuneler için K-S test sonuçları

		GM1X1C HD	GM1X1C YD	GM1X2C HD	GM1X2C YD	GM1X2AC HD	GM1X2AC YD
N		15	15	15	15	15	15
Normal Parametreler	Ort.	1,58E+07	3,26E+08	8,64E+06	2,04E+08	9,20E+06	1,13E+08
	St. Sp.	3,80E+06	1,75E+08	8,40E+05	7,06E+07	6,77E+05	2,63E+07
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,131	0,181	0,144	0,174	0,118	0,147
	Pozitif	0,118	0,181	0,144	0,114	0,118	0,147
	Negatif	-0,131	-0,111	-0,089	-0,174	-0,098	-0,094
Kolmogorov-Smirnov Z		0,507	0,701	0,560	0,676	0,459	0,570
Anlamlılık (2-tailed)		0,959	0,710	0,913	0,751	0,984	0,901

Çizelge 4.10' da anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Gümüş- kompozit içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
GM1X1C HD	Gruplar arasında	1,85E+14	2	9,26E+13	64,181	0,000
	Gruplar içinde	1,73E+13	12	1,44E+12		
	Toplam	2,02E+14	14			
GM1X1C YD	Gruplar arasında	3,74E+16	2	1,87E+16	0,573	0,579
	Gruplar içinde	3,92E+17	12	3,26E+16		
	Toplam	4,29E+17	14			
GM1X2C HD	Gruplar arasında	3,73E+12	2	1,86E+12	3,630	0,059
	Gruplar içinde	6,16E+12	12	5,13E+11		
	Toplam	9,89E+12	14			
GM1X2C YD	Gruplar arasında	3,51E+15	2	1,76E+15	0,318	0,733
	Gruplar içinde	6,63E+16	12	5,52E+15		
	Toplam	6,98E+16	14			
GM1X2AC HD	Gruplar arasında	4,54E+12	2	2,27E+12	14,550	0,001
	Gruplar içinde	1,87E+12	12	1,56E+11		
	Toplam	6,41E+12	14			
GM1X2AC YD	Gruplar arasında	1,52E+15	2	7,60E+14	1,114	0,360
	Gruplar içinde	8,18E+15	12	6,82E+14		
	Toplam	9,70E+15	14			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük yada bu değere çok yakın olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Yüzey özdirenci ölçümleri için ise anlamlılık değerinin 0,05' den büyük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

Hacimsel direnç değerleri için farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
GM1X1C-HD	0,603	2	12	0,563
GM1X2C-HD	1,072	2	12	0,373
GM1X2AC-HD	5,413	2	12	0,021

Çizelge 4.12 incelendiğinde 0,05' den küçük anlamlılık değerine sahip hacimsel direnç verilerinin varyansları homojen değildir. Çoklu karşılaştırmalarda varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı durum için ise Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.13' da verilmiştir.

Çizelge 4.13. Gümüş içerikli numunelerin çoklu karşılaştırma test sonuçları

Bağımlı Değişken	Test Türü	HY	HY	Ortalama Farkları	Std. Hata	Anl.
GM1X1C HD	Tukey HSD	250,00	500,00*	5,16E+06	7,60E+05	0,000
			750,00*	8,54E+06	7,60E+05	0,000
		500,00	750,00*	3,38E+06	7,60E+05	0,002
GM1X2C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	1,19E+06	4,53E+05	0,054
			750,00	3,50E+05	4,53E+05	0,726
		500,00	750,00	-8,38E+05	4,53E+05	0,196
GM1X2AC HD	Tamhane	250,00	500,00*	-1,00E+06	1,83E+05	0,002
			750,00	2,82E+05	2,81E+05	0,729
		500,00	750,00*	1,28E+06	2,73E+05	0,011

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.13 incelediğinde farklı zemin türleri için hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç üzerinde farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde gümüş kompozit ipliklerin kullanıldığı numunelerde hav yoğunluğundaki artışın hacimsel direnci genel olarak düşürdüğü söylenebilir.

Metalize Gümüş -Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Metalize gümüş kompozit iplikleri içeren halı numunelerine ait yüzey özdirenci ve hacimsel direnç test sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Metalize gümüş içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları

Hav yoğ. (hav/m ²)	Zemin Konstrüksiyonu					
	MG1X1C		MG1X2C		MG1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD
250.000	2,04E+07	3,12E+08	9,15E+06	2,17E+08	8,96E+06	1,24E+08
500.000	1,52E+07	3,92E+08	7,97E+06	1,82E+08	1,24E+08	9,96E+06
750.000	1,19E+07	2,72E+08	8,80E+06	2,12E+08	8,68E+06	9,97E+07

Çizelge 4.14' deki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Metalize Gümüş-tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren numunelerin normal dağılıma uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılan Kolmogorov-Smirnov (K-S) test sonuçları Çizelge 4.15' de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Metalize gümüş içerikli numuneler için K-S test sonuçları

	MG1X1C HD	MG1X1C YD	MG1X2C HD	MG1X2C YD	MG1X2AC HD	MG1X2AC YD
N	15	15	15	15	15	15
Normal Parametreler Ort.	7,18E+07	5,40E+08	8,31E+07	5,12E+08	1,17E+08	1,87E+08
St. Sp.	2,94E+07	3,91E+08	1,73E+07	4,61E+08	1,90E+07	3,21E+07
En Ekstrem Farklar Mutlak	0,173	0,228	0,211	0,231	0,093	0,139
Pozitif	0,167	0,228	0,211	0,231	0,087	0,109
Negatif	-0,173	-0,142	-0,118	-0,181	-0,093	-0,139
Kolmogorov-Smirnov Z	0,507	0,671	0,881	0,816	0,897	0,359
Anlamlılık (2-tailed)	0,959	0,759	0,419	0,518	0,397	1,000

Çizelge 4.12' de anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Metalize gümüş-kompozit numuneler için varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlam lılık
MG1X1C HD	Gruplar arasında	1,16E+16	2	5,81E+15	144,504	0,000
	Gruplar içinde	4,83E+14	12	4,02E+13		
	Toplam	1,21E+16	14			
MG1X1C YD	Gruplar arasında	9,77E+16	2	4,88E+16	0,287	0,755
	Gruplar içinde	2,04E+18	12	1,70E+17		
	Toplam	2,14E+18	14			
MG1X2C HD	Gruplar arasında	1,54E+15	2	7,69E+14	3,453	0,065
	Gruplar içinde	2,67E+15	12	2,23E+14		
	Toplam	4,21E+15	14			
MG1X2C YD	Gruplar arasında	9,30E+17	2	4,65E+17	2,722	0,106
	Gruplar içinde	2,05E+18	12	1,71E+17		
	Toplam	2,98E+18	14			
MG1X2A C HD	Gruplar arasında	3,96E+15	2	1,98E+15	21,153	0,000
	Gruplar içinde	1,12E+15	12	9,36E+13		
	Toplam	5,08E+15	14			
MG1X2A C YD	Gruplar arasında	1,28E+16	2	6,42E+15	48,179	0,000
	Gruplar içinde	1,60E+15	12	1,33E+14		
	Toplam	1,44E+16	14			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu, gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Yüzey özdirenci ölçümleri için ise anlamlılık değerinin sadece 1x2AC numunesi için 0,05' den küçük olduğu ve sadece bu zemine sahip numuneler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Direnç değerleri için farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
MG1X1CHD	1,117	2	12	0,359
MG1X2CACHD	1,110	2	12	0,361
MG1X2CACYD	4,321	2	12	0,039

Çizelge 4.17 incelendiğinde 0,05' den küçük anlamlılık değerine sahip hacimsel direnç verilerinin varyansları homojen değildir. Çoklu karşılaştırmalarda varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı durum için ise Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.18' de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Metalize gümüş içerikli numunelerin çoklu karşılaştırma sonuçları

Bağımlı Değişken	Test Türü	HY	HY	Ortalama Farkları	Std. Hata	Anlamlılık
MG1X1C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	4,17E+07*	4,01E+06	0,000
			750,00	6,76E+07*	4,01E+06	0,000
		500,00	750,00	2,58E+07*	4,01E+06	0,000
MG1X2C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	6,26E+06	9,44E+06	0,789
			750,00	2,39E+07	9,44E+06	0,063
		500,00	750,00	1,77E+07	9,44E+06	0,189
MG1X2AC YD	Tamhane	250,00	500,00	3,06E+07*	6,21E+06	0,012
			750,00	7,14E+07*	6,82E+06	0,000
		500,00	750,00	4,08E+07*	8,64E+06	0,005

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.18 incelediğinde farklı zemin türleri için hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç üzerinde farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde gümüş kompozit ipliklerin kullanıldığı numunelerde hav yoğunluğundaki artışın hacimsel direnci genel olarak düşürdüğü söylenebilir. Metalize gümüş içeren numunelerde benzer bir sonuç 1X2AC konstrüksiyona sahip numunenin yüzey özdirenç değerlerinde gözlemlenmiştir.

Bakır - Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Bakır - tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren halı numunelerine ait yüzey özdirenç ve hacimsel direnç test sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.19' da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Bakır içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları

Hav yoğ. (hav/m ³)	Zemin Konstrüksiyonu					
	BKR1X1C		BKR1X2C		BKR1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD
250.000	2,38E+08	4,43E+08	3,38E+08	5,51E+08	3,21E+08	4,21E+08
500.000	3,31E+08	5,37E+08	3,88E+08	7,80E+08	3,90E+08	5,81E+08
750.000	2,15E+08	4,25E+08	2,80E+08	1,09E+09	2,44E+08	3,81E+08

Çizelge 4.19' daki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Bakır-tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren numunelerin normal dağılıma uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılan Kolmogorov-Smirnov (K-S) test sonuçları Çizelge 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Bakır içerikli numuneler için K-S test sonuçları

		BKR1X1C HD	BKR1X1C YD	BKR1X2C HD	BKR1X2C YD	BKR1X2AC HD	BKR1X2AC YD
N		15	15	15	15	15	15
Normal	Ort.	2,61E+08	4,69E+08	3,35E+08	8,06E+08	3,18E+08	4,61E+08
Parametreler	St. Sp.	6,36E+07	1,71E+08	5,64E+07	4,53E+08	6,80E+07	9,09E+07
En Ekstrem	Mutlak	0,172	0,195	0,143	0,225	0,146	0,312
Farklar	Pozitif	0,172	0,195	0,143	0,225	0,145	0,312
	Negatif	-0,086	-0,130	-0,118	-0,143	-0,146	-0,173
Kolmogorov-Smirnov Z		0,507	0,665	0,757	0,552	0,870	0,567
Anlamlılık (2-tailed)		0,959	0,768	0,616	0,920	0,435	0,905

Çizelge 4.20' de anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığının tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.21' de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Bakır içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
BKR1X1C HD	Gruplar arasında	3,81E+16	2	1,91E+16	12,362	0,001
	Gruplar içinde	1,85E+16	12	1,54E+15		
	Toplam	5,67E+16	14			
BKR1X1C YD	Gruplar arasında	3,63E+16	2	1,81E+16	0,580	0,575
	Gruplar içinde	3,75E+17	12	3,12E+16		
	Toplam	4,11E+17	14			
BKR1X2C HD	Gruplar arasında	2,91E+16	2	1,45E+16	11,255	0,002
	Gruplar içinde	1,55E+16	12	1,29E+15		
	Toplam	4,46E+16	14			
BKR1X2C YD	Gruplar arasında	7,28E+17	2	3,64E+17	2,040	0,173
	Gruplar içinde	2,14E+18	12	1,78E+17		
	Toplam	2,87E+18	14			
BKR1X2AC HD	Gruplar arasında	5,33E+16	2	2,67E+16	28,220	0,000
	Gruplar içinde	1,13E+16	12	9,45E+14		
	Toplam	6,47E+16	14			
BKR1X2AC YD	Gruplar arasında	1,12E+17	2	5,59E+16	178,014	0,000
	Gruplar içinde	3,77E+15	12	3,14E+14		
	Toplam	1,16E+17	14			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Yüzey özdirenci ölçümleri için ise anlamlılık değerinin sadece 1x2AC numunesi için 0,05' den küçük olduğu ve sadece bu zemine sahip numuneler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerleri için farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.22' de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
BKR1X1C-HD	1,117	2	12	0,736
BKR1X2C-HD	1,110	2	12	0,372
BKR1X2AC-HD	4,321	2	12	0,018
BKR1X2AC-YD	4,321	2	12	0,005

Çizelge 4.22 incelendiğinde 0,05' den küçük anlamlılık değerine sahip direnç verilerinin varyansları homojen değildir. Çoklu karşılaştırmalarda varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı durum için ise Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.23' de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Bakır içerikli numuneler için çoklu karşılaştırma test sonuçları

Bağımlı Değişken	Test Türü	HY	HY	Ortalama Farkları	Std. Hata	Anlamlılık
BKR1X1C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	-9,36E+07*	2,48E+07	0,007
			750,00	2,30E+07	2,48E+07	0,635
		500,00	750,00	1,17E+08*	2,48E+07	0,001
BKR1X2C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	-5,06E+07	2,27E+07	0,107
			750,00	5,72E+07	2,27E+07	0,065
		500,00	750,00	1,08E+08*	2,27E+07	0,001
BKR1X2AC HD	Tamhane	250,00	500,00	-6,98E+07*	1,72E+07	0,026
			750,00	7,62E+07*	2,30E+07	0,031
		500,00	750,00	1,46E+08*	1,77E+07	0,001
BKR1X2AC YD	Tamhane	250,00	500,00	-1,60E+08*	1,27E+07	0,000
			750,00	3,98E+07*	5,66E+06	0,002
		500,00	750,00	2,00E+08*	1,35E+07	0,000

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.23 incelediğinde farklı zemin türleri için hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç üzerinde farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde bakır kompozit ipliklerin kullanıldığı numunelerde hav yoğunluğundaki artışın hacimsel direnci genel olarak düşürdüğü söylenebilir. Benzer bir sonuç 1X2AC konstrüksiyona sahip numunenin yüzey özdirenç değerlerinde gözlemlenmiştir.

Çelik-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Çelik - tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren halı numunelerine ait yüzey özdirenci ve hacimsel direnç test sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.24' de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Çelik içerikli numuneler için elektriksel direnç test sonuçları

Hav yoğ. (hav/m ²)	Zemin Konstrüksiyonu					
	CLK1X1C		CLK1X2C		CLK1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD
250.000	5,23E+08	1,51E+09	3,53E+08	9,85E+08	6,35E+08	1,51E+09
500.000	6,39E+08	1,60E+09	5,32E+08	1,48E+09	3,93E+08	1,64E+09
750.000	2,45E+08	1,43E+09	3,59E+08	1,09E+09	3,60E+08	1,45E+09

Çizelge 4.24' deki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Çelik-tekstüre polyester kompozit iplikleri içeren numunelerin normal dağılıma uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılan Kolmogorov-Smirnov (K-S) test sonuçları Çizelge 4.25' de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Çelik içerikli numuneler için K-S test sonuçları

	CLK1X1C HD	CLK1X1C YD	CLK1X2C HD	CLK1X2C YD	CLK1X2AC HD	CLK1X2AC YD
N	15	15	15	15	15	15
Normal Ort.	4,69E+08	1,51E+09	4,15E+08	1,19E+09	4,63E+08	1,53E+09
Parametreler St. Sp.	1,73E+08	2,77E+08	9,16E+07	2,95E+08	1,28E+08	2,55E+08
En Ekstrem Mutlak	0,226	0,110	0,191	0,177	0,311	0,139
Farklar Pozitif	0,226	0,110	0,191	0,177	0,311	0,139
Negatif	-0,215	-0,108	-0,164	-0,125	-0,211	-0,129
Kolmogorov-Smirnov Z	0,507	0,874	0,427	0,739	0,686	1,206
Anlamlılık (2-tailed)	0,959	0,430	0,993	0,646	0,734	0,109

Çizelge 4.25' de anlamlılık satırındaki değer 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey öz direnci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Hav yoğunluğu grupları arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.26' da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Çelik içerikli numuneler için varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
CLK1X1C HD	Gruplar arasında	4,09E+17	2	2,04E+17	268,427	0,000
	Gruplar içinde	9,14E+15	12	7,61E+14		
	Toplam	4,18E+17	14			
CLK1X1C YD	Gruplar arasında	7,57E+16	2	3,79E+16	0,455	0,645
	Gruplar içinde	9,98E+17	12	8,32E+16		
	Toplam	1,07E+18	14			
CLK1X2C HD	Gruplar arasında	1,03E+17	2	5,16E+16	43,504	0,000
	Gruplar içinde	1,42E+16	12	1,19E+15		
	Toplam	1,17E+17	14			
CLK1X2C YD	Gruplar arasında	6,88E+17	2	3,44E+17	7,761	0,007
	Gruplar içinde	5,32E+17	12	4,43E+16		
	Toplam	1,22E+18	14			
CLK1X2AC HD	Gruplar arasında	2,25E+17	2	1,12E+17	234,220	0,000
	Gruplar içinde	5,76E+15	12	4,80E+14		
	Toplam	2,31E+17	14			
CLK1X2AC YD	Gruplar arasında	8,60E+16	2	4,30E+16	0,625	0,552
	Gruplar içinde	8,26E+17	12	6,88E+16		
	Toplam	9,12E+17	14			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Yüzey özdirenci ölçümleri için ise anlamlılık değerinin sadece 1x2 numunesi için 0,05' den küçük olduğu ve sadece bu zemine sahip numuneler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerleri için farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.27' de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Çelik içerikli numuneler için varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
CLK1X1CHD	3,882	2	12	0,050
CLK1X2CHD	0,303	2	12	0,744
CLK1X2ACHD	1,848	2	12	0,200
CLK1X2CYD	0,054	2	12	0,047

Çizelge 4.27 incelendiğinde 0,05' den küçük anlamlılık değerine sahip elektriksel direnç verilerinin varyansları homojen değildir. Çoklu karşılaştırmalarda varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı durum için ise Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.28' de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Çelik-kompozit numuneler için çoklu karşılaştırma test sonuçları

Bağımlı Değişken	Test Türü	HY	HY	Ortalama Farkları	Std. Hata	Anlamlılık
CLK1X1C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	-1,16E+08*	1,75E+07	0,000
			750,00	2,78E+08*	1,75E+07	0,000
		500,00	750,00	3,93E+08*	1,75E+07	0,000
CLK1X2C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	-1,79E+08*	2,18E+07	0,000
			750,00	-6,20E+06	2,18E+07	0,956
		500,00	750,00	1,73E+08*	2,18E+07	0,000
CLK1X2A C HD	Tukey HSD	250,00	500,00	2,42E+08*	1,39E+07	0,000
			750,00	2,75E+08*	1,39E+07	0,000
		500,00	750,00	3,28E+07	1,39E+07	0,084
CLK1X2C YD	Tamhane	250,00	500,00	-4,99E+08*	1,34E+08	0,039
			750,00	-1,08E+08	1,04E+08	0,715
		500,00	750,00	3,91E+08	1,57E+08	0,114

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.28 incelediğinde farklı zemin türleri için hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç üzerinde farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde çelik kompozit ipliklerin kullanıldığı numunelerde hav yoğunluğundaki artışın hacimsel direnci genel olarak düşürdüğü söylenebilir.

4.2.2. Zemin Konstrüksiyonundaki Değişimin Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi

Tez kapsamında hedeflenen özelliklerin kazandırılması için gerekli optimum metal/metalize filament miktarı ve en uygun konstrüksiyonunun belirlenmesi amacıyla halı zemin kumaşında farklı yerleşim biçimleri denenmiştir. Bu bölümde yapıların halı numunelerinin yüzey ve hacimsel özdirenci üzerindeki etkileri her iplik tipi için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Üretim kısıtları nedeniyle tüm zemin çözümlerinde metal içeren “HC” kodlu numuneler sadece 500.000 hav/m² hav yoğunluğunda üretilmiştir. Bu nedenle konstrüksiyon bazında karşılaştırma yapılırken sadece 500.000 hav/m² yoğunluğuna sahip numuneler değerlendirilmiştir.

