

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK KORUMA ETKİNLİĞİNE SAHİP ATKILI
ÖRME KUMAŞ VE KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Devrim DEMİRAY SOYASLAN

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI
ISPARTA-2009

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda
oybirliği ile DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA (İmza)
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye: Yrd. Doç. Dr. Selcuk CÖMLEKÇİ (Danışman) (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Elektronik Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Halil Turgut ŞAHİN (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Üye: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mehmet DAYIK (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü

ONAY

Bu tez 11/03/2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

.../.../2009

Prof. Dr. Mustafa KUŞÇU
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Örme ile İlgili Temel Bilgiler	2
1.1.1. Örmecilikte Temel Kavramlar	2
1.1.2. Atkılı Örme Üretim Tekniği ve Makineleri	9
1.1.3. Temel Atkılı Örme Yapıları	12
1.1.4. Atkılı Örme Tekniğinin Teknik Tekstillerdeki Kullanım Alanları	16
1.1.5. Atkılı Örme Tekniği ile Üretilen Teknik Tekstil Örme Yapıları	21
1.2. Kompozit Malzemeler ile İlgili Temel Bilgiler	27
1.2.1. Kompozit Malzemelerin Özellikleri	28
1.2.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları	29
1.2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	30
1.2.3.1. Yapısal Bileşenlere Göre Sınıflandırma	30
1.2.3.2. Takviye Elemanına Göre Sınıflandırma	31
1.2.3.3. Matriks Fazına Göre Sınıflandırma	31
1.3. Elektromanyetik Alan Teorisi	33
1.3.1. Elektromanyetik Dalgaların Yayınımı	33
1.3.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)	33
1.3.3. Desibel Tanımı	35
1.3.4. Ekranlama Teorisi	39
1.3.5. Elektromanyetik Koruma Etkinliği Ölçüm Prensipleri	43
1.3.5.1. Levha-Plaka Ölçüm Tekniğine Göre Test Metotları ve Standartları	46
1.3.5.2. Kapalı Kafes Ölçüm Tekniğine (Enclosure Measurement) Göre Test Metotları ve Standartları	52
2. KAYNAK ÖZETLERİ	55

3. MATERYAL VE YÖNTEM	62
3.1. Materyal	62
3.2. Yöntem	75
3.2.1. İletken İpliklerin Elde Edilmesi	75
3.2.2. Kumaş Numunelerinin Örülmesi	76
3.2.3. Kompozit Numunelerin Elde Edilmesi	77
3.2.4. Numunelere Elektromanyetik Koruma Etkinliği Testlerinin Uygulanması	78
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	81
4.1. Kumaşlarda Elektromanyetik Koruma Etkinliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi	81
4.1.1. Kumaşlarda Örgü Yapısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	90
4.1.2. Kumaşlarda İletken Miktarının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	97
4.1.3. Kumaşlarda Sıklığın Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	99
4.2. İletken Kompozitlerde Elektromanyetik Koruma Etkinliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi	101
4.2.1. Kompozitlerde Örgü Yapısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	104
4.2.2. Kompozitlerde Kumaş Kat Adedinin Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	113
4.2.3. Kompozitlerde Laminasyon Açısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	114
4.2.4. Kompozitlerde İletken Tel Adedinin Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi	115
5. SONUÇ	118
KAYNAKLAR	122
ÖZGEÇMİŞ	127

ÖZET

Doktora Tezi

ELEKTROMANYETİK KORUMA ETKİNLİĞİNE SAHİP ATKILI ÖRME KUMAŞ VE KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Devrim DEMİRAY SOYASLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Anabilim Dalı

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Selcuk CÖMLEKCİ (Danışman)
Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA
Doç. Dr. Halil Turgut ŞAHİN
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DAYIK

Bu çalışmada atkılı örme tekniği kullanılarak en etkin elektromanyetik korumayı sağlayacak kumaş ve kompozit yapıların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, elektromanyetik koruma sağlayacak kumaşlar iki farklı amaç için üretilmiştir. Birincisi, elektromanyetik alana maruz kalan kişiyi koruyacak giysilik kumaşlar, ikincisi ise endüstriyel kullanımlar için kompozit oluşturmaya yönelik kumaşlardır. Giysilik kumaşların oluşumunda pamuk ipliği ve bakır tel, kompozit kumaşların oluşumunda ise aramid, polipropilen (PP) ve bakır tel kullanılmıştır. İletken iplikler, iplik katlama makinesinde oluşturulmuşlardır. İletken iplikler, 7E incelikli düz örme makinesinde örülerek örme kumaşlar elde edilmiştir. Kompozit numuneler, laboratuvar tipi sıcak pres kullanılarak elde edilmiştir. Tüm numunelerin elektromanyetik koruma etkinlikleri, ASTM D 4935 dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneği kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler 27-3000 MHz frekans aralığında yapılmıştır.

Numunelerin elektromanyetik koruma performanslarının belirlenmesine yönelik olarak, giysilik kumaşlarda; örgü yapısı, ilmek sıklığı, kullanılan iletken miktarı ve kompozitlerde; örgü yapısı, kumaş kat adedi, laminasyon açısı ve iletken miktarı parametreleri incelenmiştir. Bu parametrelerin belirlenmesinde kaynak araştırmasından yararlanılmıştır. Örülen kumaşlar; farklı denemeler için düz örgü, atkı yatırımlı düz örgü, 1x1 rib örgü, atkı yatırımlı 1x1 rib örgü, yarım selanik örgü, çift çelik örgü, yatak kaydırmalı örgü, boşluklu örgü ve atkı yatırımlı boşluklu örgü olmak üzere dokuz farklı yapıdan oluşmuşlardır.

İletken örme kumaşlarda 10 dB'den az, kompozitlerde ise 10-50 dB arasında EMKE değerleri elde edilmiştir. Atkılı örme kumaş destekli kompozit yapıların, EM korumaya yönelik uygulamalar için kullanılabilir değerlere sahip oldukları anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik koruma etkinliği, elektromanyetik koruyucu kumaşlar, örme kumaş destekli kompozitler, atkılı örme boşluklu yapılar, iletken iplik.

2009, 127 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DEVELOPING OF WEFT-KNTTED FABRIC AND COMPOSITE STRUCTURES THAT HAVE ELECTROMAGNETIC SHIELDING EFFECTIVENESS

Devrim DEMİRAY SOYASLAN

**Suleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Textile Engineering**

Thesis Committee: Asst.Prof. Selcuk CÖMLEKÇİ (Supervisor)
Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA
Assoc. Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN
Asst. Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Asst. Prof. Dr. Mehmet DAYIK

In this thesis study, it is aimed to create fabric and composites with improved effective electromagnetic protection by using weft knitting technique.