4.2.2.1. Gümüş-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Yapılan ölçümler sonucunda gümüş mono filament kullanılan numuneler için elde edilen elektriksel direnç değerleri Çizelge 4.29’ da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Gümüş içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları

Test No	Halı Numuneleri							
	GMHC		GM1X1C		GM1X2C		GM1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD	HD	YD
1	1,12E+07	1,92E+08	1,51E+07	2,93E+08	9,00E+06	2,27E+08	9,89E+06	1,28E+08
2	1,34E+07	2,26E+08	1,63E+07	4,62E+08	7,64E+06	2,66E+08	9,83E+06	1,25E+08
3	1,51E+07	2,29E+08	1,39E+07	1,30E+08	7,39E+06	8,17E+07	1,04E+07	1,28E+08
4	1,51E+07	5,31E+07	1,58E+07	9,82E+07	7,90E+06	9,85E+07	1,00E+07	7,84E+07
5	1,30E+07	2,26E+08	1,51E+07	4,79E+08	7,90E+06	2,38E+08	9,69E+06	1,12E+08
Ort	1,36E+07	1,85E+08	1,52E+07	2,92E+08	7,97E+06	1,82E+08	9,96E+06	1,14E+08

Çizelge 4.29’ daki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucu gümüş içerikli numuneler için elde edilen direnç değerleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle parametrik

testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.30' da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N		25	25
Normal Parametreler	Ort.	1E+008	6E+008
	St. Sp.	3E+008	8E+008
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,482	,345
	Pozitif	0,482	,345
	Negatif	-0,307	-,249
Kolmogorov-Smirnov Z		2,409	1,725
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		0,000	0,005

Çizelge 4.30' da anlamlılık satırındaki değer 0,05'den küçük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olmadığını göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için parametrik olmayan test yöntemlerinden Kruskal Wallis H testi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.31' de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Kruskal Wallis H test tablosu

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
Chi-Square		22,552	14,394
df		4	4
Anlamlılık		0,000	0,006
Sıralama Verileri			
Zemin	N	Sıralar Ortalaması	
1X1C	5	17,20	14,20
1X2C	5	3,00	11,00
1X2AC	5	8,00	6,40
HC	5	13,80	10,40
STD	5	23,00	23,00

*Gruplandırma değişkeni: Zemin Türü

Çizelge 4.31' in anlamlılık satırındaki değer 0,05' den küçük olduğu için, zemin türü ile hacimsel direnç ve yüzey özdirenci arasındaki ilişkinin istatistiksel

olarak anlamlıdır. Aynı zamanda sıralama verileri dikkate alındığında zeminde metal kompozit iplik içeren numunelerin standart numunelere kıyasla daha düşük hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerine sahip olduğu görülmektedir. Direncin düşmesi antistatikliğin artması anlamına gelmektedir. Zemin grupları arasındaki farkın belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testleri parametrik olmayan yöntemler içerisinde bulunmamaktadır. Bu nedenle gruplar arası farkların karşılaştırılması amacıyla ayrı ayrı Man Withney U testi gerçekleştirilmiş sonuçlar toplu halde Çizelge 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Man Withney U testi sonuçları

	Zemin	Zemin	Anlamlılık
Bağımlı Değişken: Hacimsel Direnç	1X1C	1X2	0,008
		1X2AC	0,009
		HC	0,067
		STD	0,008
	1X2C	1X2AC	0,009
		HC	0,009
		STD	0,009
	1X2AC	HC	0,009
		STD	0,008
	HC	STD	0,009
Bağımlı Değişken: Yüzey Özdirenci	1X1C	1X2	0,251
		1X2AC	0,075
		HC	0,346
		STD	0,009
	1X2C	1X2AC	0,346
		HC	0,463
		STD	0,009
	1X2AC	HC	0,115
		STD	0,009
	HC	STD	0,009

Çizelge 4.31 ve 4.32 birlikte değerlendirildiğinde halı zemininde gümüş mono filament kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin

konstrüksiyonlarında hacimsel direnci ve yüzey özdirencini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Sonuçlar zeminler açısından değerlendirildiğinde en düşük hacimsel direnç değerine 1x2C konstrüksiyona sahip numunede rastlanmıştır. Yüzey özdirenci için metal içeren zeminler arasında farklılıkların anlamlı olmadığı görülmektedir.

4.2.2.2. Metalize Gümüş-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Yapılan ölçümler sonucunda metalize gümüş filament kullanılan numuneler için elde edilen hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerleri Çizelge 4.33' de verilmiştir.

4.33. Metalize gümüş içerikli numunelerin elektriksel direnç test sonuçları

Test No	Halı Numuneleri							
	MGHC		MG1X1C		MG1X2C		MG1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD	HD	YD
1	8,56E+07	9,98E+08	6,68E+07	1,30E+09	8,32E+07	1,32E+09	1,12E+08	2,01E+08
2	9,39E+07	4,04E+08	6,54E+07	2,04E+08	8,76E+07	1,28E+09	1,18E+08	2,08E+08
3	1,04E+08	1,15E+09	8,09E+07	1,31E+09	9,01E+07	1,36E+09	1,21E+08	1,80E+08
4	1,03E+08	1,12E+09	6,47E+07	1,73E+08	8,90E+07	1,79E+08	1,08E+08	1,85E+08
5	1,14E+08	4,15E+08	5,46E+07	2,01E+08	8,48E+07	1,49E+08	1,14E+08	1,80E+08
Ort.	1,00E+08	8,17E+08	6,65E+07	6,38E+08	8,69E+07	8,58E+08	1,15E+08	1,91E+08

Çizelge 4.33' deki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucu metalize gümüş içerikli numuneler için elde edilen direnç değerleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamında öncelikle parametrik testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış sonuçları Çizelge 4.34' de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N		25	25
Normal Parametreler	Ort.	2E+008	1E+009
	St. Sp.	2E+008	8E+008
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,443	0,227
	Pozitif	0,443	0,227
	Negatif	-0,259	-0,160
Kolmogorov-Smirnov Z		2,215	1,133
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		0,000	0,153

Çizelge 4.34' de anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den küçük olması hacimsel direnç değerinin normal dağılıma sahip olmadığını, 0,05' den büyük olması ise yüzey özdirenci değerinin normal dağılıma uyumlu olduğunu göstermektedir. Hacimsel direnç değerleri için gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için parametrik olmayan test yöntemlerinden Kruskal Wallis H testi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.35' de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Kruskal Wallis H test tablosu

		Hacimsel Direnç
Chi-Square		22,127
df		4
Anlamlılık		0,000
Sıralama Verileri		
Zemin	N	Sıralar Ortalaması
1X1C	5	3,00
1X2C	5	8,60
1X2AC	5	17,50
HC	5	12,90
STD	5	23,00

*Gruplandırma değişkeni: Zemin Türü

Çizelge 4.35' in anlamlılık satırındaki değer 0,05' den küçük olduğu için, zemin türü ile hacimsel direnç arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Aynı zamanda sıralama verileri dikkate alındığında zeminde metal kompozit iplik kullanımının standart numunelere kıyasla hacimsel direnç değerini

istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü söylenebilir. Zemin grupları arasındaki farkın belirlenmesi ayrı ayrı Man Withney U testi gerçekleştirilmiş sonuçlar toplu halde Çizelge 4.36' da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Man Withney U testi sonuçları

	Zemin	Zemin	Anlamlılık
Bağımlı Değişken: Hacimsel Direnç	1X1C	1X2	0,009
		1X2AC	0,009
		HC	0,009
		STD	0,009
	1X2C	1X2AC	0,009
		HC	0,047
		STD	0,009
	1X2AC	HC	0,036
		STD	0,009
	HC	STD	0,009

Çizelge 4.35 ve 4.36 birlikte değerlendirildiğinde halı zemininde metalize gümüş mono filament kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin konstrüksiyonlarında hacimsel direnci istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Sonuçlar zeminler açısından değerlendirildiğinde en düşük hacimsel direnç değerine 1x1C konstrüksiyona sahip numunede rastlanmıştır.

Normal dağılıma uyumlu olduğu tespit edilen yüzey özdirenci verilerine varyans analizi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.37' de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Yüzey özdirenci için varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Gruplar arasında	1,2E+19	4	2,994E+19	16,340	0,000
Gruplar içinde	3,7E+18	20	1,832E+16		
Toplam	1,6E+19	24			

Çizelge 4.37 incelediğinde yüzey özdirenci verileri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş 0,05' den küçük anlamlılık değeriyle varyansların homojen olmadığı tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olmadığı duruma uygun olan Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.38' de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Yüzey özdirenci çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Zemin (I)	Zemin (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anlamlılık
Tamhane Bağımlı Değişken: Yüzey Özdirenci	1X1C	1X2	-2,20E+08	3,93E+08	1,000
		1X2AC	4,47E+08	2,73E+08	0,857
		HC	-1,80E+08	3,20E+08	1,000
		STD	-1,61E+09*	2,73E+08	0,039
	1X2C	1X2AC	6,67E+08	2,84E+08	0,558
		HC	4,02E+07	3,30E+08	1,000
		STD	-1,39E+09	2,84E+08	0,076
	1X2AC	HC	-6,27E+08	1,69E+08	0,187
		STD	-2,06E+09*	1,51E+07	0,000
	HC	STD	-1,43E+09*	1,69E+08	0,010
	STD	1X1	1,61E+09*	2,73E+08	0,039
		1X2	1,39E+09	2,84E+08	0,076
		1X2AC	2,06E+09*	1,51E+07	0,000
		HC	1,43E+09*	1,69E+08	0,010

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları değerlendirildiğinde halı zemininde metalize gümüş filament kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin konstrüksiyonlarında yüzey özdirencini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü fakat zeminde farklı oranlarda metal kompozit iplik kullanımının istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana getirmediği görülmektedir.

4.2.2.3. Bakır-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Yapılan ölçümler sonucunda mono filament bakır kullanılan numuneler için elde edilen hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerleri Çizelge 4.39' da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Bakır içerikli halı numuneleri için elektriksel direnç test sonuçları

Test No	Halı Numuneleri							
	BKRHC		BKR1X1C		BKR1X2C		BKR1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD	HD	YD
1	2,95E+08	1,10E+09	3,20E+08	7,53E+08	4,05E+08	1,11E+09	3,97E+08	5,71E+08
2	3,09E+08	1,07E+09	3,16E+08	3,97E+08	4,25E+08	4,96E+08	3,99E+08	5,63E+08
3	4,24E+08	5,84E+08	3,54E+08	3,40E+08	3,56E+08	1,19E+09	3,88E+08	6,00E+08
4	4,32E+08	9,83E+08	3,95E+08	8,04E+08	3,87E+08	5,80E+08	4,01E+08	6,19E+08
5	3,94E+08	6,41E+08	2,71E+08	3,93E+08	3,68E+08	5,22E+08	3,67E+08	5,51E+08
Ort.	3,71E+08	8,76E+08	3,31E+08	5,37E+08	3,88E+08	7,80E+08	3,90E+08	5,81E+08

Çizelge 4.39' daki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucu mono filament bakır içerikli numuneler için elde edilen direnç değerleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle parametrik testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Çizelge 4.40' da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Kolmogorov - Smirnov testi sonuçları

	Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N	25	25
Normal Parametreler Ort.	4E+008	1E+009
St. Sp.	1E+008	7E+008
En Ekstrem Farklar Mutlak	0,296	0,225
Pozitif	0,296	0,225
Negatif	-0,151	-0,163
Kolmogorov-Smirnov Z	1,479	1,123
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)	0,025	0,161

Çizelge 4.40' da anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den küçük olması hacimsel direnç değerinin normal dağılıma sahip olmadığını, 0,05' den büyük olması ise yüzey özdirenci değerinin normal dağılıma uyumlu olduğunu göstermektedir. Hacimsel direnç değerleri için gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için parametrik olmayan test yöntemlerinden Kruskal Wallis H testi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.41' de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Kruskal Wallis H test tablosu

Hacimsel Direnç		
Chi-Square		14,422
df		4
Anlamlılık		0,006
Sıralama Verileri		
Zemin	N	Sıralar Ortalaması
1X1	5	5,80
1X2	5	12,40
1X2AC	5	12,80
HC	5	11,00
STD	5	23,00

*Gruplandırma değişkeni: Zemin Türü

Çizelge 4.41' in anlamlılık satırındaki değer 0,05' den küçük olduğu için, zemin türü ile hacimsel direnç arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Aynı zamanda sıralama verileri dikkate alındığında zeminde metal kompozit iplik kullanımının standart numunelere kıyasla hacimsel direnç değerini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü söylenebilir. Zemin grupları arasındaki farkın belirlenmesi ayrı ayrı Man Withney U testi gerçekleştirilmiş sonuçlar toplu halde Çizelge 4.42' de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Man Withney U testi sonuçları

	Zemin	Zemin	Anlamlılık
Bağımlı Değişken: Hacimsel Direnç	1X1	1X2	0,047
		1X2AC	0,028
		HC	0,465
		STD	0,009
	1X2	1X2AC	0,917
		HC	0,917
		STD	0,009
	1X2AC	HC	0,917
		STD	0,009
	HC	STD	0,009

Çizelge 4.41 ve 4.42 birlikte değerlendirildiğinde halı zemininde metalize gümüş mono filament kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin konstrüksiyonlarında hacimsel direnci istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Sonuçlar zeminler açısından değerlendirildiğinde 1x1 ve HC konstrüksiyona sahip numuneler en düşük hacimsel direnç değerine sahiptir.

Normal dağılıma uyumlu olduğu tespit edilen yüzey özdirenci verilerine varyans analizi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.43' de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Yüzey özdirenci için varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Gruplar arasında	1,0E+19	4	2,526E+18	55,644	0,000
Gruplar içinde	9,1E+17	20	4,540E+16		
Toplam	1,1E+19	24			

Çizelge 4.43 incelediğinde yüzey özdirenci verileri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin

seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş 0,05' den küçük anlamlılık değeriyle varyansların homojen olmadığı tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olmadığı duruma uygun olan Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.44' de verilmiştir.

Çizelge 4.44. Yüzey özdirenci çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Zemin (I)	Zemin (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anlamlılık
Tamhane Bağımlı Değişken: Yüzey Özdirenci	1X1C	1X2	-2,42E+08	1,82E+08	0,922
		1X2AC	-4,34E+07	1,00E+08	1,000
		HC	-3,38E+08	1,48E+08	0,412
		STD	-1,71E+09*	1,00E+08	0,001
	1X2C	1X2AC	1,99E+08	1,53E+08	0,952
		HC	-9,60E+07	1,88E+08	1,000
		STD	-1,47E+09*	1,53E+08	0,006
	1X2AC	HC	-2,95E+08	1,10E+08	0,426
		STD	-1,67E+09*	1,87E+07	0,000
	HC	STD	-1,38E+09*	1,10E+08	0,002
	STD	1X1	1,71E+09*	1,00E+08	0,001
		1X2	1,47E+09*	1,53E+08	0,006
		1X2AC	1,67E+09*	1,87E+07	0,000
		HC	1,38E+09*	1,10E+08	0,002

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları değerlendirildiğinde halı zemininde bakır kompozit iplik kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin konstrüksiyonlarında yüzey özdirencini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü fakat zeminde farklı oranlarda metal kompozit iplik kullanımının istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana getirmediği görülmektedir.

4.2.2.4. Çelik-Tekstüre Polyester Kompozit İplikleri İçeren Halı Numuneleri

Yapılan ölçümler sonucunda mono filament çelik kullanılan numuneler için elde edilen hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerleri Çizelge 4.45' de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Çelik içerikli halı numuneleri için elektriksel direnç test sonuçları

Test No	Halı Numuneleri							
	CLKHC		CLK1X1C		CLK1X2C		CLK1X2AC	
	HD	YD	HD	YD	HD	YD	HD	YD
1	6,92E+08	1,18E+09	6,57E+08	1,65E+09	5,02E+08	1,75E+09	3,96E+08	1,74E+09
2	5,91E+08	1,95E+09	6,02E+08	1,41E+09	5,35E+08	1,40E+09	4,01E+08	1,51E+09
3	5,60E+08	1,93E+09	6,63E+08	1,59E+09	5,04E+08	1,79E+09	3,61E+08	1,77E+09
4	5,92E+08	1,87E+09	6,08E+08	1,88E+09	5,66E+08	1,13E+09	3,92E+08	1,47E+09
5	5,09E+08	1,14E+09	6,64E+08	1,47E+09	5,52E+08	1,35E+09	4,15E+08	1,69E+09
Ort.	5,89E+08	1,61E+09	6,39E+08	1,60E+09	5,32E+08	1,48E+09	3,93E+08	1,64E+09

Çizelge 4.45’ deki değerler standart halı numuneleri ile karşılaştırıldığında tüm hav yoğunluğu değerleri için elektriksel direnç değerlerinde düşüş meydana geldiği dolayısıyla antistatikliğin arttığı görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucu mono filament çelik içerikli numuneler için elde edilen direnç değerleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle parametrik testlerin uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla veri setine Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Çizelge 4.46’ da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

	Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N	25	25
Normal Parametreler Ort.	6E+008	2E+009
St. Sp.	1E+008	4E+008
En Ekstrem Farklar Mutlak	0,138	0,116
Pozitif	0,122	0,079
Negatif	-0,138	-0,116
Kolmogorov-Smirnov Z	0,689	0,578
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)	0,729	0,892

Çizelge 4.46’ da anlamlılık satırındaki değer 0,05’den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu

göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.47’ de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	2,4E+17	4	6,029E+16	42,619	0,000
Gruplar içinde	2,8E+17	20	1,415E+15		
Toplam	2,7E+18	24			
Yüzey Özdirenci					
Gruplar arasında	1,9E+18	4	4,624E+17	7,616	0,001
Gruplar içinde	1,2E+18	20	6,095E+16		
Toplam	3,1E+17	24			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05’ den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.48’ de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Varyansların homojenliği testi

	Levene İstatistiği	df1	df2	Anlamlılık
Hacimsel Direnç	1,334	4	20	0,292
Yüzey Özdirenci	11,835	4	20	0,001

Çizelge 4.48 incelendiğinde hacimsel direnç verilerinin varyansları 0,05’ den büyük anlamlılık değeriyle homojendir. Yüzey özdirenci değerlerine ait varyansların ise homojen olmadığı görülmektedir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı duruma için ise Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.49’ da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Zemin (I)	Zemin (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anlamlılık	
Tukey Bağımlı Değişken: Hacimsel Direnç	1X1C	1X2C	1,07E+08*	2,38E+07	0,002	
		1X2AC	2,46E+08*	2,38E+07	0,000	
		HC	5,00E+07	2,38E+07	0,258	
		STD	-3,36E+07	2,38E+07	0,627	
	1X2C	1X2AC	1,39E+08*	2,38E+07	0,000	
		HC	-5,70E+07	2,38E+07	0,157	
		STD	-1,41E+08*	2,38E+07	0,000	
	1X2AC	HC	-1,96E+08*	2,38E+07	0,000	
		STD	-2,79E+08*	2,38E+07	0,000	
	HC	STD	-8,36E+07*	2,38E+07	0,017	
	STD	1X1C	3,36E+07	2,38E+07	0,627	
		1X2C	1,41E+08*	2,38E+07	0,000	
		1X2AC	2,79E+08*	2,38E+07	0,000	
		HC	8,36E+07*	2,38E+07	0,017	
	Tamhane Bağımlı Değişken: Yüzey Özdirenci	1X1C	1X2C	1,16E+08	1,50E+08	0,998
			1X2AC	-3,60E+07	1,02E+08	1,000
HC			-1,40E+07	2,03E+08	1,000	
STD			-6,52E+08*	8,30E+07	0,011	
1X2C		1X2AC	-1,52E+08	1,40E+08	0,979	
		HC	-1,30E+08	2,24E+08	1,000	
		STD	-7,68E+08*	1,26E+08	0,034	
1X2AC		HC	2,20E+07	1,96E+08	1,000	
		STD	-6,16E+08*	6,28E+07	0,004	
HC		STD	-6,38E+08	1,86E+08	0,234	
STD		1X1C	6,52E+08*	8,30E+07	0,011	
		1X2C	7,68E+08*	1,26E+08	0,034	
		1X2AC	6,16E+08*	6,28E+07	0,004	
		HC	6,38E+08	1,86E+08	0,234	

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları değerlendirildiğinde halı zemininde mono filament çelik kullanımının standart halı ile karşılaştırıldığında tüm zemin konstrüksiyonlarında hacimsel direnci ve yüzey özdirencini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Sonuçlar zeminler açısından

değerlendirildiğinde en düşük hacimsel direnç değerine 1x2AC konstrüksiyonundaki numunelerin sahip olduğu, yüzey özdirenci değerlerinde ise farklı oranlarda metal kompozit iplik kullanımının istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana getirmediği görülmektedir.

4.2.3. Metal Türünün Elektriksel Direnç Üzerindeki Etkisi

Bu bölüm zeminde kullanılan gümüş, metalize gümüş, bakır ve çelik içerikli kompozit ipliklerin elektriksel direnç üzerindeki etkilerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Bu amaçla zeminde farklı metal kompozit iplikler içeren 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numuneler zemin konstrüksiyonlarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirmede hav yoğunluğu ve konstrüksiyon sabit tutulmuştur.

Tüm zemin çözümlerinde metal kompozit iplik kullanılan HC kodlu numunelerden elde edilen hacimsel ve yüzey özdirenci verilerine öncelikle normal dağılıma uygunluk testlerinde K-S testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.50' de verilmiştir.

Çizelge 4.50. HC kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

	Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N	20	20
Normal Parametreler Ort.	3E+008	9E+008
St. Sp.	3E+008	6E+008
En Ekstrem Farklar Mutlak	0,243	0,152
Pozitif	0,243	0,152
Negatif	-0,39	-0,124
Kolmogorov-Smirnov Z	1,085	0,679
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)	0,190	0,745

Çizelge 4.50' de anlamlılık satırındaki değer 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.51' de verilmiştir.

Çizelge 4.51. HC kodlu numuneler için Varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	1,0E+17	3	3,440E+17	507,593	0,000
Gruplar içinde	3,5E+17	16	2,189E+15		
Toplam	1,1E+18	19			
Yüzey Özdirenci					
Gruplar arasında	5,1E+18	3	1,709E+18	7,616	0,000
Gruplar içinde	1,5E+18	16	9,509E+16		
Toplam	6,6E+18	19			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.52' de verilmiştir.

Çizelge 4.52. HC kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi Sonuçları

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
Hacimsel Direnç	5,476	3	16	0,009
Yüzey Özdirenci	16,604	3	16	0,000

Çizelge 4.52 incelendiğinde 0,05'den küçük anlamlılık değeri ile hacimsel direnç verileri ve yüzey özdirenci değerlerine ait varyansların ise homojen olmadığı görülmektedir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olmadığı duruma için Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.53' de verilmiştir.

Çizelge 4.53. HC kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Metal Türü (I)	Metal Türü (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anl.
Tamhane Bağımlı Değişken Hacimsel Direnç	GM	MG	-8,65E+07*	4,88E+06	0,000
		BKR	-3,57E+08*	2,89E+07	0,001
		CLK	-5,75E+08*	2,99E+07	0,000
	MG	BKR	-2,71E+08*	2,93E+07	0,004
		CLK	-4,89E+08*	3,03E+07	0,000
		BKR	CLK	-2,18E+08*	4,16E+07
Tamhane Bağımlı Değişken Yüzey Özdirenci	GM	MG	-6,32E+08	1,72E+08	0,106
		BKR	-6,90E+08*	1,15E+08	0,013
		CLK	-1,43E+09*	1,89E+08	0,008
	MG	BKR	-5,82E+07	2,01E+08	1,000
		CLK	-7,97E+08	2,51E+08	0,077
		BKR	CLK	-7,38E+08	2,16E+08

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.53 incelendiğinde en düşük hacimsel direnç ve yüzey öz direnci değerine zeminde gümüş kompozit iplik içeren numunelerin sahip olduğu görülmektedir. Hacimsel direnç değerleri küçükten büyüğe doğru GM < MG < BKR < CLK şeklinde sıralanmaktadır. Yüzey özdirenci değerlerine bakıldığında en yüksek değer çelik kompozit iplik içeren numunelerde görülmüş olup metalize gümüş ve bakır kompozit iplik içeren zeminler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Zemin çözümlerinde 1 metal kompozit - 1 standart iplik kullanılan 1X1C kodlu numunelerden elde edilen hacimsel ve yüzey özdirenci verilerine öncelikle normal dağılıma uygunluk testlerinde K-S testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.54' de verilmiştir.

Çizelge 4.54. 1X1C kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N		20	20
Normal Parametreler	Ort.	3E+008	8E+008
	St. Sp.	3E+008	6E+008
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,264	0,170
	Pozitif	0,264	0,170
	Negatif	-0,168	-0,133
Kolmogorov-Smirnov Z		1,183	0,760
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		0,122	0,610

Çizelge 4.54' de anlamlılık satırındaki değerin 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.55' de verilmiştir.

Çizelge 4.55. 1X1C kodlu numuneler için varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	1,2E+17	3	4,056E+17	507,593	0,000
Gruplar içinde	1,3E+17	16	7,990E+14		
Toplam	1,2E+18	19			
Yüzey Özdirenci					
Gruplar arasında	3,6E+18	3	1,206E+18	7,616	0,001
Gruplar içinde	2,3E+18	16	1,410E+17		
Toplam	5,9E+18	19			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.56' da verilmiştir.

Çizelge 4.56. 1X1C kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
Hacimsel Direnç	7,173	3	16	0,003
Yüzey Özdirenci	15,191	3	16	0,000

Çizelge 4.56 incelendiğinde 0,05’den küçük anlamlılık değeri ile hacimsel direnç verileri ve yüzey özdirenç değerlerine ait varyansların ise homojen olmadığı görülmektedir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olmadığı duruma için Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.57’ de verilmiştir.

Çizelge 4.57. 1X1C kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Metal Türü (I)	Metal Türü (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anl.
Tamhane Bağımlı Değişken	GM	MG	-4,61E+07*	4,23E+06	0,002
		BKR	-3,11E+08*	2,07E+07	0,001
		CLK	-6,18E+08*	1,39E+07	0,000
Hacimsel Direnç	MG	BKR	-2,65E+08*	2,11E+07	0,001
		CLK	-5,72E+08*	1,45E+07	0,000
		BKR	CLK	-3,08E+08*	2,49E+07
Tamhane Bağımlı Değişken	GM	MG	-2,45E+08	2,95E+08	0,970
		BKR	-1,45E+08	1,51E+08	0,935
		CLK	-1,09E+09*	1,69E+08	0,001
Yüzey Özdirenci	MG	BKR	1,00E+08	2,90E+08	1,000
		CLK	-8,46E+08	3,00E+08	0,180
		BKR	CLK	-9,47E+08*	1,60E+08

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.57 incelendiğinde en düşük hacimsel direnç ve yüzey öz direnci değerine zeminde gümüş içeren numunelerin sahip olduğu görülmektedir. Hacimsel direnç değerleri küçükten büyüğe doğru GM < MG < BKR < CLK şeklinde sıralanmaktadır. Yüzey özdirenci değerlerine bakıldığında en yüksek öz direnç değeri çelik kompozit içeren numunelerde görülmüş olup diğer metal türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Zemin çözümlerinde 1 metal kompozit - 2 standart iplik kullanılan 1X2C kodlu numunelerden elde edilen hacimsel ve yüzey özdirenci verilerine öncelikle normal dağılıma uygunluk testlerinde K-S testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.58’ de verilmiştir.

Çizelge 4.58. 1X2C kodlu numuneler için Kolmogorov - Simirnov testi sonuçları

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N		20	20
Normal Parametreler	Ort.	3E+008	8E+008
	St. Sp.	2E+008	6E+008
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,271	0,178
	Pozitif	0,271	0,178
	Negatif	-0,179	-0,184
Kolmogorov-Smirnov Z		1,211	0,824
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		0,106	0,506

Çizelge 4.58’ de anlamlılık satırındaki değerin 0,05’den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.59’ da verilmiştir.

Çizelge 4.59. 1X2C kodlu numuneler için varyans analizi tablosu

		Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç						
Gruplar arasında	9,2E+17	3	3,060E+17	769,144	0,000	
Gruplar içinde	6,4E+15	16	3,979E+14			
Toplam	9,2E+17	19				
Yüzey Özdirenci						
Gruplar arasında	4,3E+18	3	1,418E+18	9,390	0,001	
Gruplar içinde	2,4E+18	16	1,510E+17			
Toplam	6,7E+18	19				

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05’ den küçük olduğu ve gruplar arasındaki

farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.60' da verilmiştir.

Çizelge 4.60. 1X2C kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
Hacimsel Direnç	8,435	3	16	0,001
Yüzey Özdirenci	21,745	3	16	0,000

Çizelge 4.60 incelendiğinde 0,05'den küçük anlamlılık değeri ile hacimsel direnç verileri ve yüzey özdirenç değerlerine ait varyansların ise homojen olmadığı görülmektedir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olmadığı duruma için Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.61' de verilmiştir.

Çizelge 4.61. 1X2C kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Metal Türü (I)	Metal Türü (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anlamlılık
Tamhane	GM	MG	-7,90E+07*	1,32E+06	0,000
		BKR	-3,80E+08*	1,24E+07	0,000
		CLK	-5,24E+08*	1,27E+07	0,000
Bağımlı Değişken	MG	BKR	-3,01E+08*	1,25E+07	0,000
		CLK	-4,45E+08*	1,28E+07	0,000
Hacimsel Direnç	BKR	CLK	-1,44E+08*	1,78E+07	0,000
Tamhane	GM	MG	-6,75E+08	2,86E+08	0,375
		BKR	-5,97E+08	1,57E+08	0,088
		CLK	-1,30E+09*	1,31E+08	0,001
Bağımlı Değişken	MG	BKR	7,80E+07	3,22E+08	1,000
		CLK	-6,26E+08	3,10E+08	0,447
Yüzey Özdirenci	BKR	CLK	-7,04E+08	1,97E+08	0,046

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.61 incelendiğinde en düşük hacimsel direnç ve yüzey öz direnci değerine zeminde gümüş içeren numunelerin sahip olduğu görülmektedir. Hacimsel

direnç değerleri küçükten büyüğe doğru $GM < MG < BKR < CLK$ şeklinde sıralanmaktadır. Yüzey özdirenci değerlerine bakıldığında en yüksek öz direnç değeri çelik kompozit içeren numunelerde görülmüş olup diğer metal türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Zemin çözümlerinde ve atıklarında 1 metal kompozit - 2 standart iplik kullanılan 1X2AC kodlu numunelerden elde edilen hacimsel direnç ve yüzey özdirenci verilerine öncelikle normal dağılıma uygunluk testlerinde K-S testi uygulanmış sonuçlar Çizelge 4.62' de verilmiştir.

Çizelge 4.62. 1X2AC kodlu numuneler için Kolmogorov - Smirnov testi sonuçları

		Hacimsel Direnç	Yüzey Özdirenci
N		20	20
Normal Parametreler	Ort.	3E+008	6E+008
	St. Sp.	3E+008	6E+008
En Ekstrem Farklar	Mutlak	0,247	0,244
	Pozitif	0,247	0,244
	Negatif	-0,152	-0,191
Kolmogorov-Smirnov Z		1,104	1,092
Asymp. Anlamlılık (2-Yönlü)		0,175	0,184

Çizelge 4.62' de anlamlılık satırındaki değer 0,05'den büyük olması hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılığını tespiti için varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.63' de verilmiştir.

Çizelge 4.63. 1X2AC kodlu numuneler için varyans analizi tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kare ort.	F	Anlamlılık
Hacimsel Direnç					
Gruplar arasında	2,2E+18	3	3,969E+17	3826,52	0,000
Gruplar içinde	1,7E+15	16	1,037E+14		
Toplam	1,2E+18	19			
Yüzey Özdirenci					
Gruplar arasında	6,2E+18	3	2,065E+18	56,630	0,000
Gruplar içinde	5,8E+17	16	3,647E+17		
Toplam	6,8E+18	19			

Varyans analizi tablosu incelediğinde hacimsel direnç ve yüzey özdirenci ölçümleri için anlamlılık değerinin 0,05' den küçük olduğu ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla çoklu karşılaştırma (post-hoc) testleri gerçekleştirilmiştir. Uygun testin seçilmesi amacıyla varyansların homojenliği test edilmiş sonuçlar Çizelge 4.64' de verilmiştir.

Çizelge 4.64. 1X2AC kodlu numuneler için varyansların homojenliği testi

	Levene istatistiği	df1	df2	Anlamlılık
Hacimsel Direnç	2,793	3	16	0,074
Yüzey Özdirenci	19,572	3	16	0,000

Çizelge 4.64 incelendiğinde 0,05'den büyük anlamlılık değeri ile hacimsel direnç verilerine ait varyansların ise homojen olduğu, yüzey özdirenci değerlerine ait varyansların ise homojen olmadığı görülmektedir. Çoklu karşılaştırmalar için varyansların homojen olduğu durum için Tukey, olmadığı duruma için Tamhane testi tercih edilmiş sonuçlar Çizelge 4.65' de verilmiştir.

Çizelge 4.65. 1X2AC kodlu numuneler için çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Metal Türü (I)	Metal Türü (J)	Ortalama farklar (I-J)	Std. hata	Anlamlılık
Tukey	GM	MG	-1,05E+08*	6,44E+06	0,000
		BKR	-3,80E+08*	6,44E+06	0,000
		CLK	-6,25E+08*	6,44E+06	0,000
Bağımlı Değişken	MG	BKR	-2,76E+08*	6,44E+06	0,000
		CLK	-5,20E+08*	6,44E+06	0,000
Hacimsel Direnç	BKR	CLK	-2,44E+08*	6,44E+06	0,000
Tamhane	GM	MG	-7,65E+07*	1,11E+07	0,002
		BKR	-4,67E+08*	1,57E+07	0,000
		CLK	-1,40E+09*	1,70E+08	0,007
Bağımlı Değişken	MG	BKR	-3,90E+08*	1,38E+07	0,000
		CLK	-1,32E+09*	1,70E+08	0,009
Yüzey Özdirenci	BKR	CLK	-9,33E+08*	1,70E+08	0,031

* Ortalamalar arasındaki farklar 0,05 seviyesinde anlamlı.

Çizelge 4.65 incelendiğinde en düşük hacimsel direnç ve yüzey öz direnci değerine zeminde gümüş içeren numunelerin sahip olduğu görülmektedir. Hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerleri küçükten büyüğe doğru GM < MG < BKR < CLK şeklinde sıralanmakta ve bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.

Sonuçlar bütün olarak ele alındığında zemin yapısında metal kompozit iplik kullanımının yüzey özdirencini ve hacimsel direnci standart halı numunelerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü tespit edilmiştir. Farklı metal türleri açısından bakıldığında ise doğası gereği bakır ve çeliğe göre daha yüksek iletkenliğe gümüşün bu özelliğinin numunelere de yansıdığı görülmüştür.

4.3. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

Tez kapsamında elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri Serbest Uzay Ölçüm Metodu ile Schwarzbeck marka, lineer polarizasyonlu, huni tip, geniş frekanslı, çift çıkıntılı alıcı ve verici antenler kullanılarak 0.8 - 5.2 GHz frekans

aralığında gerçekleştirilmiştir. Numunelerin farklı polarizasyona sahip dalgalar karşısındaki ekranlama davranışını tespit edebilmek amacıyla testler numunelerin atkı ve çözgü doğrultularında ayrı ayrı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar bilgisayara aktarılmış ve Formül 3.1’ de ifade edildiği şekilde dB olarak ekranlama etkinliği değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirilirken Tayvan Tekstil Federasyonu (TTF) tarafından yayınlanan ve elektromanyetik ekranlama sağlamak amacıyla üretilen tekstil ürünlerinin sahip olması gereken ekranlama etkinliği seviyelerini dB olarak tanımlayan “Specified Requirements of Electromagnetic Shielding Textiles” isimli dokümandan faydalanılmıştır. Bu doküman 300, 900, 1800, 1900 ve 2450 MHz frekanslarının sonuç raporunda verilmesi gerektiğini ek olarak arzu edilen frekans değerinin de rapora eklenebileceğini belirtmektedir (TTF,2005). Bu frekans değerleri günlük hayata sıklıkla kullanılan radyo, TV, cep telefonu, kablosuz modem, elektrikli ev aletleri gibi cihazların yaydığı dalga frekanslarıdır. Rapor, ürünlerin ekranlama etkinliğini sınıflandırırken profesyonel kullanım (sınıf I: medikal cihazlar, karantina malzemeleri, elektronik cihaz üreticileri için profesyonel güvenlik kıyafetleri, elektronik kitler vb.) ve genel kullanım (sınıf II: günlük kıyafetler, üniformalar, hamile kıyafetleri, önlükler, düşük güç tüketen elektronik ürünler ve iletişim ürünleri vb.) olarak iki ayrı değerlendirme tablosu sunmaktadır (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Etkinliğini değerlerinin sınıflandırılması (TTF, 2005)

Profesyonel kullanım için sınıflandırma (Sınıf I)					
Derece	5 Mükemmel	4 Çok İyi	3 İyi	2 Orta	1 Geçerli
Ekranlama etkinliği	SE > 60dB	60dB ≥ SE > 50dB	50dB ≥ SE > 40dB	40dB ≥ SE > 30dB	30dB ≥ SE > 20dB
Genel kullanım için sınıflandırma (Sınıf II)					
Derece	5 Mükemmel	4 Çok İyi	3 İyi	2 Orta	1 Geçerli
Ekranlama etkinliği	SE > 30dB	30dB ≥ SE > 20dB	20dB ≥ SE > 10dB	10dB ≥ SE > 7dB	7dB ≥ SE > 5dB

İlerleyen bölümlerde ekranlama etkinliği sonuçları zemin konstrüksiyonu ve kullanılan kompozit iplik türüne göre ayrı ayrı verilmiştir.

4.3.1. Standart Halı Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

Standart halı numunelerine ekranlama etkinliği testleri hem atkı hem çözgü doğrultusunda gerçekleştirilmiş olup numunelerin ekranlama etkinliği göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca farklı yönde ölçüm yapmanın da sonuçları etkilemediği görülmüştür. Standart halı numunelerine ait 300, 900, 1800, 1900 ve 2450 MHz frekanslarındaki ekranlama etkinliği değerleri Çizelge 4.67’ de verilmiştir.

Çizelge 4.67. Standart halı numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)		
	Hav Yoğunluğu		
	250.000 hav/m ²	500.000 hav/m ²	750.000 hav/m ²
0,30	4,04	0,00	0,00
0,90	0,09	0,15	0,15
1,80	0,00	0,00	0,00
1,89	0,00	0,00	0,00
2,40	0,00	0,00	0,76
2,46	4,04	0,00	0,00

Çizelge 4.67 incelendiğinde standart halı numunelerinin elektromanyetik ekranlama özelliği göstermediği görülmektedir.

4.3.2. Gümüş Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

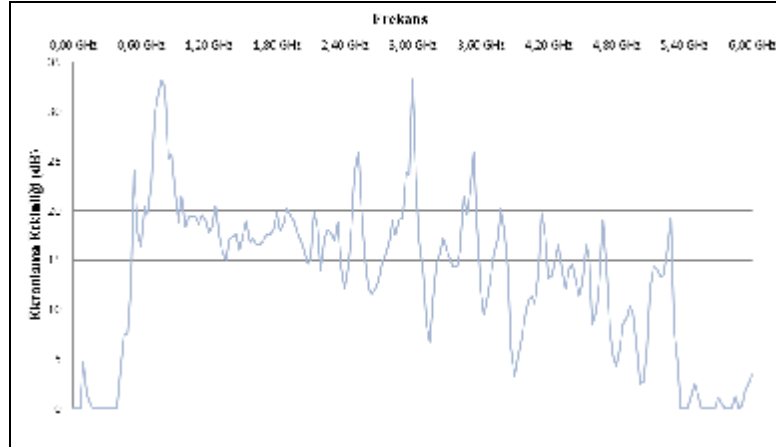
4.3.2.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Gümüş kompozit iplik içeren HC zemin konstrüksiyonuna sahip numuneler, her çözgüsünde kompozit iplik içermekte olup, bu numuneler üretim kısıtları nedeniyle sadece 500.000 hav/m² yoğunlukta üretilmiştir. Bu numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.68’ de verilmiştir.

Çizelge 4.68. HC kodlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)	
	Atkı Yönü	Çözü Yönü
0,30	0,88	0,00
0,90	0,38	22,26
1,80	0,00	19,88
1,89	0,00	20,28
2,40	0,00	12,15
2,46	0,00	18,58

HC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.68 incelendiğinde bu konstrüksiyonda en yüksek ekranlama etkinliği değeri 22,26 dB ile 0,9 GHz frekansında görülmektedir. Elde edilen bu değer, TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. HC zemin konstrüksiyonuna sahip gümüş kompozit iplik içeren numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği Şekil 4.2’ de verilmiştir.



Şekil 4.2. Çözü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği

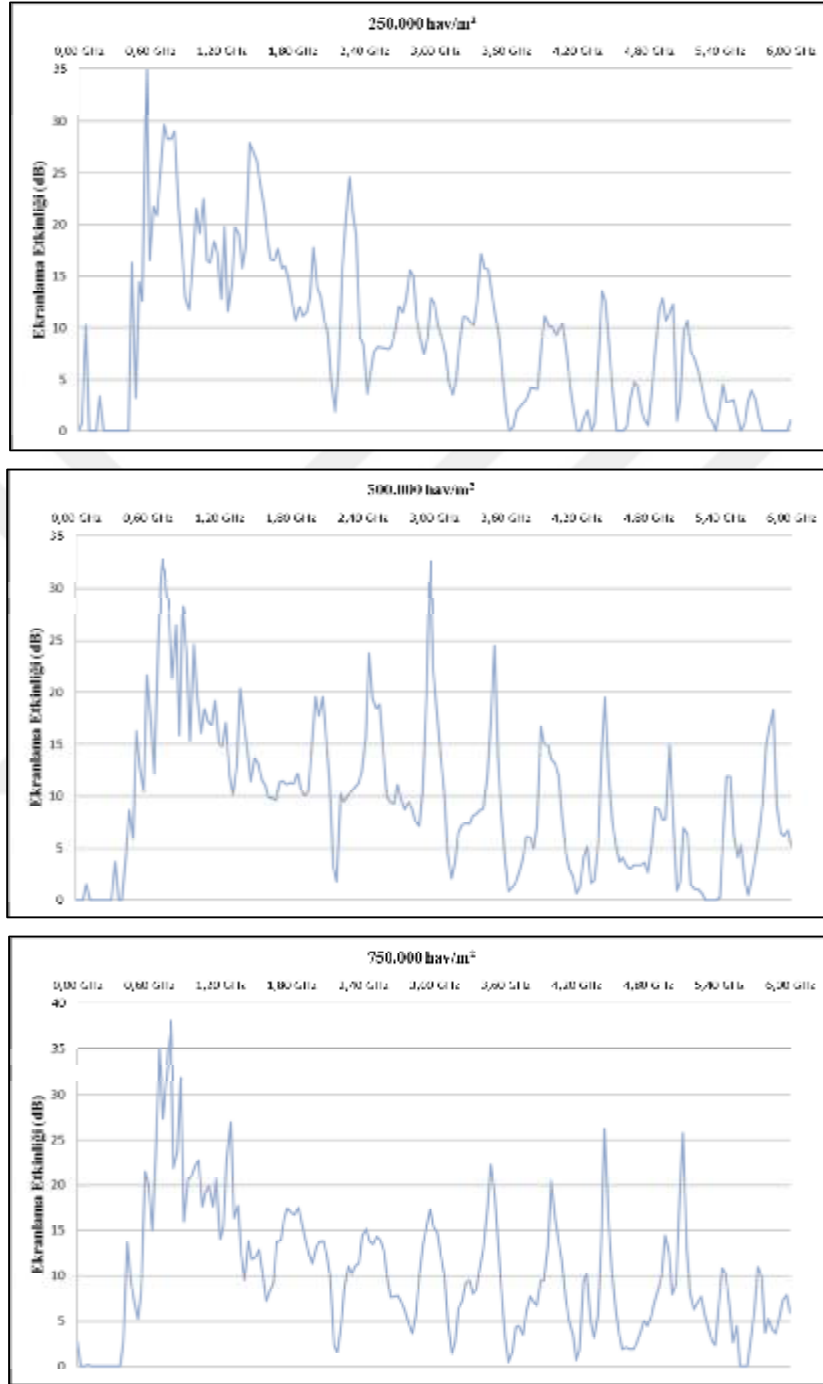
4.3.2.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Gümüş kompozit iplik içeren 1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.69’ da verilmiştir.