Fabrics were produced for two different purposes. The first one is conductive garment fabrics which will protect the person who will be exposed to certain frequency band of electromagnetic fields, the second one is conductive fabrics which aim at forming composites for industrial uses. While the garment fabrics were composed of cotton/copper conductive yarns and composite fabrics were composed of aramid/polipropilen/copper conductive yarn. To form the knitted fabrics, 7G semi-automatic flat knitting machine was used. The composites were formed by a laboratory type hot press. Electromagnetic shielding effectiveness (EMSE) of garment fabrics and composites were tested by using ASTM D 4935 coaxial test fixture in 27-3000 MHz frequency band.

Fabric construction, conductive content, loop density in knitted fabrics and lamination angle and ply number parameters in composite structures were examined related to EMSE of structures. For this study, nine different structures were knitted named as; plain knitting, weft in-laid plain knitting, 1x1 rib, weft in-laid 1x1 rib, half cardigan, milano, spacer knitting and weft in-laid spacer knitting.

Fabric samples have lower than 10 dB EMSE composites have 10-50 dB EMSE values. It was determined that weft knitted reinforced composite structures have appropriate and high EMSE values for electromagnetic applications.

Key Words: Electromagnetic shielding, electromagnetic shielding fabrics, knitted-fabric reinforced composite structures, weft-knitted spacer structures, conductive yarn.

2009, 127 sayfa

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Gelişmiş ülkeler, üretimlerini hazır giyim ürünlerinden teknik tekstil ürünlerine doğru kaydırmaktadırlar. Hızla gelişen teknoloji ile birlikte teknik tekstil ürünlerine olan ilgi ve talep her geçen gün artmaktadır. Bu ilginin sebepleri arasında bu ürünlerin sunduğu cazip kullanım özellikleri ve bu ürünlerin düşük maliyetle üretilip çok yüksek fiyatlara satılabilmeleri gelmektedir. Bu noktadan hareketle, bu tez çalışmasında da teknik tekstil alanına giren örme kumaş destekli elektromanyetik koruyucu materyallerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

İletken kumaş ve kumaş destekli kompozit yapıların; yalnızca elektrikli ve elektronik cihazlarda değil, aynı zamanda inşaat, savunma sanayi, uçak sanayi, tıp gibi pek çok alanda da kullanım olanaklarına sahip oldukları bilinmektedir. Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesi sonucunda yukarıda belirtilen alanlarda kullanılabilecek; en etkin elektromanyetik korumayı sağlayan örme yapılar ve bu yapılarla desteklenmiş kompozit yapılar belirlenmiştir. Elektromanyetik girişimleri azaltan örme yapıların üretimi ile ilgili olarak; çok karmaşık, pahalı iplik eğirme sistemlerine ve karmaşık örme makinelerine gerek duyulmaksızın bu ürünlerin üretilebileceği Türk tekstil sanayine gösterilmiştir.

Bu tezin her aşamasında, beni yönlendiren ve destekleyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ'ye ve katkılarını esirgemeyen kıymetli hocam Doç. Dr. Özer GÖKTEPE'ye, maddi, manevi hiçbir desteğini benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu doktora tezi; Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı 1438 D 06 numaralı proje ve TÜBİTAK 107 M 368 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Süleyman Demirel Üniversitesi ve TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Devrim DEMİRAY SOYASLAN

ISPARTA, 2009

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Atkılı örme tekniği (Spencer'dan, 1998)	3
Şekil 1.2. Çözümlü örme tekniği (Spencer'dan, 1998)	3
Şekil 1.3. İlmek şekli (Spencer'dan, 1998).....	4
Şekil 1.4. Düz ve ters ilmek şekilleri (Spencer'dan, 1998)	4
Şekil 1.5. Örmecilikte kullanılan iğne tipleri a) esnek uçlu iğne b) dilli iğne c) sürgülü iğne (Raz'dan, 1993)	5
Şekil 1.6. Dilli iğne ile ilmek oluşumu (Raz'dan, 1993)	5
Şekil 1.7. Bir ilmek sırası (Raz'dan, 1993)	6
Şekil 1.8. Bir ilmek çubuğu (Raz'dan, 1993)	6
Şekil 1.9. İlmek yoğunluğu (Raz'dan, 1993)	7
Şekil 1.10. Rib ve interlok iğne düzenleri	9
Şekil 1.11. Örme makinelerine dair temel bir sınıflandırma (Stoll kataloğu)	9
Şekil 1.12. V yataklı bir düz örme makinesinde kumaş oluşumu (Marmaralı'dan, 1999)	10
Şekil 1.13. Tek yataklı bir yuvarlak örme makinesinde kumaş oluşumu (Spencer'dan, 1998)	11
Şekil 1.14. Yuvarlak yataklı silindir-kapak makinesinde kumaş oluşumu (Spencer'dan, 1998).....	11
Şekil 1.15. Düz örgüye ait ön yüz görüntüsü, ilmek şeması (Raz'dan, 1993)	12
Şekil 1.16. Düz örgüye ait arka yüz görüntüsü, ilmek şeması (Raz'dan, 1993) .	13
Şekil 1.17. Düz örgünün iğne diyagramı ile gösterimi a) düz ilmek (ön yatak) b) ters ilmek (arka yatak) (Raz'dan, 1993).....	13
Şekil 1.18. 1x1 rib yapısının ilmek şeması (Raz'dan, 1993)	14
Şekil 1.19. 1x1 rib yapısına ait iğne diyagramı (Raz'dan, 1993)	15
Şekil 1.20. 1x1 haroşaya ait ön yüz ilmek şeması (Raz'dan, 1993)	16
Şekil 1.21. 1x1 haroşaya ait iğne diyagramı (Raz'dan, 1993)	16
Şekil 1.22. Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan belli başlı örme yapıları (Stoll kataloğu).....	18
Şekil 1.23. Atkılı örme tekniği ile yuvarlak kapak-silindir örme makinesinde hav iplikleri kullanılarak oluşturulan boşluklu bir kumaş yapısı (Anand'dan, 2003)	22
Şekil 1.24. Örölmüş tabakalarla birbirine birleştirilmiş iki ayrı örme kumaş yüzeyinin oluşturduğu bir tekstil yapısı (Stoll kataloğu)	23
Şekil 1.25. Uçak kanatları için boşluklu bir yapı uygulaması (1) kanat kesiti, (2) örölmüş boşluklu yapı, (3) kompozit form (Araujo ve Hong'dan, 2004)	24