Çizelge 4.69. 1x1C kodlu numunelere ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,13	0,00	1,34	0,00	1,32	0,00
0,90	0,30	12,96	0,47	28,25	0,37	15,97
1,80	0,00	12,41	0,00	11,33	0,00	16,93
1,89	0,44	11,16	0,00	10,63	0,00	15,87
2,40	0,48	8,36	0,00	12,34	0,00	14,49
2,46	0,09	5,70	0,00	23,76	0,00	13,79

1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.69 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri 23,76 dB (2,46 GHz) ve 28,25 dB (0,9 GHz) ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değerler TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.3’ de verilmiştir.



Şekil 4.3. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.3 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

4.3.2.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

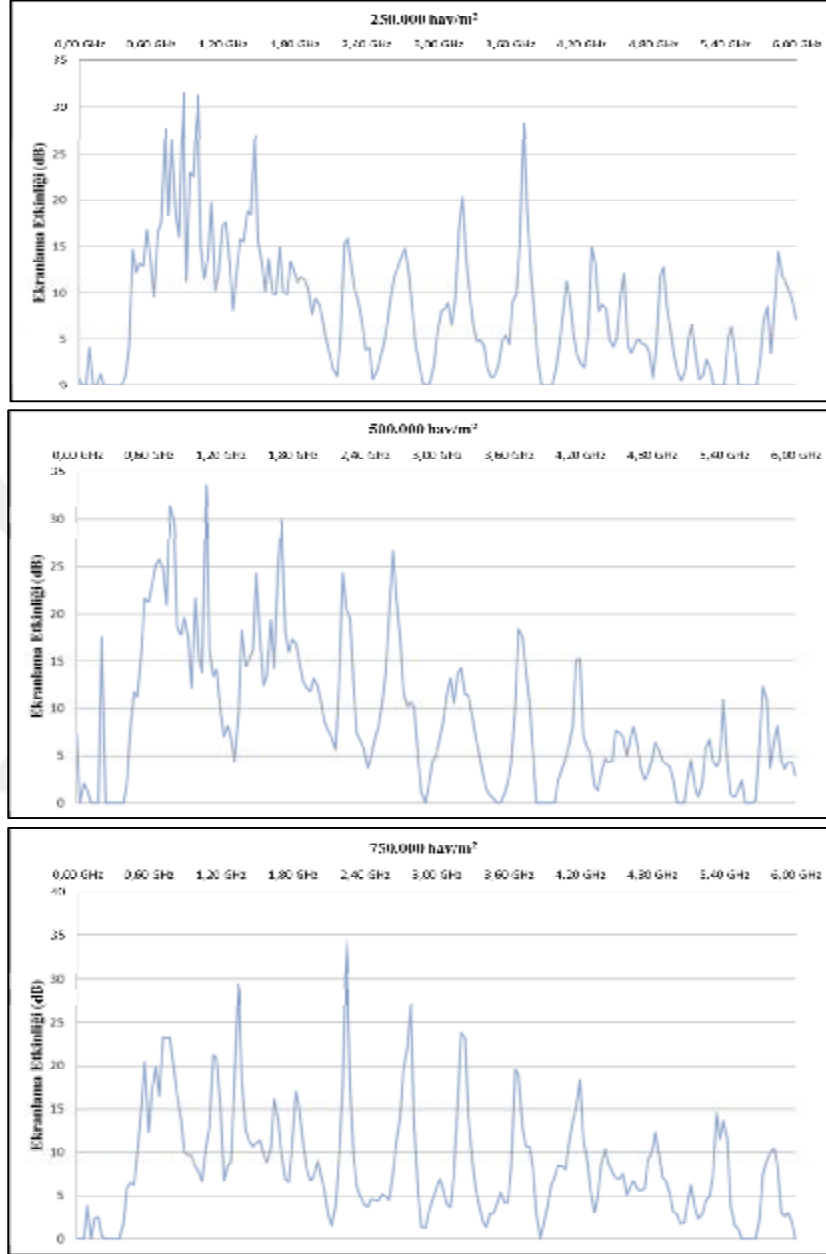
Gümüş kompozit iplik içeren 1x2 zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.70' de verilmiştir.

Çizelge 4.70. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	0,39	0,00	5,38	0,00
0,90	0,55	11,19	0,34	19,65	0,29	9,99
1,80	0,00	12,47	0,00	17,28	0,00	10,73
1,89	0,00	11,40	0,00	12,87	0,00	10,99
2,40	0,00	3,86	0,00	5,67	0,00	4,05
2,46	0,00	0,66	0,00	4,99	0,00	4,58

1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde, 1 metal kompozit çözgü ve 2 standart çözgü kullanılmış olup yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama görülmemektedir. Çizelge 4.70 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri 17,28 dB (1,8 GHz) ve 19,65 dB (0,9 GHz) ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değerler TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre "İyi" sınıfında yer almaktadır.

1x2C zemin konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluklarına sahip gümüş kompozit iplik içeren numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. 1x2C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.4 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

4.3.2.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

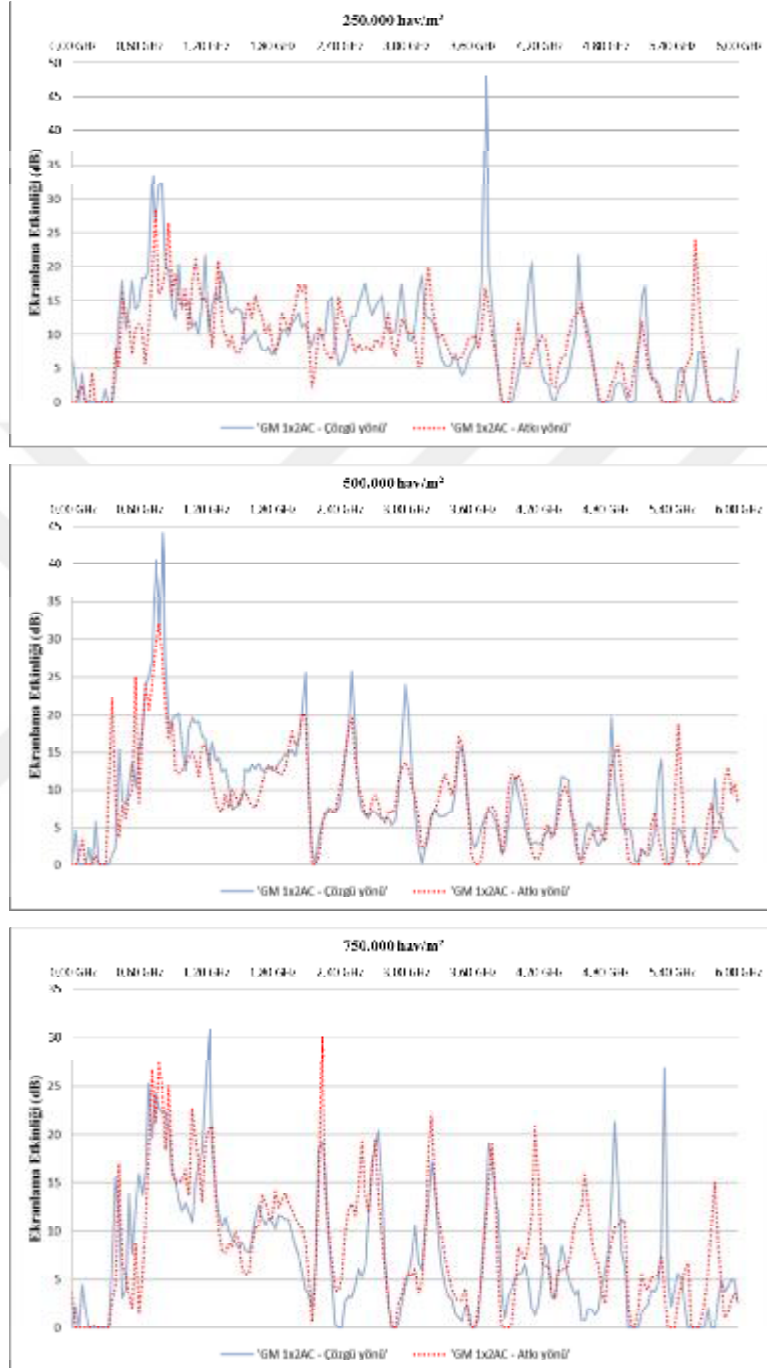
Gümüş kompozit iplik içeren 1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.71’ de verilmiştir.

Çizelge 4.71. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	15,82	14,18	18,98	19,40	16,64	15,81
1,80	8,93	7,04	12,94	12,57	11,15	11,04
1,89	13,31	10,67	12,14	14,23	13,28	11,52
2,40	15,65	5,42	9,63	7,78	3,85	0,00
2,46	11,56	7,43	14,82	14,47	9,95	2,78

1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde 1 metal kompozit çözgü - 2 standart çözgü ve 1 metal kompozit atkı - 2 standart atkı kullanılmıştır. Metal kompozit iplikler hem çözgü hem de atkı yönünde kullanıldığı için her iki doğrultuda da ekranlama sağlayan bir yapı elde edilmiştir. Çizelge 4.71 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri çözgü yönünde 19,40 dB ve atkı yönünde 18,98 dB (0,9 GHz) ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değerler TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “İyi” sınıfında yer almaktadır.

1x2AC konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluklarına sahip gümüş kompozit iplik içeren numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren atkı ve çözgü doğrultusundaki ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.5’ de verilmiştir.



Şekil 4.5. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.5 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

4.3.3. Metalize Gümüş Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

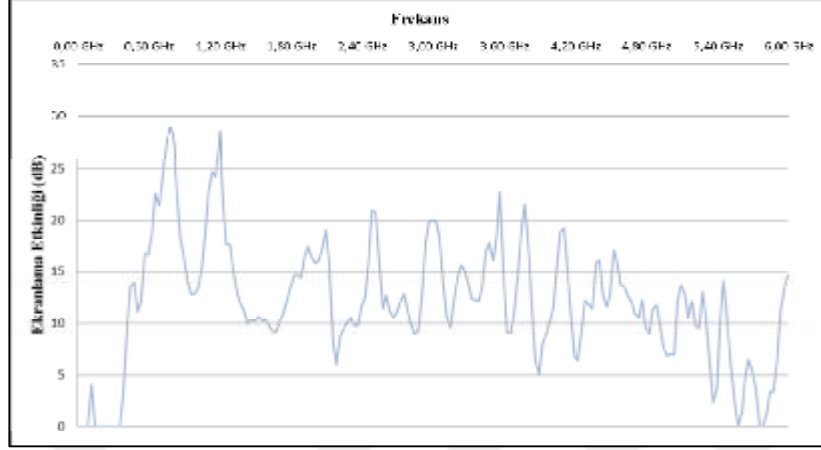
4.3.3.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Metalize Gümüş kompozit iplik içeren HC zemin konstrüksiyonuna sahip numuneler üretim kısıtları nedeniyle sadece 500.000 hav/m² yoğunlukta üretilmiştir. Bu numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözüğü doğrultusunda Çizelge 4.72' de verilmiştir.

Çizelge 4.72. HC konstrüksiyonlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)	
	Atkı Yönü	Çözüğü Yönü
0,30	1,61	0,00
0,90	0,81	16,65
1,80	0,00	13,49
1,89	1,36	14,47
2,40	0,00	11,54
2,46	0,00	15,95

HC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözüğü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.72 incelendiğinde en yüksek ekranlama etkinliği değerleri 16,65 dB ile 0,9 GHz frekansında olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerler TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözüğü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

4.3.3.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Metalize gümüş kompozit iplik içeren 1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.73' de verilmiştir.

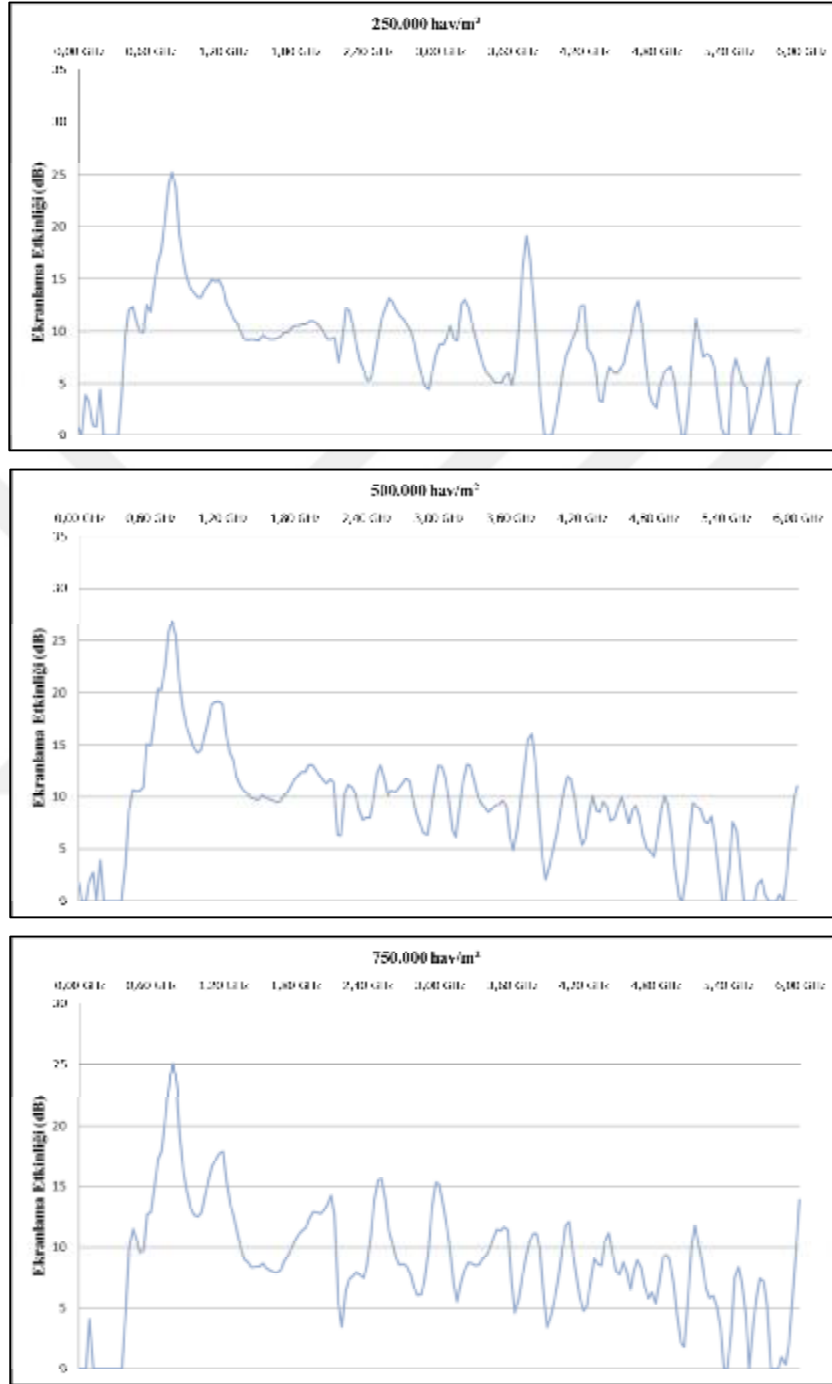
Çizelge 4.72. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0,01	15,20	0,15	16,95	0,06	14,66
1,80	0,00	10,49	0,00	11,62	0,00	10,52
1,89	0,00	10,64	0,00	12,38	0,00	11,60
2,40	0,00	5,30	0,00	8,02	0,00	8,49
2,46	0,00	7,21	0,00	9,64	0,00	13,87

1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.73 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu

görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 0,9 GHz frekansında 16,95 dB ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre "İyi" sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.7' de verilmiştir.





Şekil 4.7. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.7 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

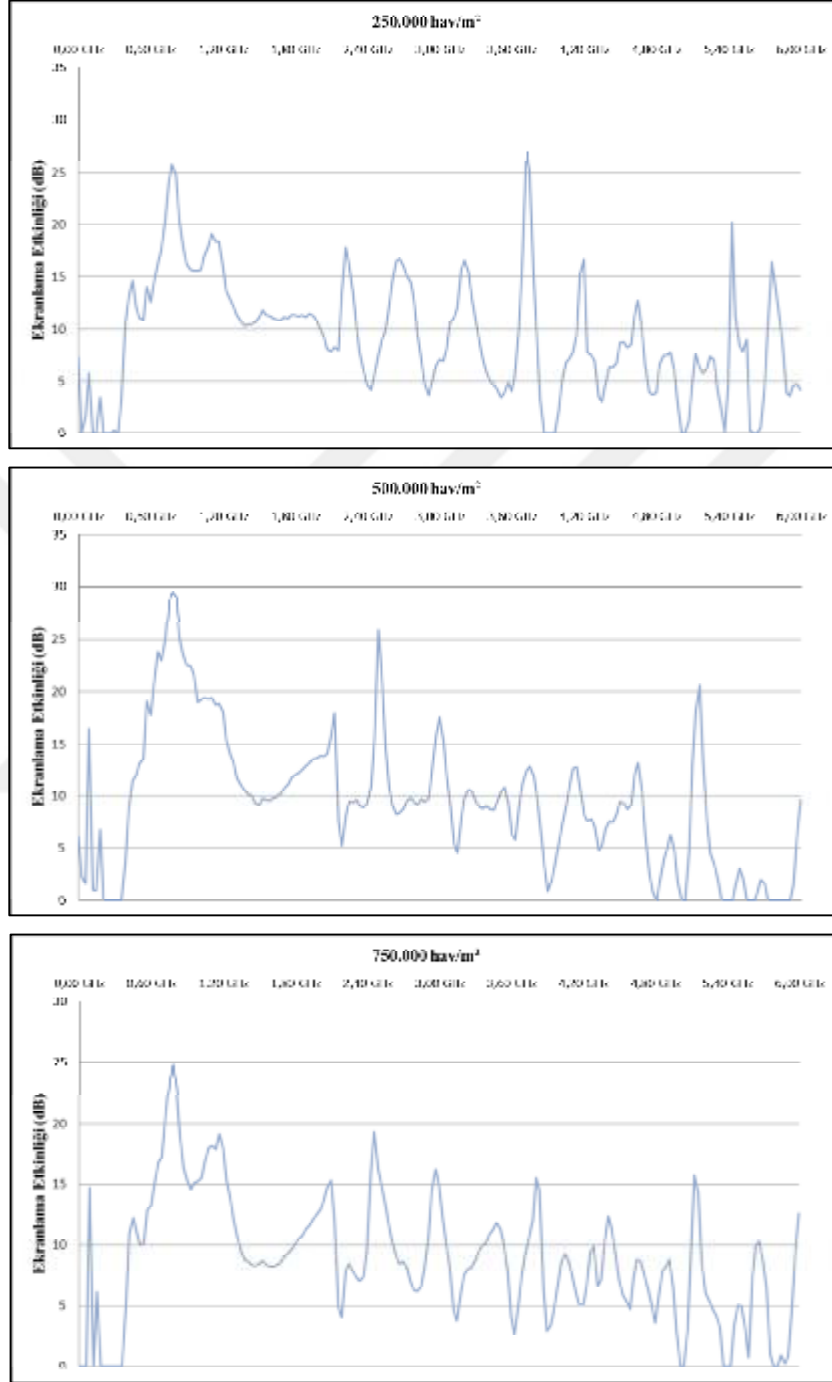
4.3.3.2. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Metalize gümüş kompozit iplik içeren 1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.74’ de verilmiştir.

Çizelge 4.74. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0,39	16,31	0,67	22,60	0,49	15,35
1,80	0,00	11,34	0,00	12,03	0,00	10,02
1,89	0,00	11,13	0,00	12,93	0,00	11,27
2,40	0,00	4,68	0,00	9,24	0,00	9,36
2,46	0,00	5,54	0,00	15,50	0,00	19,29

1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama görülmemektedir. Çizelge 4.74 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 2,46 GHz frekansında 19,29 dB ile 750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.8’ de verilmiştir.



Şekil 4.8. 1x2C konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.8 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

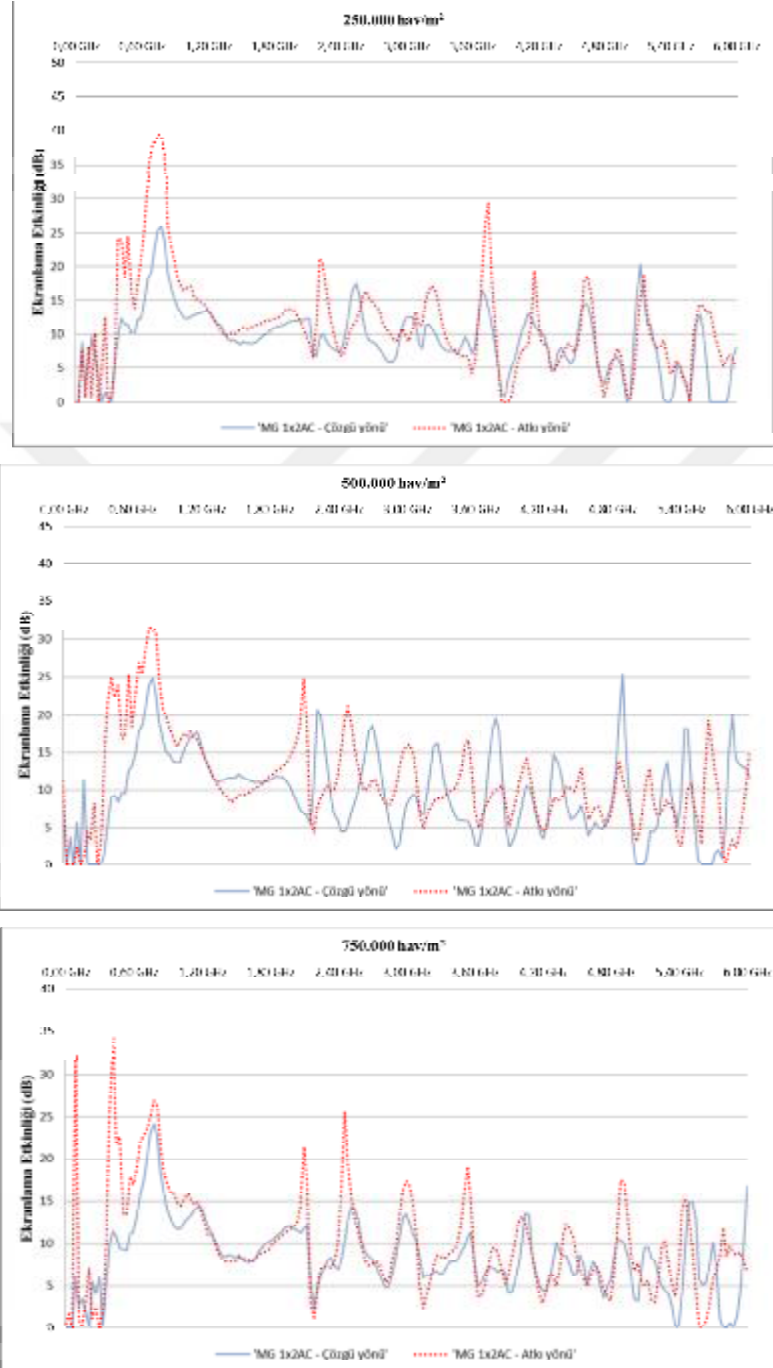
4.3.3.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Metalize gümüş kompozit iplik içeren 1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.75’ de verilmiştir.

Çizelge 4.74. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	5,97
0,90	20,75	15,29	19,63	15,03	16,84	13,96
1,80	12,19	10,81	11,85	11,24	9,43	10,23
1,89	13,09	11,32	12,71	11,71	10,82	11,21
2,40	6,95	7,28	11,64	5,95	9,87	6,94
2,46	8,40	10,85	19,30	4,48	25,54	10,46

1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler hem çözgü hem de atkı yönünde kullanıldığı için her iki doğrultuda da ekranlama sağlayan bir yapı elde edilmiştir. Çizelge 4.75 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri atkı yönünde 25,54 dB (2,46 GHz) ile 750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede, çözgü yönünde ise 15,29 dB (0,9 GHz) ile 250.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Bu değerler TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre atkı yönünde “çok iyi” çözgü yönünde ise “iyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren atkı ve çözgü doğrultusundaki ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.9’ da verilmiştir.



Şekil 4.9. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.9 incelendiğinde farklı hav yoğunluğu için atkı ve çözgü doğrultusunda birbirine yakın ekranlama etkinliği değerlerinin elde edildiği ve eğilimlerin benzer olduğu görülmektedir.

4.3.4. Bakır Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

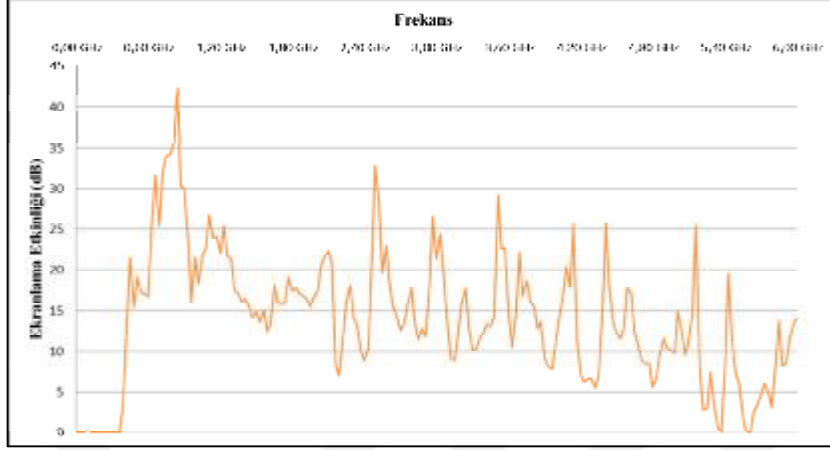
4.3.4.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Bakır kompozit iplik içeren HC zemin konstrüksiyonuna sahip numuneler üretim kısıtları nedeniyle sadece 500.000 hav/m² yoğunlukta üretilmiştir. Bu numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.76' da verilmiştir.

Çizelge 4.76. HC konstrüksiyonlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00
0,90	0,23	30,04
1,80	0,00	17,33
1,89	0,00	16,84
2,40	0,00	8,92
2,46	0,00	19,96

HC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.76 incelendiğinde en yüksek ekranlama etkinliği değerleri 30,04 dB ile 0,9 GHz frekansında olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değer TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre "Mükemmel" sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10. HC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

4.3.4.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Bakır kompozit iplik içeren 1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.77' de verilmiştir.

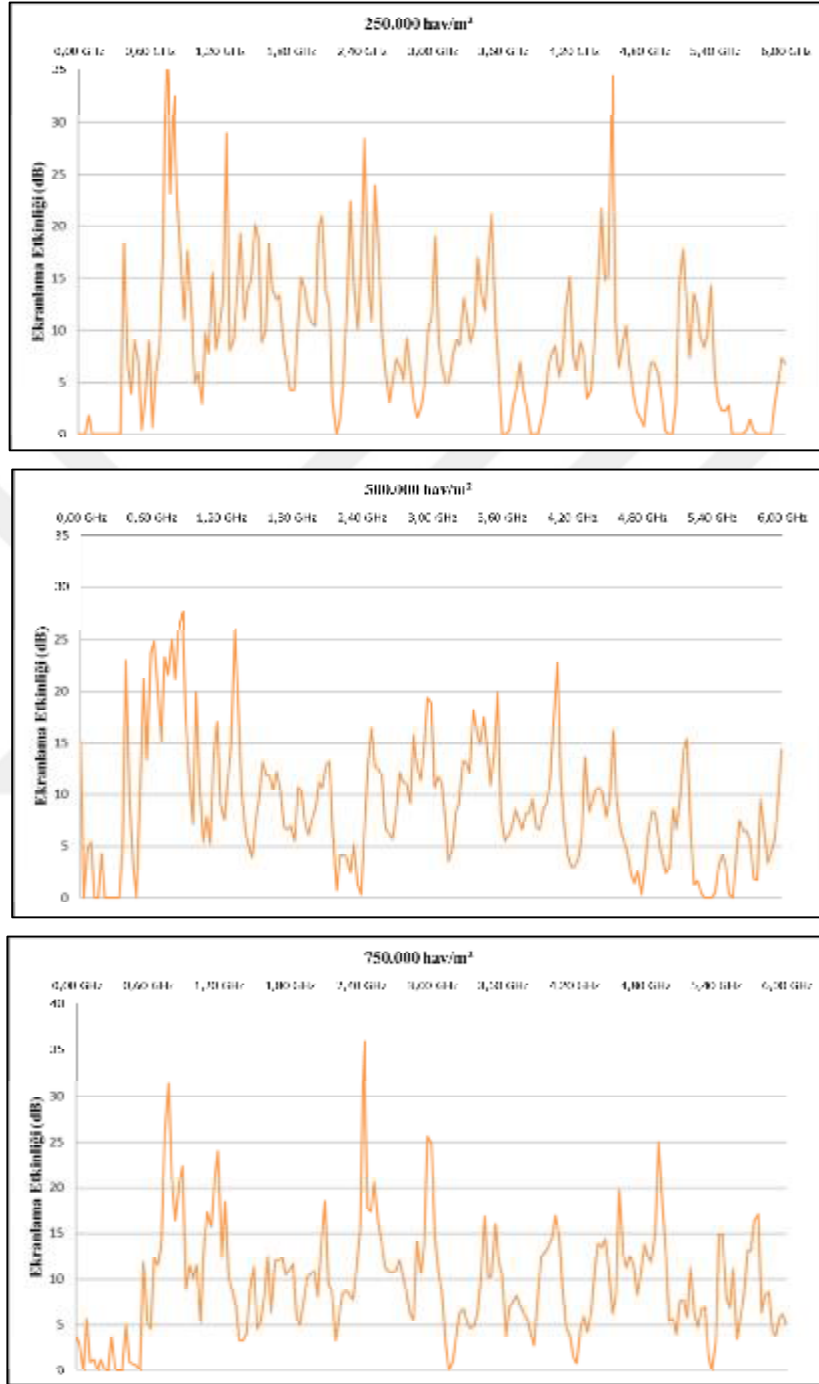
Çizelge 4.77. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	3,69
0,90	0,23	11,08	0,30	17,54	0,46	22,34
1,80	0,00	4,24	0,00	6,93	0,00	11,00
1,89	0,00	15,04	0,00	10,40	0,00	4,95
2,40	0,00	16,18	0,00	0,35	0,00	15,54
2,46	0,00	14,58	0,00	13,33	0,00	17,74

1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.77 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu

görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 0,9 GHz frekansında 22,34 dB ile 750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değer TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.11' de verilmiştir.





Şekil 4.11. 1x1C konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.11 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

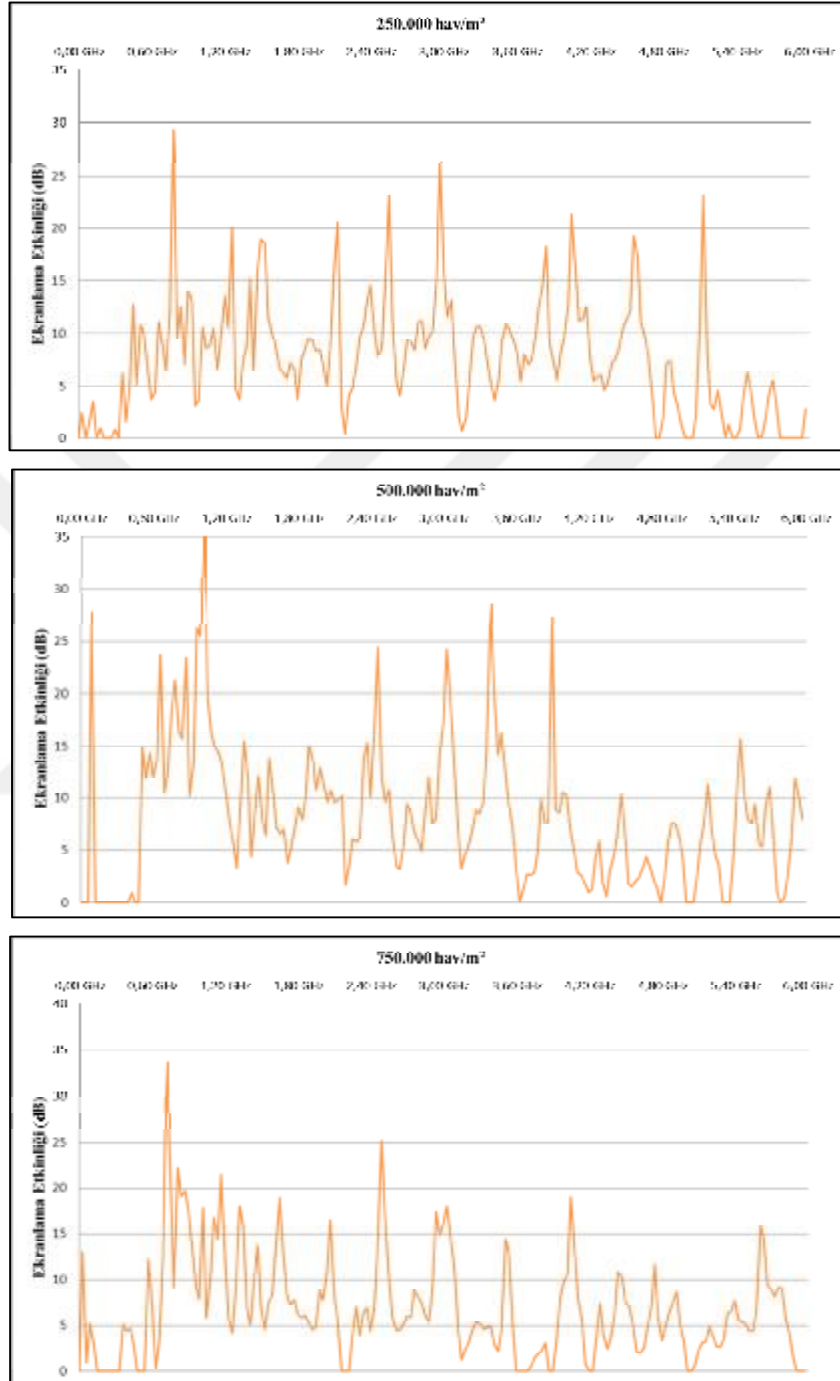
4.3.4.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Bakır kompozit iplik içeren 1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.78’ de verilmiştir.

Çizelge 4.78. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	1,50	0,84	0,00	0,00	0,51	0,00
0,90	0,56	13,99	0,44	10,19	0,46	17,49
1,80	0,00	3,69	0,00	9,13	0,00	6,25
1,89	0,00	9,52	0,00	15,01	0,00	5,39
2,40	0,20	14,66	0,00	10,08	0,00	4,44
2,46	0,00	7,82	0,00	24,46	0,00	13,46

1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama görülmemektedir. Çizelge 4.78 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 24,46 dB ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değer TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.12’ de verilmiştir.



Şekil 4.12. 1x2C konstrüksiyonu çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.12 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

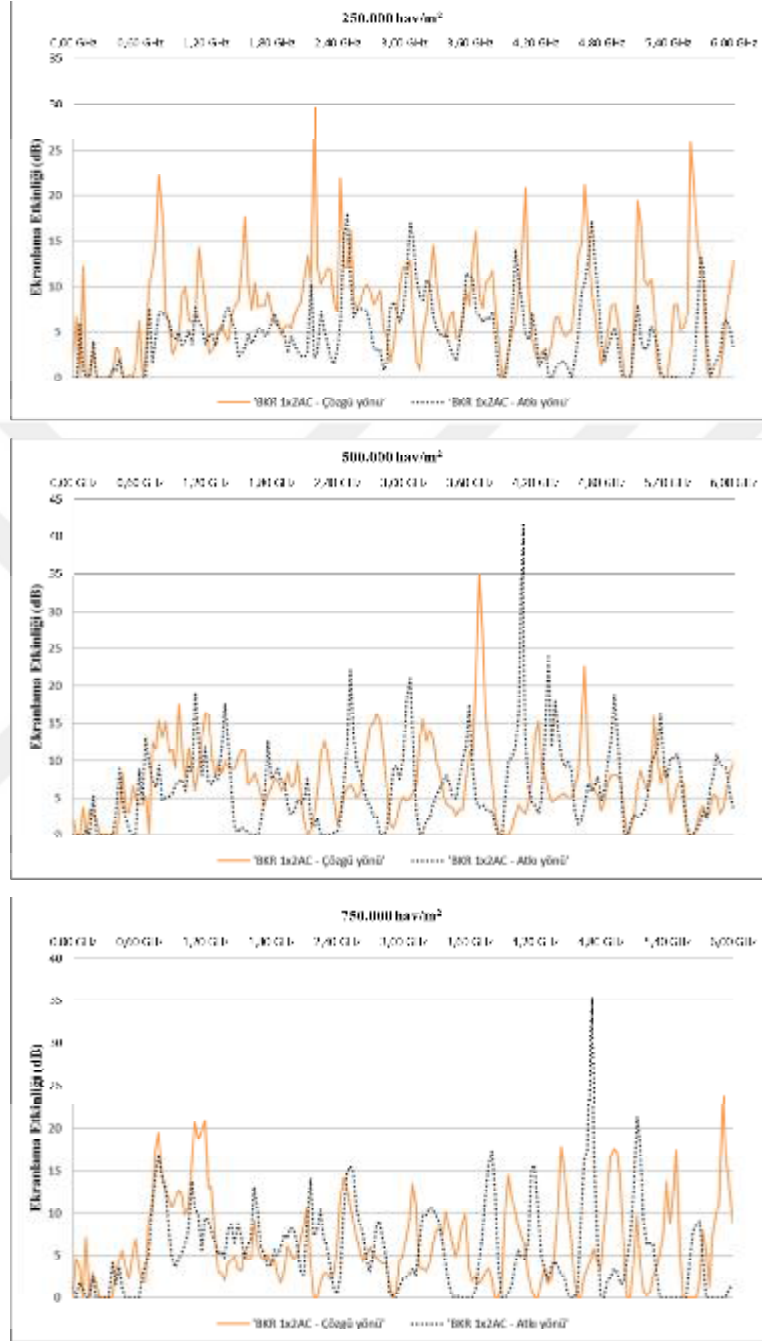
4.3.4.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Bakır kompozit iplik içeren 1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.79’ da verilmiştir.

Çizelge 4.78. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	4,62	2,61	5,39	11,47	4,75	10,72
1,80	6,10	7,55	7,53	6,31	3,74	4,01
1,89	5,18	4,68	7,11	5,90	5,79	1,78
2,40	3,26	7,17	0,36	1,37	0,42	5,26
2,46	15,50	12,13	6,62	5,39	9,64	14,18

1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler hem çözgü hem de atkı yönünde kullanıldığı için her iki doğrultuda da ekranlama sağlayan bir yapı elde edilmiştir. Çizelge 4.79 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri atkı yönünde 15,50 dB (2,46 GHz) ile 250.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede, çözgü yönünde ise 14,18 dB (2,46 GHz) ile 750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değerler TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren atkı ve çözgü doğrultusundaki ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.13’ de verilmiştir.



Şekil 4.13. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.13 incelendiğinde farklı hav yoğunluğu değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda birbirine yakın ekranlama etkinliği değerlerinin elde edildiği ve eğilimlerin benzer olduğu görülmektedir.

4.3.5. Çelik Kompozit İplik İçeren Numunelerinin Ekranlama Etkinliği Test Sonuçları

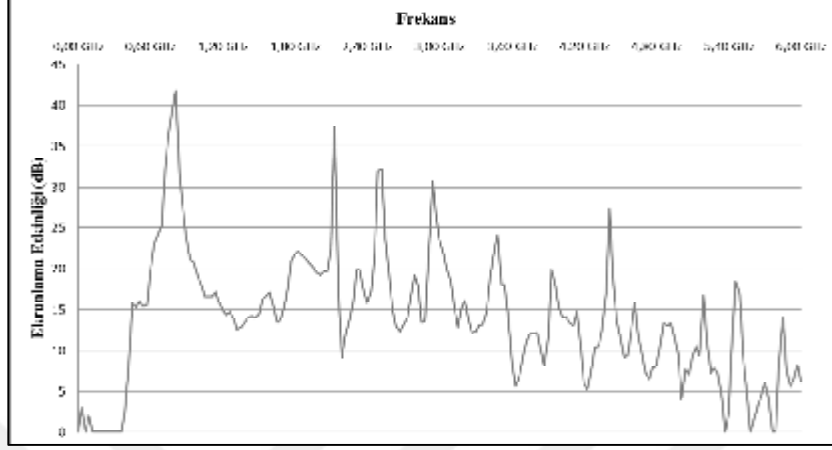
4.3.5.1. HC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Çelik kompozit iplik içeren HC zemin konstrüksiyonuna sahip numuneler üretim kısıtları nedeniyle sadece 500.000 hav/m² yoğunlukta üretilmiştir. Bu numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.80’ de verilmiştir.