Şekil 1.26. Bisiklet tekerlerinde kullanılan üç boyutlu örme bir kumaş (Stoll kataloğu)	24
Şekil 1.27. 90 derece köşeli bir L formu (Stoll kataloğu).....	24
Şekil 1.28. Tıbbi alanda kullanılan dikişsiz sıkıştırma ürünleri (Stoll kataloğu)	25
Şekil 1.29. Düz örme makinesinde üretilmiş dikişsiz spor aktif giysi (Stoll kataloğu)	26
Şekil 1.30. Isıtma elementleri için, elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu olarak ve statik elektriğin dağıtılması amacıyla farklı kullanımlar için metal atkı sermeli bir kumaş (Stoll kataloğu)	27
Şekil 1.31. Şekil 1.31. Örme ağsı metal kumaşlar	27
Şekil 1.32. Yapısal bileşenlerin şekline göre kompozit şekilleri (Şahin'den, 2006)	30
Şekil 1.33. Pozitif z eksenî boyunca yol alan düzlemsel bir elektromanyetik dalgalanın E ve H vektörleri (Lorrain ve Corson'dan, 1970)	33
Şekil 1.34. Elektromanyetik kirlilik kaynakları (Arı ve Özen'den, 2008)	34
Şekil 1.35. dB tanımı için genel devre modeli (Arı ve Özen'den, 2008)	37
Şekil 1.36. Metal ekran modeli (Arı ve Özen'den, 2008)	40
Şekil 1.37. EM radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı (Arı ve Özen'den, 2008)	42
Şekil 1.38. Kaynak mesafesine bağlı olarak yakın ve uzak alan bölgeleri (Arı ve Özen'den, 2008)	42
Şekil 1.39. Levha-plaka ölçüm tekniği (Wilson vd.'den, 1986)	45
Şekil 1.40. ASTM ES-7 Çift odalı test düzeneği (Kinningham ve Yenni'den, 1988)	47
Şekil 1.41. ASTM ES-7 Eşeksenli iletim hattı (Wilson vd.'den, 1988)	47
Şekil 1.42. NBS (National Bureau of Standards) Flanşlı eşeksenli test düzeneği (Kinningham ve Yenni'den, 1988)	49
Şekil 1.43. Modifiye MIL-STD-285 Test metodu (Kinningham ve Yenni'den, 1988)	50
Şekil 1.44. Çift TEM ünitesi (Wilson vd.'den, 1986)	51
Şekil 1.45. ASTM D 4935 dairesel eşeksenli iletim hattı (Ma ve Kanda'dan, 1986).....	52
Şekil 1.46. Enjeksiyon ile kalıplanmış kapalı kafes test düzeneği (Kinningham ve Yenni'den, 1988)	53
Şekil 1.47. IEEE -STD-299 ölçüm düzeneği	54
Şekil 3.1. Düz örgü iğne diyagramı.....	67
Şekil 3.2. Atkı yatırımı düz örgü iğne diyagramı.....	67
Şekil 3.3. 1x1 rib örgü iğne diyagramı.....	67
Şekil 3.4. Atkı yatırımı 1x1 rib örgü iğne diyagramı.....	68
Şekil 3.5. Boşluklu örgü (Spacer) iğne diyagramı.....	68

Şekil 3.6. Atkı yatırımı boşluklu örgü iğne diyagramı.....	68
Şekil 3.7. Yarım selanik örgü iğne diyagramı.....	69
Şekil 3.8.Çift çelik örgü iğne diyagramı.....	69
Şekil 3.9. Yatak kaydırmalı örgü iğne diyagramı.....	69
Şekil 3.10. Düz örgü kumaş görüntüsü.....	70
Şekil 3.11. Atkı yatırımı düz örgü kumaş görüntüsü.....	70
Şekil 3.12. 1x1 rib örgü kumaş görüntüsü.....	71
Şekil 3.13. Atkı yatırımı 1x1 rib örgü kumaş görüntüsü.....	71
Şekil 3.14. Boşluklu örgü kumaş görüntüsü.....	71
Şekil 3.15. Yarım selanik örgü kumaş görüntüsü.....	72
Şekil 3.16. Çift çelik örgü kumaş görüntüsü.....	72
Şekil 3.17. Yatak kaydırmalı örgü kumaş görüntüsü.....	72
Şekil 3.18. SEM’de çekilmiş örme kumaş destekli kompozit numunelere ait yüzey görüntüsü	73
Şekil 3.19. Örme kumaş destekli kompozitlerde ısıya maruz kalan ve kalmayan bölgelerin SEM’de karşılaştırılması	74
Şekil 3.20. Örme kumaşlardaki bakır tel ve ipliklerin SEM’deki görüntüleri ...	74
Şekil 3.21. Kompozit materyallerdeki bakır tel ve ipliklerin yakından görünümü	75
Şekil 3.22. İplik katlama ve büküm makinesi	76
Şekil 3.23. E7 incelikli v-yataklı düz örme makinesi	76
Şekil 3.24. Carver laboratuvar tipi sıcak pres makinesi	77
Şekil 3.25. ASTM D 4935 standardına göre geliştirilmiş dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneği	78
Şekil 3.26. Dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneğinde bulunan numune tutucular	79
Şekil 3.27. ASTM D 4935 standardına göre referans ve gerçek ölçüm numune geometrileri	80
Şekil 4.1. Çelik/polyester düz örme kumaşların elektromanyetik koruma performansları (Cheng, 2000)	83
Şekil 4.2. Giysilik numunelerin hava geçirgenlik değeri grafiği	86
Şekil 4.3. 27-3000 MHz frekans aralığında örme kumaş numunelerinin EMKE dağılımları	87
Şekil 4.4. 27-500 MHz frekans aralığında örme kumaş numunelerinin EMKE dağılımları	88
Şekil 4.5. 27-3000 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri	91
Şekil 4.6. 27-1000 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri	92
Şekil 4.7. 27-500 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10 ve	

G11 numunelerine ait EMKE değerleri	92
Şekil 4.8. 27-1000 MHz frekans aralığında G3 ve G10 numunelerine ait EMKE değerleri	94
Şekil 4.9. 27-3000 MHz frekans aralığında G2 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri	95
Şekil 4.10. 27-500 MHz frekans aralığında G2 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri	95
Şekil 4.11. 27-3000 MHz frekans aralığında G4 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri	96
Şekil 4.12. 27-1000 MHz frekans aralığında G4 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri	96
Şekil 4.13. 27-1000 MHz frekans aralığında G1 ve G2 no'lu numunelere ait EMKE değerleri	97
Şekil 4.14. 27-3000 MHz frekans aralığında G1 ve G2 numunelerine ait EMKE değerleri	98
Şekil 4.15. 27-1000 MHz frekans aralığında G2 ve G8 numunelerine ait EMKE değerleri	99
Şekil 4.16. 27-3000 MHz frekans aralığında G2 ve G8 numunelerine ait EMKE değerleri	99
Şekil 4.17. 27-3000 MHz frekans aralığında G8 ve G9 no'lu numunelere ait EMKE değerleri	100
Şekil 4.18. 27-1000 MHz frekans aralığında G8 ve G9 numunelerine ait EMKE değerleri	100
Şekil 4.19. 27-500 MHz frekans aralığında G8 ve G9 numunelerine ait EMKE değerleri	101
Şekil 4.20. 27-3000 MHz frekans aralığında kompozit numunelerin EMKE dağılımları	103
Şekil 4.21. 27-500 MHz frekans aralığında kompozit numunelerin EMKE dağılımları	104
Şekil 4.22. K1, K2, K3, K4, K5, K6 ve K8 numunelerinin 27-3000 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları	105
Şekil 4.23. K1, K2, K3, K4, K5, K6 ve K8 numunelerinin 27-500 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları	107
Şekil 4.24. K2, K12, K13 ve K14 numunelerinin EMKE dağılımları	108
Şekil 4.25. G3 ve K2 numunelerinin EMKE dağılımları	109
Şekil 4.26. G12 ve K8 numunelerinin EMKE dağılımları	109
Şekil 4.27. G2 ve K1 numunelerinin EMKE dağılımları	110
Şekil 4.28. G4 ve K5 numunelerinin EMKE dağılımları	110
Şekil 4.29. G11 ve K6 numunelerinin EMKE dağılımları	111
Şekil 4.30. G5 ve K3 numunelerinin EMKE dağılımları	111
Şekil 4.31. G7 ve K4 numunelerinin EMKE dağılımları	112
Şekil 4.32. Kumaş numuneleri ve kompozitlerinin karşılaştırılmalı EMKE dağılımları	112

Şekil 4.33. K1, K3, K5, K12, K13, K14 numunelerinin EMKE dağılımları	113
Şekil 4.34. K1, K3, K5, K9, K10, K11 numunelerinin EMKE dağılımları	114
Şekil 4.35. K1 ve K7 numunelerinin EMKE dağılımları	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 1995- 2000 yılları arasında Batı Avrupa’da ki teknik tekstillerin kumaş üretim tekniklerine göre payları (Anand, 2003)	17
Çizelge 1.2. Otomobillerin koltuk döşemelerinde kullanılan başlıca kumaş tiplerinin kullanım oranları (Anand’dan, 2003)	19
Çizelge 1.3. Kompozit malzemelerin kullanım alanları	29
Çizelge 1.4. Bazı kaynakların değişik mesafelerde oluşturdukları elektrik alan şiddetleri (Arı ve Özen’den, 2008)	36
Çizelge 1.5. Bazı elektrikli ev aletlerinin 30 cm yakınında ölçülmüş elektrik alan değerleri(Arı ve Özen’den, 2008)	36
Çizelge 1.6. Bazı elektrikli ev aletlerinin çevrelerinde farklı mesafelerde oluşan manyetik alan şiddetleri (Arı ve Özen’den, 2008)	37
Çizelge 1.7. Bazı materyallerin bağıl iletkenlik değerleri (Ott’dan, 1988)	43
Çizelge 3.1. Örme kumaş ve örme kumaş destekli kompozit üretiminde kullanılmak üzere üretilen iplik özellikleri	63
Çizelge 3.2. Örme kumaş numunelerinin özellikleri	65
Çizelge 3.3. Örme kumaş destekli kompozit numunelerinin özellikleri	66
Çizelge 4.1. Kumaş numunelerine ait EMKE değerleri	82
Çizelge 4.2. Kumaş numunelerine ait hava geçirgenliği değerleri (litre/m2/saniye)	85
Çizelge 4.3. Kompozit numunelere ait EMKE değerleri	103
Çizelge 4.4. Belirli frekanslardaki en etkin EMKE’ne sahip örme kumaş ve kompozit numunelerin frekanslara göre etkinlikleri ve maliyet analizleri	117

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PP	Polipropilen
EMKE	Elektromanyetik koruma etkinliği
EM	Elektromanyetik
KE	Koruma etkinliği
EMU	Elektromanyetik uyumluluk
EMG	Elektromanyetik girişim
dB	Desibel
MHz	Megahertz
R_s	Devre iç direnci
R_y	Devre yük direnci
P_i	Giriş gücü
V_i , R_i	Kuvvetlendirici giriş büyüklükleri
V₀	Çıkış değişkeni
Z	Dalga empedansı
E_t	Elektriksel alan
H_t	Manyetik alan
λ	Dalga boyu
r	Kaynağa olan mesafe
IL	İletim kaybı (Insertion Loss)
T	Güç kaynağı
R	Algılayıcı
P_T	Güç kaynağından yayılan güç
P_R	Antenler arasında ekran yokken algılayıcıya ulaşan güç
P_R¹	Antenler arasında ekran varken algılayıcıya ulaşan güç
P₀	Referans ölçüm sonucu elde edilen güç
P₁	Esas ölçüm sonucu elde edilen güç

1.GİRİŞ

Özellikle son yıllarda ticari, askeri ve tıbbi amaçlarla insan hayatında elektrikli ve elektronik cihazların kullanımı ve elektromanyetik girişimlerin riskleri hızla artmaktadır. Dünya çapında elektromanyetik alanlara maruz kalmaktan dolayı çeşitli hastalıkların potansiyel olarak arttığına dair tartışmalar hala sürmekte ve bu yöndeki çalışmalar artarak devam etmektedir. Ayrıca elektrikli cihazların çalışırken başka cihazları etkilemeleri veya başka cihazlardan etkilenmeleri de EM uyumluluk bakımından önemlidir. Bu nedenle elektromanyetik enerjilere karşı koruma oluşturabilecek uygun materyallere ihtiyaç duyulmakta ve bu materyallerin geliştirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Örme kumaşların esnek olmaları ve iyi enerji absorpsiyon özellikleri göstermeleri, örme kumaş destekli polimer kompozitlerin de esnek ve mekanik dayanımlarının iyi olmasını sağlamaktadır. Ayrıca örme kumaşların diğer kumaş türlerinden farklı olarak şekilli üretilabiliyor olmaları, bu yapıları endüstriyel kullanımlar açısından daha da çekici hale getirmektedir.