Çizelge 4.80. HC kodlu numunelerinin ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00
0,90	0,84	23,89
1,80	0,00	21,82
1,89	0,00	21,16
2,40	0,00	15,85
2,46	0,00	21,64

HC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.80 incelendiğinde en yüksek ekranlama etkinliği değerleri 23,89 dB ile 0,9 GHz frekansında olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değer TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “ Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği-frekans grafiği Şekil 4.14’ de verilmiştir.



Şekil 4.14. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği- frekans grafiği

4.3.5.2. 1x1C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Çelik kompozit iplik içeren 1x1 zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.81' de verilmiştir.

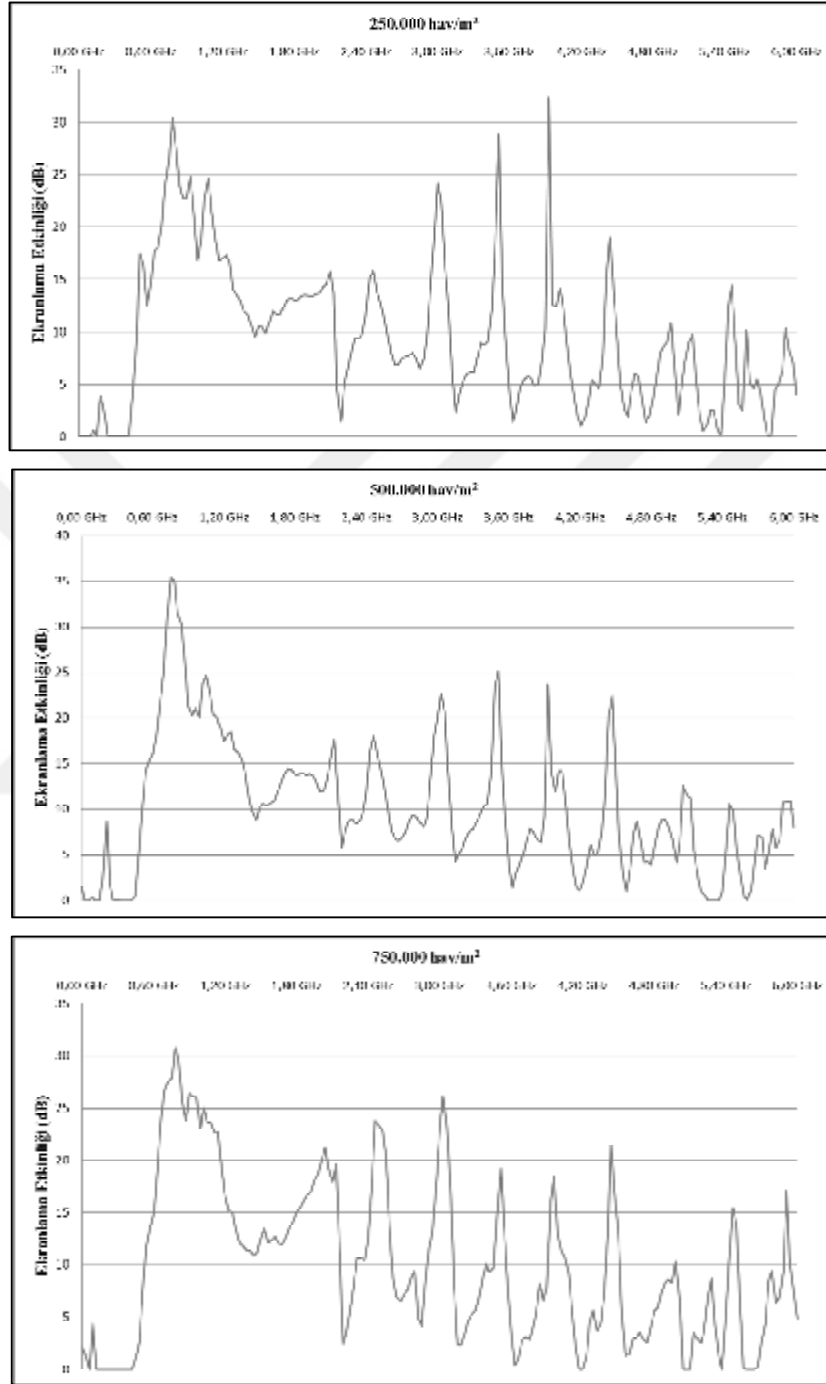
Çizelge 4.81. 1x1C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	1,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
0,90	0,07	22,78	0,31	21,37	1,33	26,44
1,80	0,00	13,04	0,00	13,84	0,14	15,00
1,89	0,00	13,47	0,00	13,76	0,74	16,65
2,40	0,00	11,57	0,01	11,55	1,07	12,34
2,46	0,00	15,86	0,00	18,00	0,01	23,76

1x1C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama etkinliği görülmemektedir. Çizelge 4.81 incelendiğinde bu

konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 0,9 GHz frekansında 26,44 dB ile 750.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Elde edilen bu değer TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “ Çok İyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.15' de verilmiştir.





Şekil 4.15. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.15 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

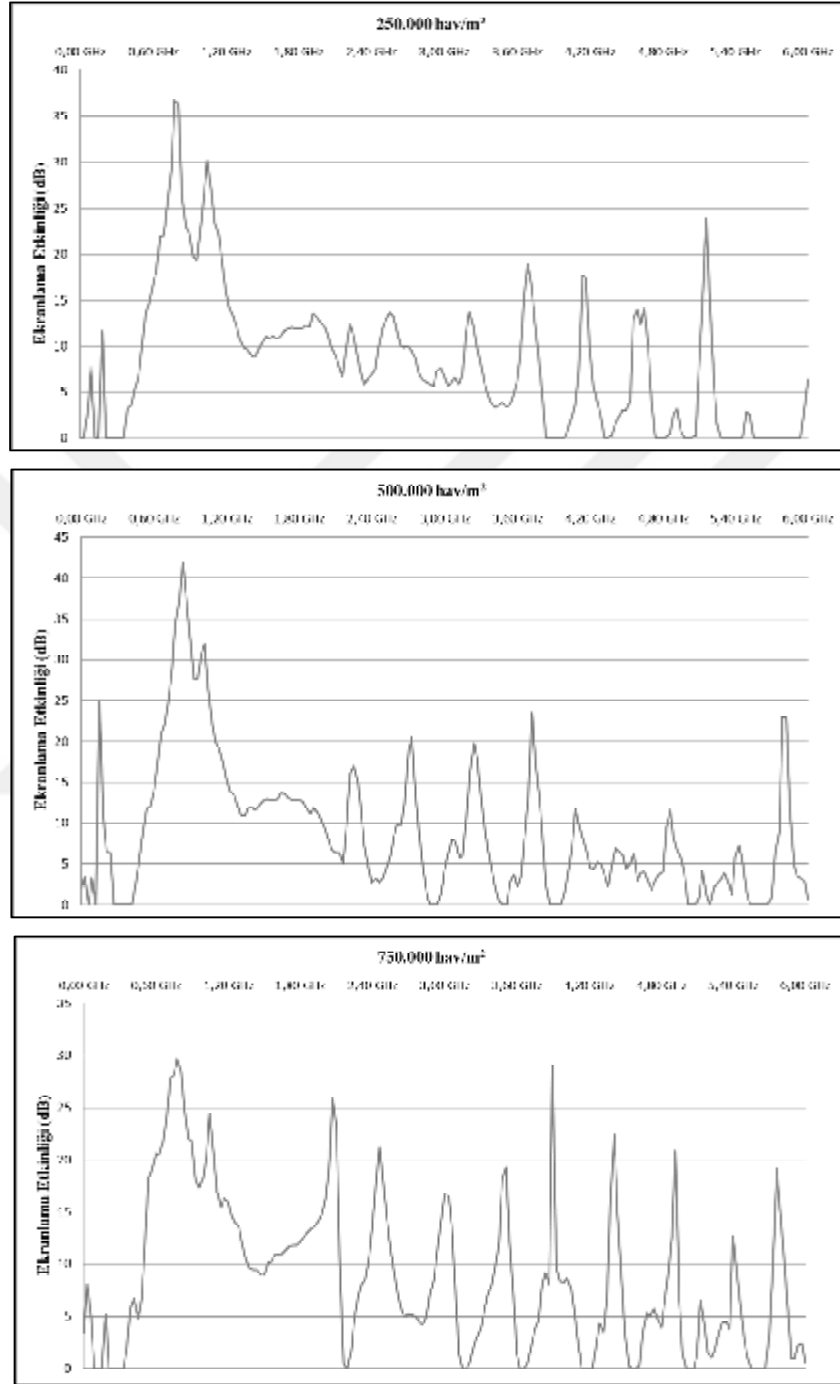
4.3.5.3. 1x2C Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Çelik kompozit iplik içeren 1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.82’ de verilmiştir.

Çizelge 4.82. 1x2C kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0,41	22,25	0,68	32,84	0,53	21,79
1,80	0,00	11,85	0,03	12,83	0,00	12,17
1,89	0,00	12,10	0,00	11,14	0,00	13,35
2,40	0,00	6,76	0,00	2,70	0,00	13,38
2,46	0,00	9,81	0,00	2,70	0,00	21,21

1x2C zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmış olup bu yapıdan dolayı atkı doğrultusunda ekranlama görülmemektedir. Çizelge 4.82 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri 0,9 GHz frekansında 32,84 dB ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. . Elde edilen bu değer TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre “Mükemmel” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren ekranlama etkinliği- frekans grafiği Şekil 4.16’ da verilmiştir.



Şekil 4.16. 1x2 konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

Şekil 4.16 incelendiğinde ekranlama etkinliğinin farklı hav yoğunluklarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir.

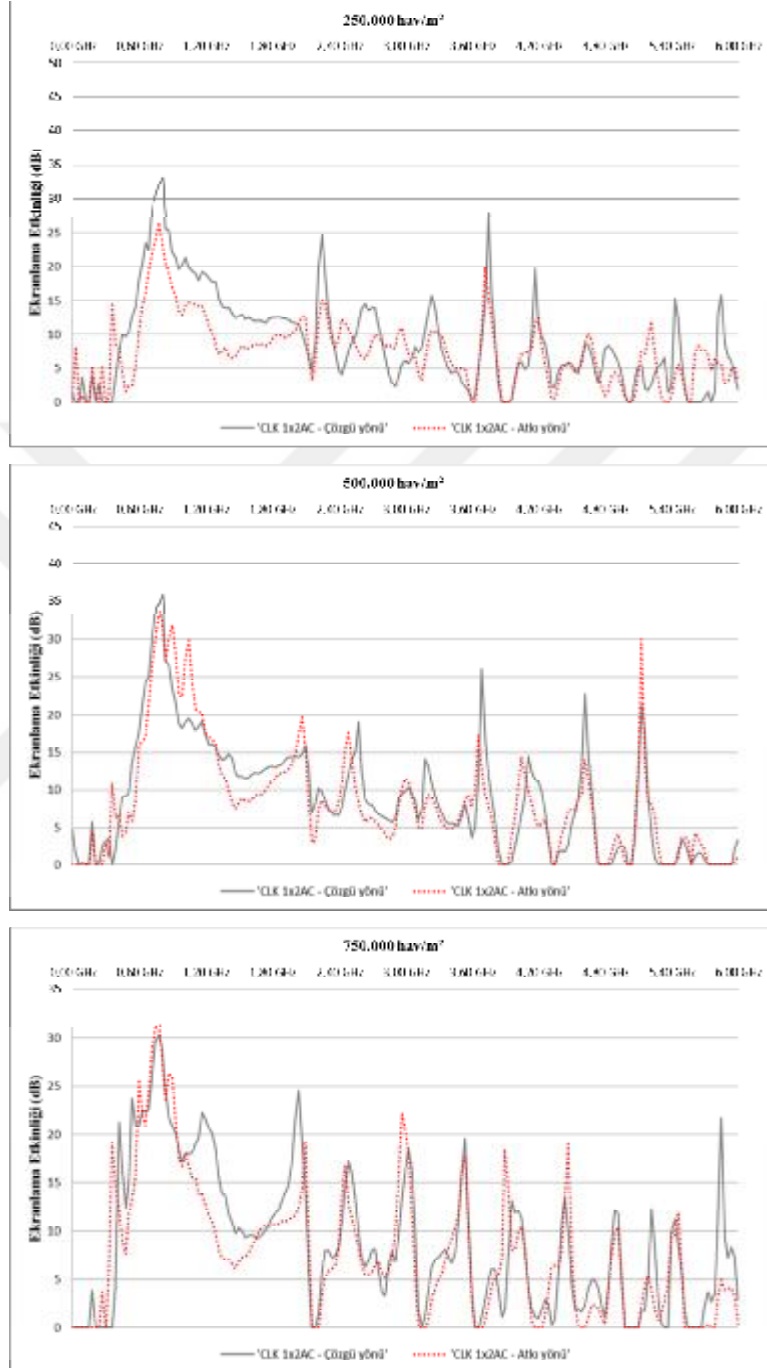
4.3.5.4. 1x2AC Konstrüksiyonuna Sahip Numunelerinin Ekranlama Etkinliği

Çelik kompozit iplik içeren 1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelere ait ekranlama etkinliği değerleri atkı ve çözgü doğrultusunda Çizelge 4.83’ de verilmiştir.

Çizelge 4.83. 1x2AC kodlu numunelerine ait ekranlama etkinliği test sonuçları

Frekans (GHz)	Ekranlama Etkinliği (dB)					
	250.000 hav/m ²		500.000 hav/m ²		750.000 hav/m ²	
	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü	Atkı Yönü	Çözgü Yönü
0,30	0,00	0,00	3,04	3,21	0,00	0,00
0,90	16,87	22,17	31,94	23,62	25,92	20,97
1,80	9,24	12,46	11,21	13,16	10,62	11,41
1,89	9,66	12,37	12,19	13,54	11,03	13,24
2,40	9,30	4,59	8,17	6,67	8,24	8,46
2,46	11,62	5,71	15,50	9,98	16,92	14,45

1x2AC zemin konstrüksiyonuna sahip numunelerde metal kompozit iplikler hem çözgü hem de atkı yönünde kullanıldığı için her iki doğrultuda da ekranlama sağlayan bir yapı elde edilmiştir. Çizelge 4.83 incelendiğinde bu konstrüksiyonda farklı hav yoğunluğunda farklı ekranlama sonuçları olduğu görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değerleri atkı yönünde 31,94 dB ve çözgü yönünde 23,62 dB (0,90 GHz) ile 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna sahip numunede görülmektedir. Bu değerler TFF’ nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre atkı yönünde “Mükemmel” çözgü yönünde ise “Çok iyi” sınıfında yer almaktadır. Numunelere ait tüm frekans değerlerini içeren atkı ve çözgü doğrultusundaki ekranlama etkinliği-frekans grafiği Şekil 4.17’ de verilmiştir.



Şekil 4.17. 1x2AC konstrüksiyonu için ekranlama etkinliği- frekans grafiği

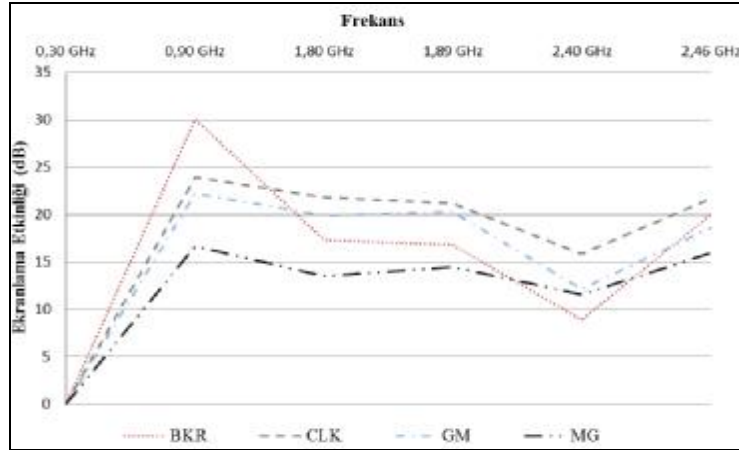
Şekil 4.17 incelendiğinde farklı hav yoğunluğu değerleri için atkı ve çözgü doğrultusunda birbirine yakın ekranlama etkinliği değerlerinin elde edildiği ve eğilimlerin benzer olduğu görülmektedir.

4.3.6. Farklı Tür Metal Kompozit İplik İçeren Numune Hahların Ekranlama Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde zemin yapısında farklı metal kompozit iplik kullanılan halı numunelerinin ekranlama etkinlikleri zemin konstrüksiyonu esas alınarak karşılaştırılmıştır. Daha önceki bölümlerde verilen ekranlama etkinliği sonuçları atkı yönünde metal kompozit iplik içermeyen numunelerde bu doğrultuda ekranlama sağlanmadığını göstermiştir. Bu nedenle atkı yönünde metal kompozit iplik içermeyen numunelerin sonuçları sadece ekranlamanın etkinliğinin görüldüğü çözgü doğrultusunda verilmiştir.

4.3.6.1. Metallerin HC Konstrüksiyonların Karşılaştırılması

HC zemin konstrüksiyonuna sahip numuneler üretim kısıtları nedeniyle sadece 500.000 hav/m² yoğunlukta üretilmiştir. Bu numunelere ait çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans etkileşimini gösteren grafik Şekil 18' de verilmiştir.

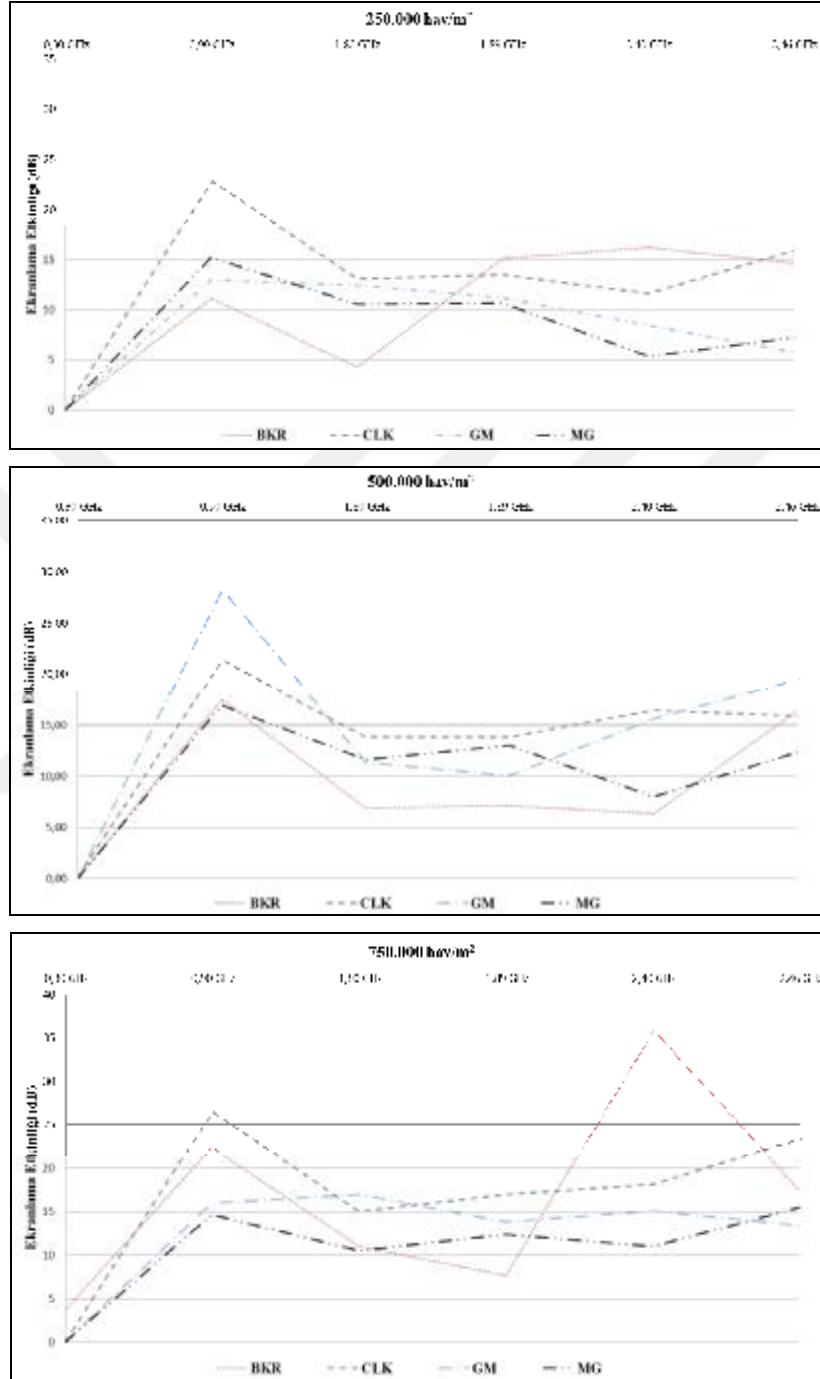


Şekil 4.18. HC konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.18 incelendiğinde farklı metal kompozit içeren halı numunelerinin maksimum ekranlama değerlerine 0,90 GHz seviyesinde ulaştığı görülmektedir. Grafikte 0,30 GHz dışındaki ekranlama etkinliği değerlerinin TFF' nin günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği derecelendirmesine göre değerlendirildiğinde İyi, Çok iyi ve Mükemmel sınıflarına girdiği görülmektedir. Ek olarak 0,90 GHz değerinde en yüksek ekranlama etkinliği bakır kompozit iplik içerikli numunede, belirtilen diğer frekanslar açısından ise çelik kompozit iplik içeren numunede sağlandığı görülmektedir. 0,3 GHz frekansında ölçülen ekranlama etkinliği tüm numuneler için 0 ve 0' a yakın çıkmıştır. Bu durum, azalan frekans değeri ile dalga boyunun artması sonucunda numune boyutlarının bu frekans seviyesinde ölçüm için yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.6.2. Metallerin 1X1C Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması

1x1C zemin konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluğuna sahip gümüş, metalize gümüş, bakır ve çelik kompozit iplik kullanılan numuneler için değişen frekans değerlerindeki çözgü yönü ekranlama etkinliği karşılaştırma grafikleri Şekil 4.19' da topluca verilmiştir.