Buradan yola çıkarak, bu tez çalışmasında atkılı örme tekniği kullanılarak en etkin elektromanyetik korumayı sağlayacak kumaş ve kompozit yapıların geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, elektromanyetik koruma sağlayacak kumaşlar iki farklı amaç için üretilmiştir. Birincisi, (tıbbi cihazların kullanıldığı uygulamalarda hasta ve cihazı kullanan teknisyeni, radar çalışanlarını v.s) elektromanyetik alana maruz kalan kişiyi koruyacak iletken giysilik kumaşlar, ikincisi ise endüstriyel kullanımlar için (cep telefonu, bilgisayar v.s gibi elektronik cihazların söz konusu materyallerle kaplanarak cihazlardan yayılan elektromanyetik dalgaların etkisini azaltarak, diğer cihazlar için parazit oluşumunu engelleyecek ve alandaki kişilerin daha zayıf bir alana maruz kalmalarını sağlayacak) iletken, kompozit oluşturmaya yönelik kumaşlardır. Giysilik kumaşlar, pamuk ipliği ile iletken bakır telin, bir arada, iplik katlama ve büküm makinesinde katlanması ile elde edilen iletken ipliklerden oluşturulurken, kompozit kumaşlar aramid iplik, PP iplik ve iletken bakır telin bir arada katlama makinesinde katlanması ile oluşan aramid/PP/bakır tel iletken

ipliklerden oluşturulmuştur. İletken iplikler, 7E incelikli yarı otomatik düz örme makinesinde örülerek iletken örme kumaşlar elde edilmiştir.

Örülen kumaşlar; farklı denemeler için düz örgü, atkı yatırımı düz örgü, 1x1 rib örgü, atkı yatırımı 1x1 rib örgü, yarım selanik örgü, çift çelik örgü, yatak kaydırmalı örgü, boşluklu örgü ve atkı yatırımı boşluklu örgü olmak üzere dokuz farklı yapıdan oluşmuşlardır.

Toplam 12 adet örme kumaş numunesinin elektromanyetik koruma etkinlikleri (EMKE) belirlenmiştir. Örme kumaş numuneleri laboratuvar tipi sıcak pres makinesi kullanılarak farklı kat ve laminasyon açılarında preslenerek toplam 14 adet kompozit numune elde edilmiştir.

Elde edilen yapıların elektromanyetik koruma performanslarının belirlenmesi ile ilgili olarak, kumaşlarda; örgü yapısı, ilmek sıklığı, kullanılan iletken miktarı ve kompozitlerde; örgü yapısı, kumaş kat adedi ve laminasyon açısı parametreleri incelenmiştir.

Örme kumaşlar ile örme kumaş destekli kompozit yapıların, elektromanyetik koruma etkinlikleri 27 MHz-3 GHz frekans aralığında ASTM D 4935 standardına uygun dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneği kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma, kapsam açısından örme yapılar, kompozit yapılar ve elektromanyetik konuları bir arada içerdiği için bu bölümün alt bölümlerinde bu konular ile ilgili genel bilgilerin verilmesi uygun görülmüştür.

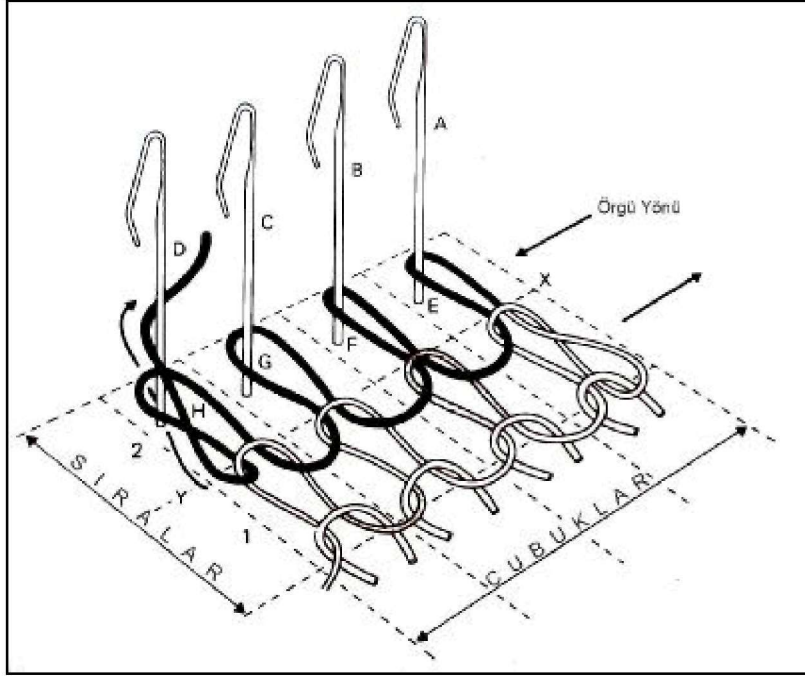
1.1. Örmecilik ile İlgili Temel Bilgiler

1.1.1. Örmecilikte Temel Kavramlar

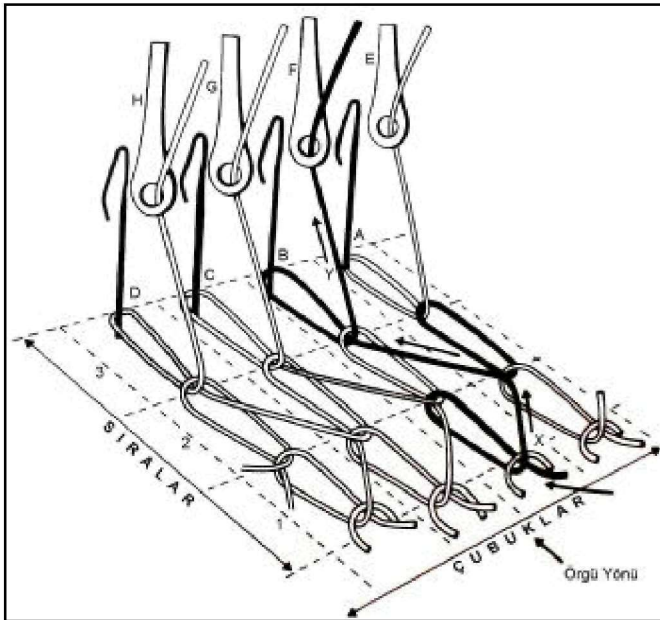
Örmecilik, bir ipliğe özel iğneler yardımıyla ilmek şekli verilmesi ve bu ilmeğin kendinden önceki, sonraki ve yanlarındaki ilmeklerle bağlantı yapması sonucu yüzey oluşturulması yöntemidir (Marmaralı, 2000).

Atkılı örme ve çözgülü örme teknikleri olmak üzere iki tür örme tekniği vardır. Atkılı örme tekniği ile iplikler; kumaş eni boyunca ilmek oluştururken, çözgülü örme

tekniki ile kumaş uzunluğu boyunca ilmek oluştururlar. şekil 1.1’de atkılı örme yapısı, şekil 1.2’de ise bir çözgülı örme yapısı görölmektedir. Bu çalışmada örme kumaş numuneleri, atkılı örme tekniği ile üretildiği için yalnızca atkılı örme ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.



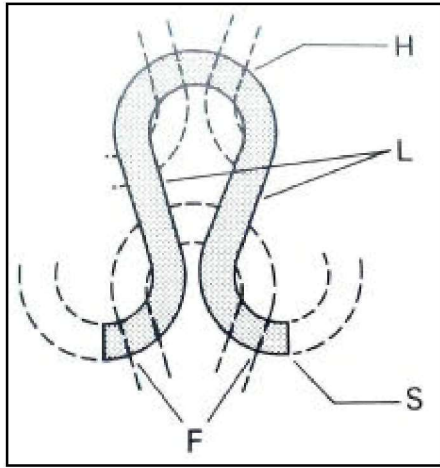
şekil 1. 1. Atkılı örme tekniği (Spencer’dan, 1998)



şekil 1.2. Çözgülı örme tekniği (Spencer’dan, 1998)

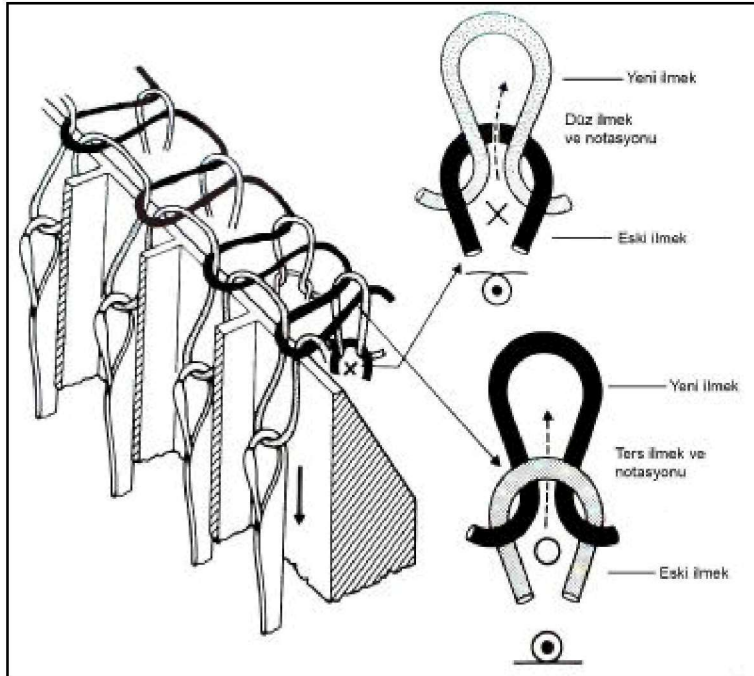
Bu çalışmada sık sık değinilecek temel örme kavramlarından olan ilmek, iğne, sıra, çubuk, makine inceliği ve ilmek yoğunluğu kavramları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

İlmek: Bir örme yüzeyi meydana getiren temel birime ilmek denilir. Bir ilmek; iğne başı, iğne bacakları ve iğne ayakları olmak üzere üç bölümden oluşur. Aşağıda Şekil 1.3’de bir ilmek şekli görülmektedir. Bir ilmeğin ön ya da arka yatakta örülmesi durumuna göre, ön yüz ve arka yüz görüntüleri farklı olmaktadır. Bir ilmeğe ait ön yüz (düz ilmek) ve arka yüz (ters ilmek) görüntüleri Şekil 1.4’de ilmek notasyonu ve ilmek oluşum şekliyle beraber verilmiştir.



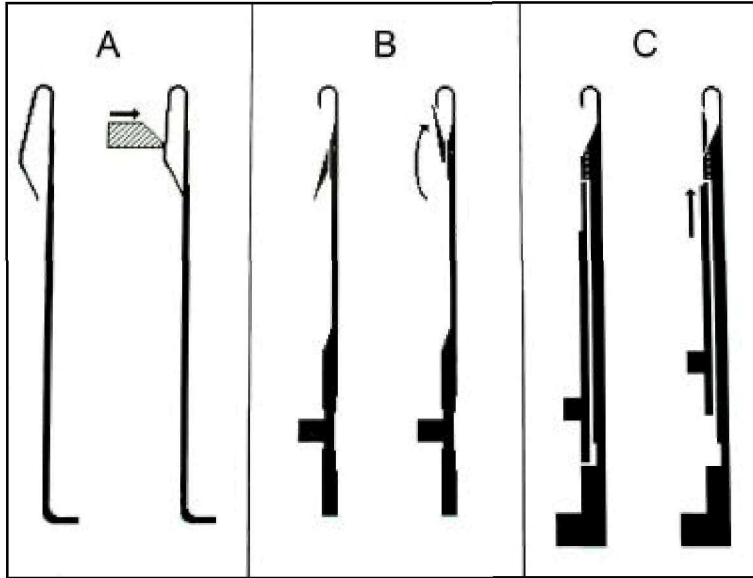
- H : İlmek başı
L : İlmek bacakları
F :İlmek ayakları

Şekil 1.3. İlmek şekli (Spencer’dan, 1998)