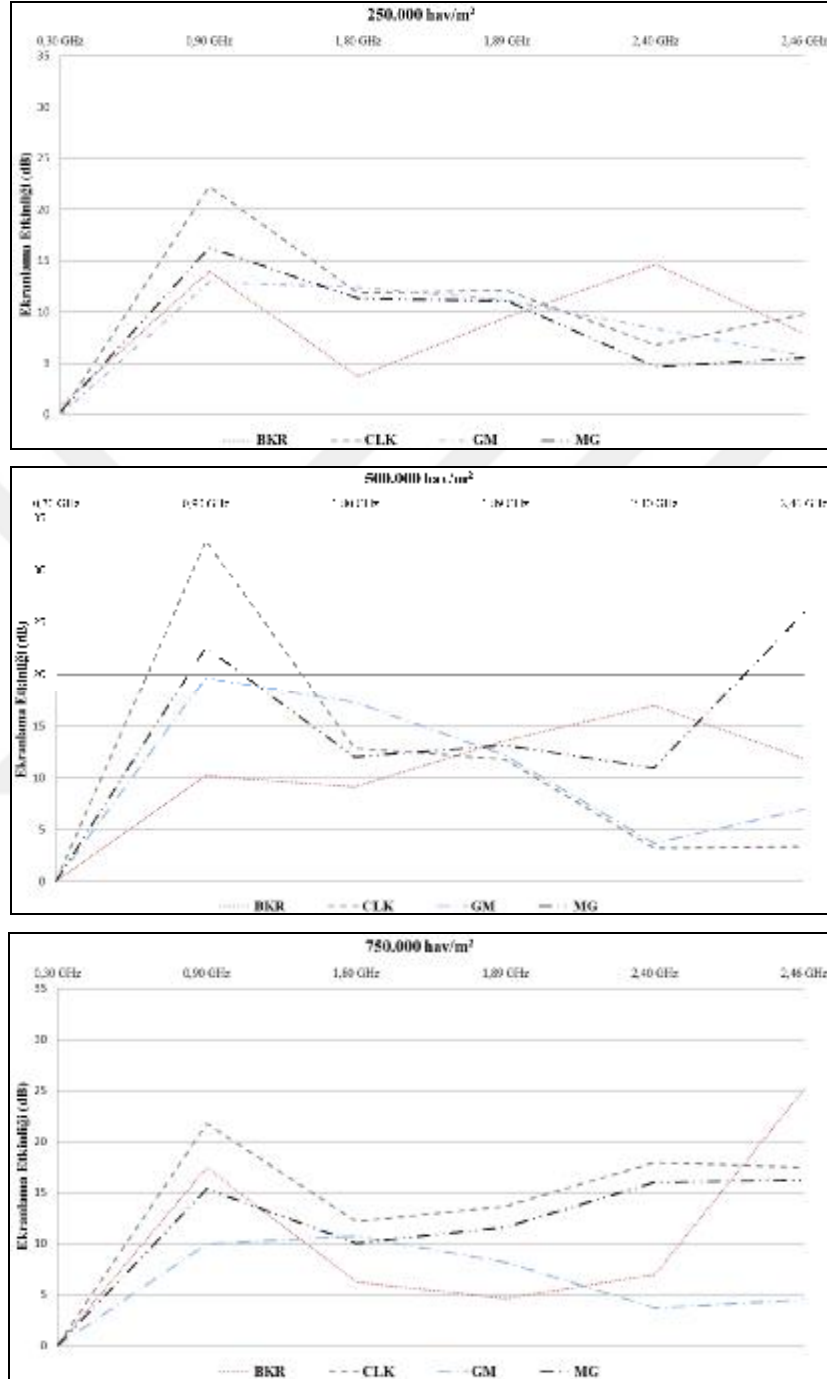


Şekil 4.19. 1x1C konstrüksiyonu için çözgü yönlü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.19 incelendiğinde farklı metal kompozit içeren halı numunelerinin maksimum ekranlama değerlerine farklı frekans seviyelerinde ulaştığı görülmektedir. Grafikteki ekranlama etkinliği değerleri genel kullanım sınıflandırması açısından ele alındığında numunelerin iyi, çok iyi ve mükemmel sınıflarına girdiği görülmektedir (0,30 GHz hariç).

4.3.6.2. Metallerin 1X2C Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması

1x2C zemin konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluğuna sahip gümüş, metalize gümüş, bakır ve çelik kompozit iplik kullanılan numuneler için değişen frekans değerlerindeki çözgü yönü ekranlama etkinliği karşılaştırma grafikleri Şekil 4.20' de topluca verilmiştir.

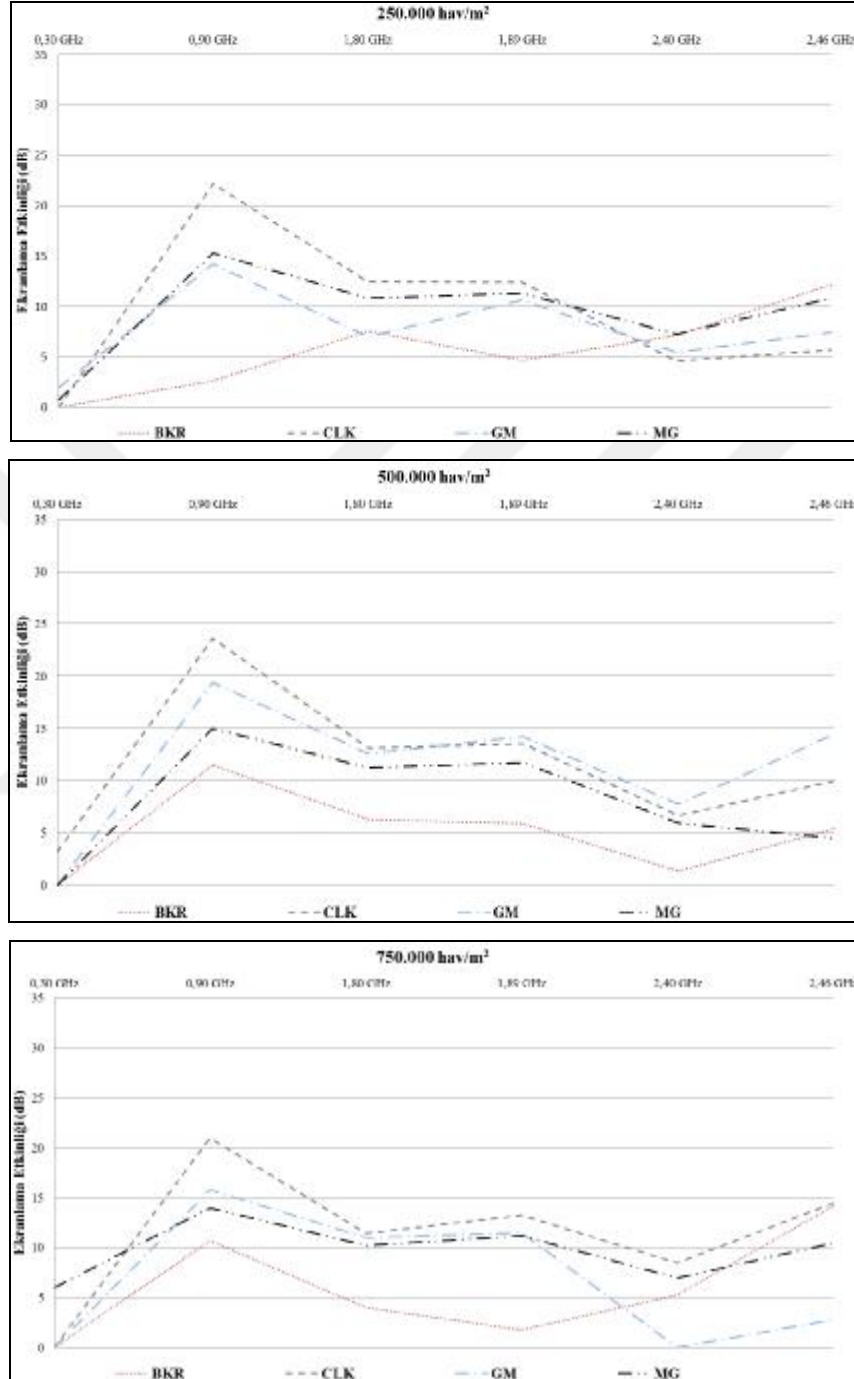


Şekil 4.20. 1x2C konstrüksiyonu için çözgü yönü ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.20 incelendiğinde farklı metal kompozit iplikler içeren halı numunelerinin maksimum ekranlama değerlerine farklı frekans seviyelerinde ulaştığı görülmektedir. Grafikteki değerler frekanslar açısından ele alındığında numunelerin genel olarak düşük frekanslarda daha yüksek ekranlama sağladığı söylenebilir.

4.3.6.2. Metallerin 1X2AC Konstrüksiyonlarının Karşılaştırılması

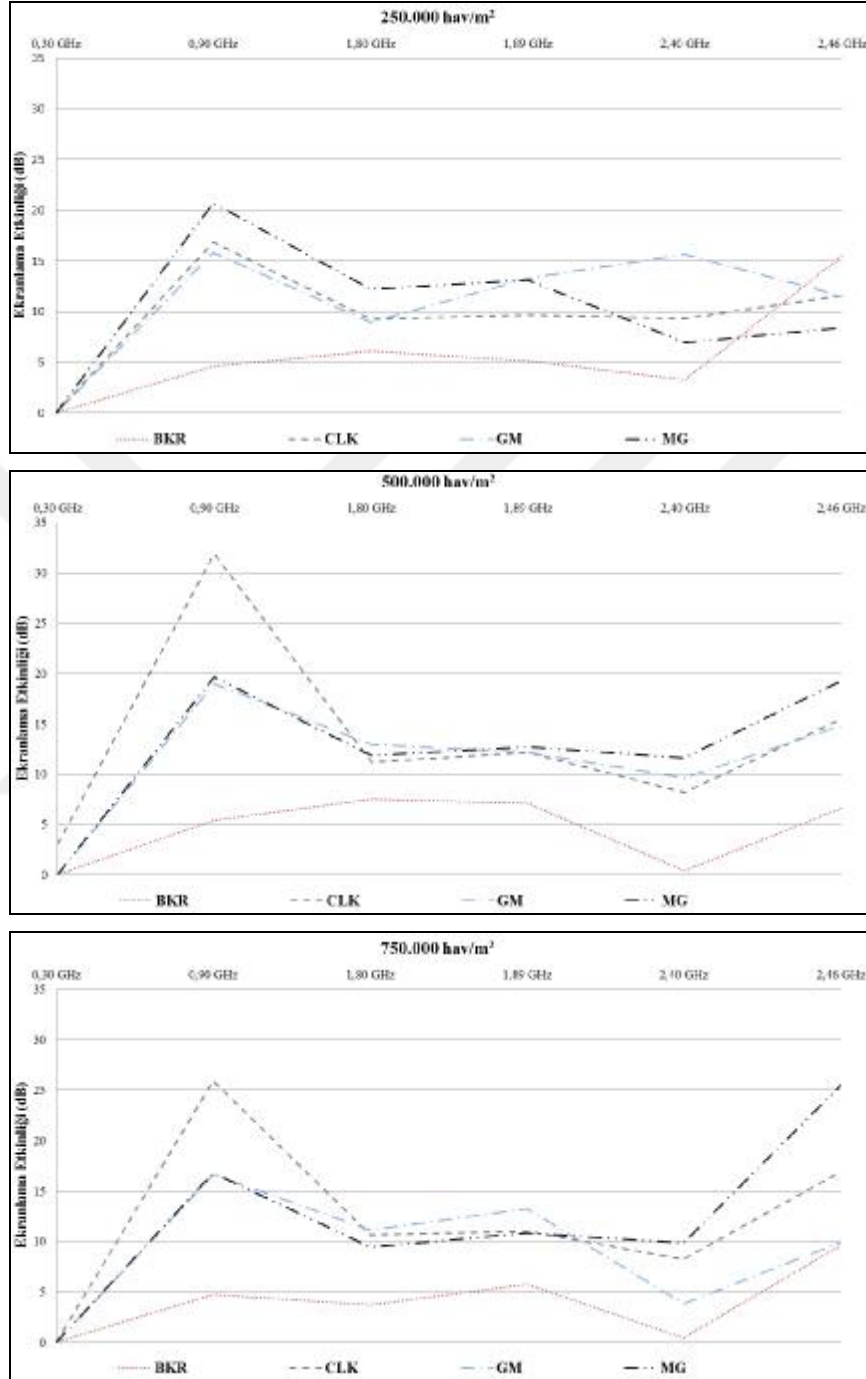
1x2AC zemin konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluğuna sahip gümüş, metalize gümüş, bakır ve çelik kompozit iplik kullanılan numuneler için değişen frekans değerlerindeki çözgü yönü ekranlama etkinliği karşılaştırma grafikleri Şekil 4.21' de topluca verilmiştir.



Şekil 4.21. 1x2AC için çözgü yönündeki ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.21 incelendiğinde farklı metal kompozit iplikler içeren halı numunelerinin maksimum ekranlama değerlerine farklı frekans seviyelerinde ulaştığı görülmektedir. Grafikteki değerler frekanslar açısından ele alındığında numunelerin genel olarak düşük frekanslarda daha yüksek ekranlama sağladığı yüksek frekanslarda ekranlama etkinliğinin düşüş eğilimi gösterdiği söylenebilir.

1x2AC zemin konstrüksiyonunda farklı hav yoğunluğuna sahip gümüş, metalize gümüş, bakır ve çelik kompozit iplik kullanılan numuneler ait atkı doğrultusundaki ekranlama etkinliği karşılaştırma grafikleri Şekil 4.22' de verilmiştir.



Şekil 4.22. 1x2AC için atkı yönündeki ekranlama etkinliği-frekans grafiği

Şekil 4.22 incelendiğinde farklı metal kompozit iplikler içeren halı numunelerinin maksimum ekranlama değerlerine farklı frekans seviyelerinde ulaştığı görülmektedir.

Doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen elektromanyetik ekranlama testlerine ait sonuçlar genel olarak ele alındığında kullanım yerine en uygun konstrüksiyonun hem atkı hem de çözgü yönünde metal kompozit iplik kullanımı ile elde edilen 1X2AC olduğu söylenebilir. Bu konstrüksiyona sahip numuneler farklı polarizasyona sahip elektromanyetik dalgaları ekranlama potansiyeline sahiptir. Yine test edilen halı numuneleri farklı metal kompozit iplikler açısından değerlendirildiğinde çelik, gümüş, metalize gümüş ve bakır içerikli numunelerin farklı frekans değerlerinde farklı ekranlama etkinliği değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ürünün kullanım yerine göre hangi frekans değeri ön plana çıkıyor ise ona uygun metal türü tercih edilebilir. Hav yoğunluğunun ekranlama etkinliği üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığı standart numunelerinin ekranlama etkinliği sonuçlarından ve ayrıca atkı yönünde metal kompozit iplik içermeyen numunelerin bu doğrultudaki ekranlama etkinliği sonuçlarının birbirine ve sifıra yakın olmasından anlaşılabilir. Buna karşın hav yoğunluğundaki artışın zemindeki ipliklerin pozisyonunu değiştirerek yapıyı sıkılaştırdığı gözlenmiştir. Bu durum genel olarak zemindeki kompozit iplikleri birbirine yaklaştırmakta, boşluklar azalmakta ve böylece birim alandaki metal içeriği artmakta ve sonuç olarak ekranlama etkinliği yükselmektedir. Bu durum literatürde yer alan çalışmanın sonuçları ile de örtüşmektedir (Roh ve ark., 2008). Genel olarak bu eğilim numunelerin birçoğunda 250.000 hav/m² hav yoğunluğundan 500.000 hav/m² hav yoğunluğuna geçişte gözlenmiştir. Ancak hav yoğunluğu 750.000 hav/m² seviyesine ulaştığında söz konusu eğilim birçok numunede devam etmemiştir. Bu durumun sıklığın aşırı derecede artarak metal kompozit iplikleri birbirine çok yaklaştırmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Maliyet Analizi

Numune halı üretiminde farklı konstrüksiyonlarda metal kullanımının ortaya çıkardığı ek maliyetleri tespit etmek amacıyla maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla halı zemininde yer alan tüm ipliklerin numaraları ölçülmüş ve fiili değerler Çizelge 4.84’ de verilmiştir.

Çizelge 4.84. Halı zemin ipliklerinin fiili numaraları

İplik Türü	İplik Numarası (Denye)
Standart zemin ipliği	1638,00
Tekstüre polyester	793,80
Gümüş	107,28
Metalize gümüş	38,07
Bakır	156,51
Çelik	144,00

Farklı metal türleri ve farklı konstrüksiyonlar için m² başına düşen metal filament miktarları tespit edilmiş ve Çizelge 4.85’ de verilmiştir.

Çizelge 4.85. Konstrüksiyonlardaki kompozit iplik adetleri

Konstrüksiyon	Kompozit iplik adedi (adet/m ²)
HC	700
1X1C	350
1X2C	233
1X2AC	467

Çizelge 4.84 ve 4.85’ deki veriler kullanılarak 1 m² halının içerdiği metal ve metalize filament miktarları gram olarak tespit edilmiş olup değerler Çizelge 86’ da verilmiştir.

Çizelge 4.86. İplik ağırlıkları

Konstrüksiyon	İplik Ağırlıkları (g/m ²)			
	GM	MG	BKR	CLK
HC	8,34	2,96	12,17	11,20
1X1C	4,17	1,48	6,09	5,60
1X2C	2,78	0,99	4,05	3,73
1X2AC	5,57	1,98	8,12	7,47

İpliklere ait numaralar kullanılarak farklı konstrüksiyonlar için metal ve metalize filamentlerin zemin kumaşındaki miktarları yüzde olarak hesaplanmış sonuçlar Çizelge 4.87' de verilmiştir.

Çizelge 4.87. Zemin kumaşında Metal/Metalize Filament Oranları

Konstrüksiyon	Metal/Metalize Filament Oranı (%)			
	GM	MG	BKR	CLK
HC	4,23	1,54	6,05	5,5
1X1C	1,84	0,66	2,67	2,46
1X2C	1,18	0,42	1,71	1,58
1X2AC	2,57	0,93	3,70	3,42

Zeminde metal ve metalize filament kullanımından dolayı ortaya çıkan ek maliyetler güncel filament fiyatları üzerinden hesaplanmış sonuçlar Çizelge 4.88' de verilmiştir.