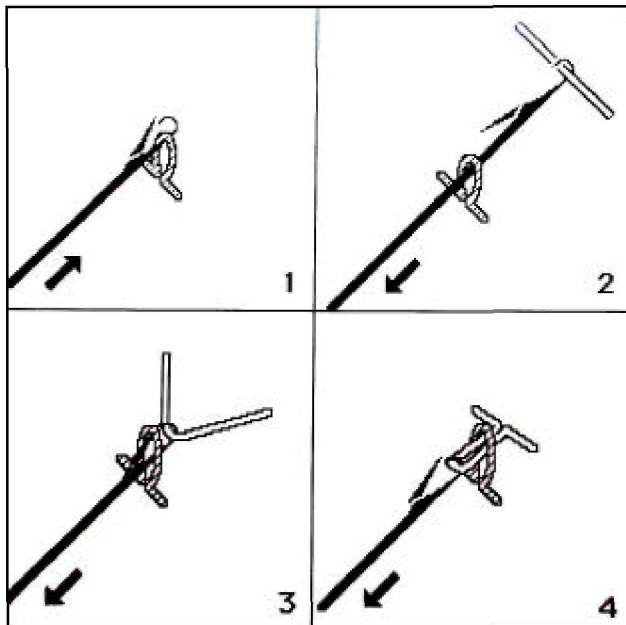


Şekil 1.4. Düz ve ters ilmek şekilleri (Spencer’dan, 1998)

İğne: Örmek kumaşların üretimi için örmek makinelerinde esnek uçlu iğne, dilli iğne ve sürgülü iğne olmak üzere üç tip iğne çeşidi kullanılmaktadır (Marmaralı, 2000). İğne tipi, kullanılan örmek makinesinin türüne göre değişmektedir. Bu iğneler, aşağıda Şekil 1.5’de verilmiştir. Dilli bir iğne ile ilmek oluşumu ise Şekil 1.6’da görülmektedir.

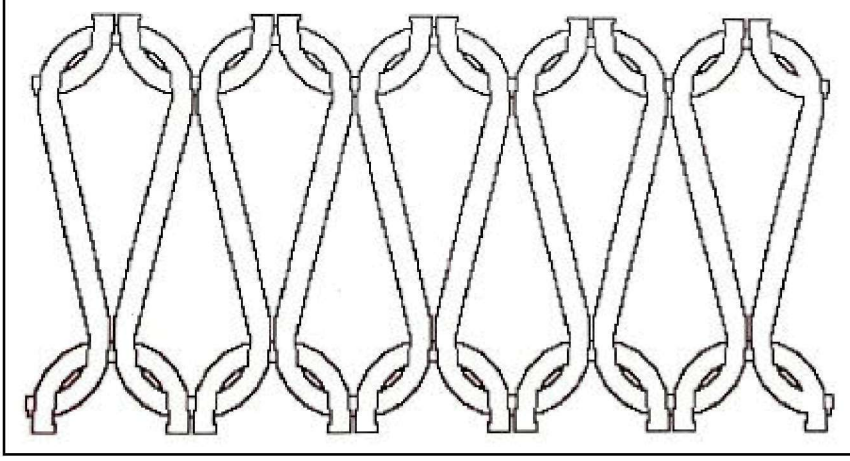


Şekil 1.5. Örmecilikte kullanılan iğne tipleri a) esnek uçlu iğne b) dilli iğne c) sürgülü iğne (Raz’dan, 1993)



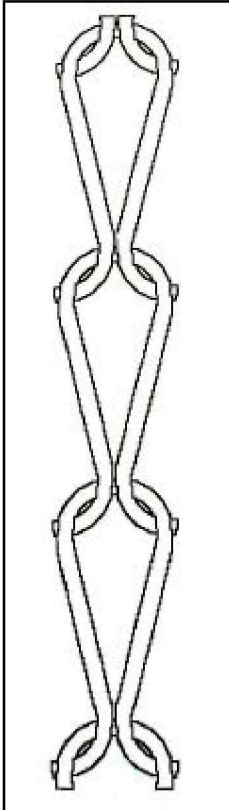
Şekil 1.6. Dilli iğne ile ilmek oluşumu (Raz’dan, 1993)

İlmek sırası: Bir örme yüzeyde enine yönde yan yana dizilmiş olan ilmeklere ilmek sırası adı verilir. Bu, iğne yatağındaki iğnelerin bir sırada oluşturduğu ilmeklerdir. Bir ilmek sırası oluşturmuş ilmeklere ait görüntü Şekil 1.7’de görülmektedir.



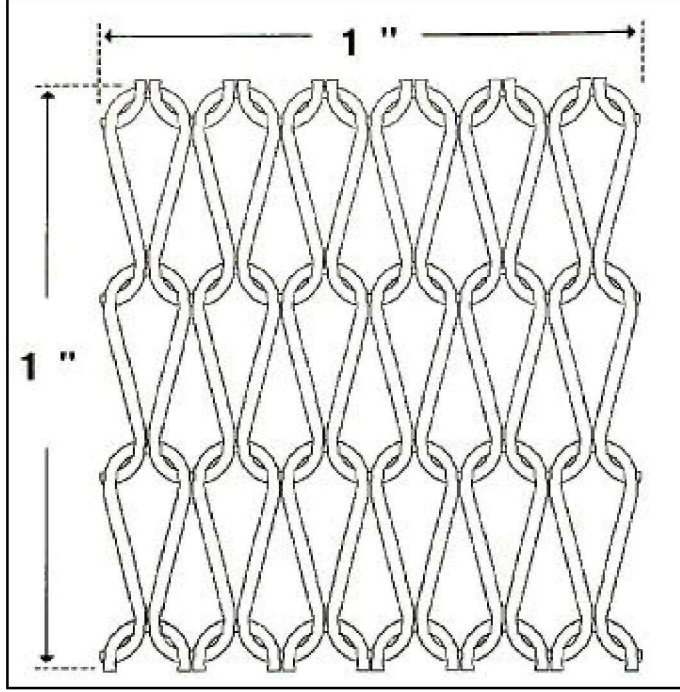
Şekil 1.7. Bir ilmek sırası (Raz’dan, 1993)

İlmek çubuğu: Bir örme yüzeyde boyuna yönde üst üste dizilmiş olan ilmeklere ilmek çubuğu adı verilir. Bu, aynı iğnenin ördüğü iç içe geçmiş ilmek dizisidir. Bir ilmek çubuğu oluşturmuş ilmeklere ait görüntü Şekil 1.8’de görülmektedir.