Çizelge 4.88. Ek maliyetler

Konstrüksiyon	Ek Maliyetler (Dolar/m ²)			
	GM	MG	BKR	CLK
HC	0,54	1,00	0,67	0,62
1X1C	0,27	0,50	0,33	0,31
1X2C	0,18	0,33	0,22	0,21
1X2AC	0,36	0,67	0,45	0,41

Sonuçları fayda-maliyet ilişkisi açısından değerlendirildiğinde zeminde kullanılan metal / metalize filamentlerin halı m² fiyatı üzerinde meydana getirdiği ek maliyetlerin bu filamentlerin en yoğun kullandığı HC konstrüksiyonunda bile kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Ek maliyetlerin en yüksek olduğu metalize gümüşün HC konstrüksiyonunda kullanıldığı durum için bile m² başına ek maliyet 1 \$ seviyesini aşmamıştır. Buradan yola çıkarak sonraki çalışmalarda metal ve metalize filamentlerin daha fazla miktarlarda kullanılarak elde edilen fonksiyonların daha üst seviyelere taşınması mümkün görünmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ülkemiz dünya halı ticaretinin önemli aktörlerinden biridir. Güncel ihracat verileri özellikle Tuftel halılara olan ilginin son yıllarda önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Halılarda kullanım alanlarında öne çıkan sorunların başında statik elektriklenme ve halının partikül tutması sebebiyle mikroorganizmaların gelişmesine ortam hazırlaması sayılabilir. Tüm bu problemlerin önüne geçmek amacıyla planlanan çalışma kapsamında metal ve metalize (gümüş, metalize gümüş polyamid, bakır ve paslanmaz çelik) filamentlerin halı zemininde kullanımı ile antimikrobiyal (antibakteriyel ve antimantar) özelliklerin ve bunlara ilave olarak antistatik özelliklerin halılara kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca metallerin kullanımı ile halılara elektromanyetik ekranlama fonksiyonunun da kazandırılacağı düşünülmüştür. Böylece halı sektöründe mevcut olmayan bu özelliğin kazandırılmasıyla halılara yeni kullanım alanları oluşturulabilmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen doktora çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Antimikrobiyal Özelliklerin Değerlendirilmesi

Üretilen halı numunelerin *Staphylococcus aureus* ve *Klebsiella Pneumoniae* bakterine karşı antibakteriyel aktivite seviyelerinin tespiti için “AATCC 100-2004: Antibacterial finishes on textile materials: assessment of textile materials” isimli standart esas alınarak testler gerçekleştirilmiştir. Antifungal aktivite tespiti için ise “AATCC 30, Antifungal Activity on Textile Material” standardı esas alınarak halılarda en çok görülen ve insan sağlığına zararlı bir tür olan *Aspergillus Niger* mantarına karşı Antifungal aktivite testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Ø Genel olarak değerlendirildiğinde metalize gümüş kompozit ipliğin daha seyrek kullanıldığı konstrüksiyonlarda bile Staphylococcus Aureus türüne karşı yüksek antibakteriyel etki sağladığı görülmüştür. Bakır kompozit ipliklerin kullanıldığı numunelerde ise HC konstrüksiyonunda çok yüksek antibakteriyel aktivite görülmüştür.
- Ø Klebsiella Pneumoniae türüne karşı antibakteriyel aktivite sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise bakır kompozit ipliğin seyrek kullanıldığı konstrüksiyonlarda bile yüksek etki sağladığı görülmüştür. Metalize gümüş kompozit ipliğin en seyrek konstrüksiyonlarda kullanıldığı numunelerde dahi antibakteriyel aktivite seviyesi % 73 değerinin üzerine çıkmıştır.
- Ø Antifungal aktivite sonuçları numunelerde sadece tüm çözümlerde bakır kompozit iplik kullanıldığında Aspergillus Niger türüne karşı antifungal aktivite sağlanabildiğini göstermiştir. Diğer konstrüksiyonlarda ise kullanılan metal kompozit iplik miktarlarının bu etki için yetersiz kaldığı ayrıca yapıda metal kompozit iplikler arasında boşluklar arttıkça mantarın üreyebileceği alanlar bulunduğu gözlenmiştir. Tez öncesinde yapılan ön deneme çalışmalarında 90 denye/ 30 filament metalize gümüş filament kullanılarak HC kodlu numunelerde antifungal etki sağlanabilmesine karşın tez kapsamında kullanılan metalize gümüş filament 38 denye/10 filament olduğundan antifungal etki gözlenememiştir.

Antistatik Özelliklerin Değerlendirilmesi

Üretilen halı numunelerin statik elektriklenme seviyelerinin tespiti için “TS EN 1149-1:2006 Koruyucu giyecekler-Elektrostatik özellikler-Bölüm 1: Yüzey öz direnci” isimli standart esas alınarak testler gerçekleştirilmiştir. Testlerde numunelerin elektriksel dirençleri hem yüzeyde (surface resistance) hem de

kalınlık doğrultusunda (volume resistance) ölçülmüştür. Elde edilen test sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve aşağıda özetlenmiştir.

- Ø Hav yoğunluğundaki değişimin diğer faktörlerden bağımsız olarak değerlendirilebilmesi amacıyla bu kapsamda sadece aynı zemin konstrüksiyonuna sahip standart halı numuneleri incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler hav yoğunluğundaki değişimin hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinde anlamlı bir değişiklik meydana getirmediğini ortaya koymuştur.
- Ø Zeminde metal ve metalize filametleri içeren numuneler açısından değerlendirildiğinde ise zemin yapısında metal kompozit iplik kullanımının yüzey özdirencini ve hacimsel direnci standart halı numunelerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü tespit edilmiştir.
- Ø Farklı metal türleri açısından bakıldığında ise doğası gereği bakır ve çeliğe göre daha yüksek iletkenliğe sahip gümüşün bu özelliğinin numunelere de yansıdığı görülmüş ve hacimsel direnç ve yüzey özdirenci değerlerinin küçükten büyüğe doğru $GM < MG < BKR < CLK$ şeklinde değiştiği tespit edilmiştir.

Elektromanyetik Ekranlama Özelliğinin Değerlendirilmesi

Üretilen halı numunelerin elektromanyetik ekranlama etkinliği testleri “Serbest Uzay Ölçüm Metodu” ile Schwarzbeck marka, lineer polarizasyonlu, huni tip, geniş frekanslı, çift çıkıntılı alıcı ve verici antenler (Double Ridged Broadband Horn Antenna) kullanılarak, 0.8 - 5.2 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Ø Doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen elektromanyetik ekranlama testlerine ait sonuçlar genel olarak ele alındığında kullanım yerine en

uygun konstrüksiyonun hem atkı hem de çözümlü metal kompozit iplik kullanımı ile elde edilen 1X2AC olduğu görülmüştür. Bu konstrüksiyona sahip numunelerin farklı polarizasyona sahip elektromanyetik dalgaları ekranlama potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

- Ø Halı numuneleri farklı metal kompozit iplikler açısından değerlendirildiğinde çelik, gümüş, metalize gümüş ve bakır içerikli numunelerin farklı frekans değerlerinde farklı ekranlama etkinliği değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ürünün kullanım yerine göre hangi frekans değeri ön plana çıkıyor ise ona uygun metal türünün tercih edilmesi gerektiği belirlenmiştir.
- Ø Standart numunelerin ve atkı yönünde metal kompozit içermeyen numunelerin bu doğrultudaki ekranlama etkinliği sonuçlarının birbirine ve sifıra yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu numunelerde hav yoğunluğunun ekranlama etkinliği üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını görülmüştür. Buna karşın hav yoğunluğundaki artışın zemindeki ipliklerin pozisyonunu değiştirerek yapıyı sıkılaştırdığı gözlenmiştir. Bu durumun genel olarak zemindeki kompozit iplikleri birbirine yaklaştırdığı, boşlukları azalttığı ve böylece birim alandaki metal içeriğini arttırdığı ve sonuç olarak ekranlama etkinliğini yükselttiği tespit edilmiştir.
- Ø Genel olarak en yüksek ekranlama etkinliğine 0,9 GHz değerinde ulaşıldığı görülmüştür. 0,3 GHz seviyesinde ekranlama etkinliği değerinin sıfır ve sifıra yakın çıkmasının azalan frekans değeri sonucu artan dalga boyunun etkisi ile kullanılan numune boyutlarının test için yetersiz kalmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır.
- Ø Elde edilen değerler “Tayvan Tekstil Federasyonu” nun (TTF) günlük kullanım için yayınladığı elektromanyetik ekranlama etkinliği

derecelendirmesine göre değerlendirildiğinde “İyi - Çok iyi - Mükemmel” seviyelerinde yer almıştır.

Maliyet Bakımından Değerlendirme

Üretilen numuneler fayda-maliyet ilişkisi açısından değerlendirildiğinde, zeminde kullanılan metal/metalize filamentlerin halı m² fiyatı üzerinde yarattığı ek maliyetlerin, bu filamentlerin en yoğun kullanıldığı numunelerde bile kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir.

5.2. Öneriler

Bu alanda yapılması muhtemel sonraki çalışmalar için öneriler aşağıda verilmiştir.

- Ø Sonraki çalışmalarda metal ve metalize filamentlerin daha fazla miktarlarda kullanımı ile elde edilen fonksiyonların daha üst seviyelere taşınması mümkün görünmektedir.
- Ø Benzer bir çalışma farklı metaller ile farklı numaralarda yapılarak daha genel sonuçlar elde edilebilir.
- Ø Bu çalışmada metal ve metalize filamentler tekstüre polyester filament ile birleştirilerek kompozit iplikler elde edilmişti. Sonraki çalışmalarda kompozit iplik yapısına dahil edilecek metal ve diğer filament sayısı artırılabilir ve bu yapının performansa etkileri araştırılabilir.
- Ø Benzer bir uygulama makine halılarıyla gerçekleştirilebilir. Böylece daha büyük boyutlarda numunelerin üretilmesine ve halıların özellikle antimikrobiyal ve antistatik özelliklerinin kullanım yerinden alınan numuneler üzerinde tespit edilmesine olanak sağlayabilir.



KAYNAKLAR

- Altafim, R. A. C., Fujiwara, J. K., ve Giacometti, J. A., 1997. Electrostatic Characterization of Carpets Using a Corona Triode, IEEE Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Minneapolis, 19-22.
- Ashjaran, A., Ghazi-Saeidi, R., Rashidi, A., & Khajavi, R. A., 2009. Study on the Antimicrobial Finishing of Rodalon on Silken Carpet. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2(1):31-35.
- Balcı, H. ve Babaarslan, O., 2005. Antibakteriyel Bitim İşleminin %100 Pamuklu Kumaş Özelliklerine Etkisi, *Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi*, Gaziantep-Türkiye.
- Bedeloğlu, A., Sunter, N., Yıldırım, B. ve Bozkurt, Y., 2012. Bending And Tensile Properties Of Cotton/Metal Wire Complex Yarns Produced For Electromagnetic Shielding And Conductivity Applications, *The Journal of The Textile Institute*, 103:12, 1304-1311.
- Can, C., Körlü A. ve Ateş M., 2013. Gümüş Yüklü Zeolitlerin Pamuklu Kumaşların Antibakteriyel Bitim İşleminde Kullanımı, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(1):32-37.
- Cheng, K. B., Cheng, T. W., Nadaraj, R. N., Dev, V. G., ve Neelakandan, R., 2006. Electromagnetic shielding effectiveness of the twill copper woven fabrics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25(7): 699-709.
- Cheng, K. B., Lee, M. L., Ramakrishna, S., ve Ueng, T. H. 2001. Electromagnetic shielding effectiveness of stainless steel/polyester woven fabrics. *Textile Research Journal*, 71(1): 42-49.
- Djokic, S., 2008. Treatment Of Various Surfaces With Silver And Its Compounds For Topical Wound Dressings, Catheter And Other Biomedical Applications. *ECS Transactions*, 11(21): 1-12.

- Duran, D., ve Kadoğlu, H., 2012. A Research On Electromagnetic Shielding With Copper Core Yarns, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(4) : 354-359.
- Duran, D., ve Kadoğlu, H., 2015. Electromagnetic shielding characterization of conductive woven fabrics produced with silver-containing yarns, *Textile Research Journal*, 85(10): 1009-1021.
- Franci, G., Falanga, A., Galdiero, S., Palomba, L., Rai, M., Morelli, G., ve Galdiero, M., 2015. Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. *Molecules*, 20(5): 8856-8874.
- Groop, E. E., Nowicki, A. W., Calle, C. I., Buhler, C. R., ve Mantovani, J. G., 2003. Comparison of surface resistivity and triboelectric charge generation characteristics of materials. *In Proceedings of the 40th Space Congress*, 6:1-6.
- Gutarowska, B. ve Michalski, A., 2012. Microbial Degradation of Woven Fabrics and Protection Against Biodegradation, *Woven Fabrics*, May/ 267-296.
- Han, E. G., Kim, E. A., & Oh, K. W., 2001. Electromagnetic interference shielding effectiveness of electroless Cu-plated PET fabrics. *Synthetic Metals*, 123(3): 469-476.
- Hebeish, A., El-Naggar, M. E., Fouda, M. M. G., Ramadan, M. A., Al-Deyab, S. S. and El-Rafie, M. H., 2011. Highly Effective Antibacterial Textiles Containing Green Synthesized Silver Nanoparticles, *Carbohydrate Polymers*, 86: 936– 940.
- Hemaks, 2009. Hemaks Marka HMX114 Model Puntalama Makinesi Kataloğu.
- Huang, C. F., Chiang, H. J., Lan, W. C., Chou, H. H., Ou, K. L., ve Yu, C. H., 2011. Development Of Silver-Containing Austenite Antibacterial Stainless Steels For Biomedical Applications Part I: Microstructure Characteristics, Mechanical Properties And Antibacterial Mechanisms, *Biofouling*, 27(5): 449-457.
- İHİB, 2017. Halı Sektörü 2017 Ocak Ayı İhracat Performansı Raporu.

- İHİB, 2015. Dünya Halı Ticareti Raporu.
- İnce Başarır, F., 2013. Elektronik İmalat Aşamasında Güvenlik, Statik Elektriğe Karşı Önlemler, *TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 447: 42-44.
- Jeong, S. H., Yeo, S. Y., YI, S. C., 2005. The Effect Of Filler Particle Size On The Antibacterial Properties Of Compounded Polymer/Silver Fibers, *Journal Of Materials Science, Polymer Fibres*, 40: 5407–5411.
- Jiang, S., Newton, E., Yuen, C. M. and Kan, C., 2007. Application of Chemical Silver Plating on Polyester and Cotton Blended Fabric, *Textile Research Journal*, 2:77-85.
- 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.
- Kessler, L. ve Fisher, W. K., 1997. A Study Of The Electrostatic Behavior Of Carpets Containing Conductive Yarns, *Journal Of Electrostatics*, 39: 253-275.
- Khajavi, R., Sattari, M., & Ashjarian, A. 2007. The antimicrobial effect of benzalkonium chloride on some pathogenic microbes observed on fibers of acrylic carpet. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 10(4), 598-601.
- Kılıç, G., ve Örtlek, H. G., 2008. Elektromanyetik Radyasyona Karşı Koruyucu Tekstillere Ekranlama Etkinliği (SE) Ölçüm Yöntemleri, *Tekstil ve Mühendis*, 15(72).
- Kim J. S. ve ark., 2007. Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles, *Nano Medicine Journal*, 3: 95-101.
- Körpınar, M. A., 2000. İnsan Üzerinde Biriktirilen Elektrostatik Yüklerin Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 31(4): 1-5.

- Lai, K., Sun, R. J., Chen, M. Y., Wu, H., ve Zha, A. X., 2007. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Fabrics with Metallized Polyester Filaments. *Textile Research Journal*, 77(4): 242-246.
- Lee, D., Cohen, R. E. ve Rubner, M. F., 2005. Antibacterial Properties of Ag Nanoparticle Loaded Multilayers and Formation of Magnetically Directed Antibacterial Microparticles, *Langmuir*, 21: 9651-9659.
- Lee H. J., Yeo S. Y., Jeong S. H., 2003. Antibacterial Effect Of Nanosized Silver Colloidal Solution On Textile Fabrics, *Journal Of Materials Science*, 38: 2199 – 2204.
- Leonas, K. K., 2003. Microorganisms In Carpet, 1-16, Textile Science, University of Georgia.
- Liao, K. H., Ou, K. L., Cheng, H. C., Lin, C. T., ve Peng, P. W., 2010. Effect Of Silver On Antibacterial Properties Of Stainless Steel. *Applied Surface Science*, 256(11), 3642-3646.
- Maclaga, B., ve Fisher, W. K. 2001. Static dissipation mechanism in carpets containing conductive fibers. *Textile Research Journal*, 71(4): 281-286.
- Mahendra R., Yadav A. ve Gade A., 2009. Silver Nanoparticles As A New Generation Of Antimicrobials, *Biotechnology Advances*, 27: 76-83
- Männer J. ve ark., 2011, Tencel - New cellulose Fibers For Carpets, *Lenzinger Berichte*, 89: 60-71.
- Merck Manuals 1, <http://www.merckmanuals.com/home/infections/bacterial-infections/staphylococcus-aureus-infections>, SZT: Nisan, 2017.
- Merck Manuals 2, <http://www.merckmanuals.com/home/infections/bacterial-infections/klebsiella-,enterobacter-,and-serratia-infections>, SZT: Nisan, 2017.
- Messina J., 2009. AT&T Electrostatic discharge control, 2: 1-21.
- Microbe investigations, 2017, <https://www.microbe-investigations.com/testing-methods/aatcc-100>, SZT: Nisan, 2017.

- Montazer, M., Hajimirzababa, H., Rahimi, M. K., Alibakhshi, S., 2012. Durable Anti-bacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4(93):96-101.
- Nakashima T., Sakagami Y., Ito h. ve Matsuo M., 2001. Antibacterial Activity of Cellulose Fabrics Modified with Metallic Salts, *Textile Research Journal*, 71(8): 688-694.
- Ono, H., Ohsawa, A., ve Tabata Y., 2003. New Method for Evaluating Antistatic Effect in Floor Coverings, *Journal Of Electrostatics*, 57: 355-362.
- Orhun Ö., ve Tanışlı M., 1998. Ünite 11 Elektromagnetik Dalgalar, Anadolu Üniversitesi, 177-194.
- Örtlek, H. G., Saracoglu, O. G., Saritas, O. ve Bilgin, S., 2012. Electromagnetic Shielding Characteristics of Woven Fabrics Made of Hybrid Yarns Containing Metal Wire, *Fibers and Polymers*, 13(1): 63-67.
- Özyüzer, L., Meriç, Z., Selamet, Y., Kutlu, B., ve Cireli, A., 2010. Mıknatıssal Saçırma Sistemi İle Metal Kaplanan Polipropilen Liflerin Antistatik ve Antibakteriyel Özellikleri, *Tekstil ve Mühendis*, 17(78): 1-5.
- Palamutçu S., ve Dağ E., 2009. Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1): 87-101.
- Perumalraj, R., ve Dasaradan, B. S., 2009. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Core Yarn Knitted Fabrics. *Indian journal of fibre & textile research*, 34(2): 149.
- Rai M., Yadav A., Gade A., 2009. Silver Nanoparticles As A New Generation Of Antimicrobials, *Biotechnology Advances*, 27:76-8.
- Roh, J. S., Chi, Y. S., Kang, T. J., ve Nam, S. W., 2008. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, *Textile Research Journal*, 78(9): 825-835.

- Roh, J. S., Chi, Y. S., Kang, T. J., ve Nam, S. W., 2008. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, *Textile Research Journal*, 78(9), 825-835.
- Sharifahmadian O., Salimijazi H.R., Fathi M.H., Mostaghimi J., Pershin L., 2013. Relationship Between Surface Properties And Antibacterial Behavior Of Wire Arc Spray Copper Coatings, *Surface & Coatings Technology*, Jan/1-26.
- Stockhausen, D. ve Peppmoeller, R., 1981. Antistatic Agents for Coating The Backing Of Carpets And Other Flat Textile Articles, US Patent US4256800.
- Su, C. I., ve Chern, J. T., 2004. Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, *Textile Research Journal*, 74(1): 51-54.
- The Carpet And Rug Institute. 2016, <http://www.carpet-rug.org/commercial-customers/commercial-benefits-of-carpets-and-rugs.cfm>, SZT: Kasım, 2016.
- The Carpet And Rug Institute. 2017, <http://www.carpet-rug.org/carpet-and-rug-construction-business.html>, SZT: Nisan, 2017.
- Topp, K., Haase, H., Degen, C., Illing, G., ve Mahltig, B., 2014. Coatings With Metallic Effect Pigments For Antimicrobial and Conductive Coating of Textiles With Electromagnetic Shielding Properties, *Journal of Coatings Technology and Research*, 11(6): 943-957.
- Türksoy, E. S., Üstüntağ, S., Sarıtaş, Ö., ve Saraçoğlu, Ö. G., 2015. Tekstil Malzemelerinin Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliği Ölçümünde Yenilikçi Bir Test Aparatı, *Tekstil ve Mühendis*, 22(99): 15-26.
- Uyanık, S., 2012. Makine halısı üretimi, Öncü Basımevi, Ankara
- Üreyen, M. E., Çavdar, A., Koparalı, A. S., Doğan, A., 2008. Yeni Geliştirilen Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasalı ve Bu Kimyasal İle İşlem Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 15(69): 26-31.

- Üreyen, M. E., Gök, Ö., Ates, M., Günkaya, G., ve Süzer, Ş., 2010. Gümüş Katkılı Lif/Pamuk Karışımından Üretilen Kumaşların Gümüş İçeriklerinin ve Antibakteriyel Aktivitelerinin Belirlenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2:137-144.
- Wiğckowski, T. W., ve Janukiewicz, J. M., 2006. Methods for evaluating the shielding effectiveness of textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 5(59): 18-22.
- Zamanian, A., ve Hardiman, C., 2005. Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. *High Frequency Electronics*, 4(3): 16-26.



ÖZGEÇMİŞ

14/01/1986 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği bölümüne başladı. 2005 yılında Endüstri Mühendisliği Bölümünde Çift Anadal Programına kabul edildi. Her iki bölümden de 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2011 yılında tamamladı. Aynı yıl aynı Anabilim Dalı'nda doktora çalışmasına başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.