Şekil 1.8. Bir ilmek çubuğu (Raz’dan, 1993)

İlmek yoğunluğu: Bir örme kumaş yüzeyinin 1 cm² veya 1 inch² lik alanında yer alan ilmek sayısına ilmek yoğunluğu veya kumaş yoğunluğu adı verilmektedir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. İlmek yoğunluğu (Raz'dan, 1993)

Makine inceliği (Gauge): Bir örme makinesinde, iğne yatağı üzerinde 1 inch mesafede bulunan iğne sayısına makine inceliği adı verilmektedir. Makine inceliği E ile gösterilir ve elde edilecek örgünün kalınlığı makine inceliğine bağlıdır. İnceliği yüksek olan makinelerde daha ince ve daha düzgün yapılar elde edilir.

Notasyon: Bir örgü yapısını bir başkasına tanıtmaya veya anlatmanın çeşitli yöntemleri vardır, buna notasyon denilir. Bu bölümde en çok kullanılan dört yöntem açıklanacaktır. Bunlar; sözel yöntem, şematik yöntem, sembolik yöntem (kutucuk yöntemi) ve iğne diyagramı yöntemidir.

Sözel yöntem; yapıyı tanımlamak için sadece isminin söylendiği bir yöntemdir. Örneğin, 'düz örgü', 'rib' gibi yapılar bu yöntem ile kolayca tanımlanabilirler. Ancak bu yöntem ile karmaşık örgü yapılarını anlatmak mümkün değildir.

Şematik yöntem; yapının ilmeklerle çizilerek anlatıldığı bir yöntemdir. Basit yapılar için uygun ancak karmaşık yapılar için çizimi oldukça zor ve zaman alıcı bir yöntemdir.

Sembolik yöntem; kumaş üzerinde bir ilmeği temsil eden her bir kutucuğun, iğnenin yapacağı harekete göre sembollerle doldurulduğu bir yöntemdir. Bu yöntemde;

☒ düz ilmeği,

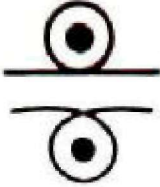
☐ ters ilmeği temsil etmektedir.

İğne diyagramı yöntemi; örgü yapısı içindeki ilmeklerin sembolle gösterilmesi yerine, ipliğin örme işlemi sırasında ön ve arka yatak iğneleri arasındaki hareketinin gösterildiği bir yöntemdir. Üst üste duran iki nokta veya çizgi makinedeki iğneleri temsil etmektedir.

I uzun iğne

1 kısa iğne

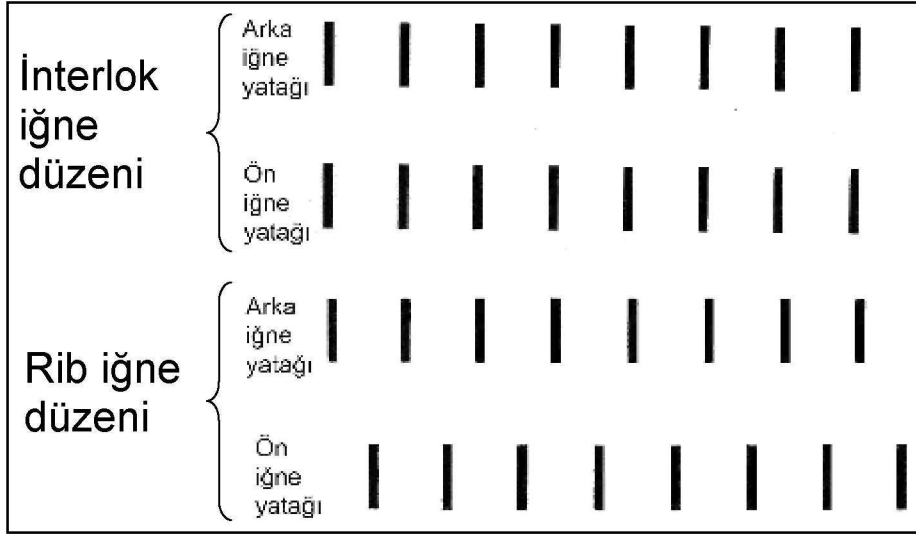
. iğne



Ters ilmek (arka yatakta örülen ilmek)

Düz ilmek (ön yatakta örülen ilmek)

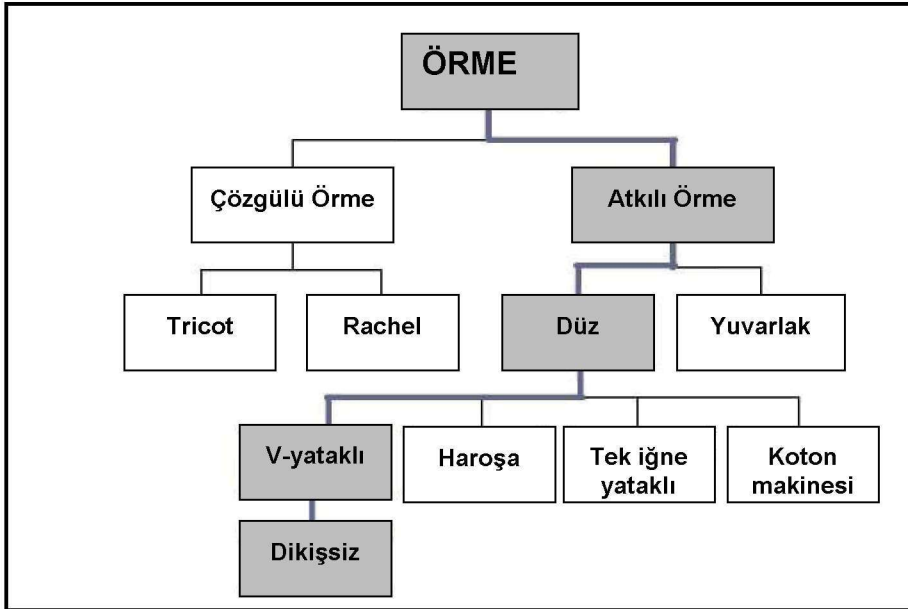
Bu yöntemde ön ve arka yatak iğneleri için eşit sayıda iğne bulunmasına ve bir raporun tam olarak gösterilmesine dikkat edilmelidir. Aşağıda Şekil 1.10'da rib ve interlok iğne düzenleri gösterilmiştir. Rib düzeninde iğneler birbirini ortalayacak şekilde, interlok düzeninde ise iğneler karşılıklı gelecek şekilde çizilmelidir.



Şekil 1.10. Rib ve interlok iğne düzenleri

Atkılı Örmeye Üretim Tekniği ve Makineleri

Örmeye tekniğini kullanarak kumaş üreten örmeye makinelerine dair temel bir sınıflandırma Şekil 1.11’de verilmiştir.



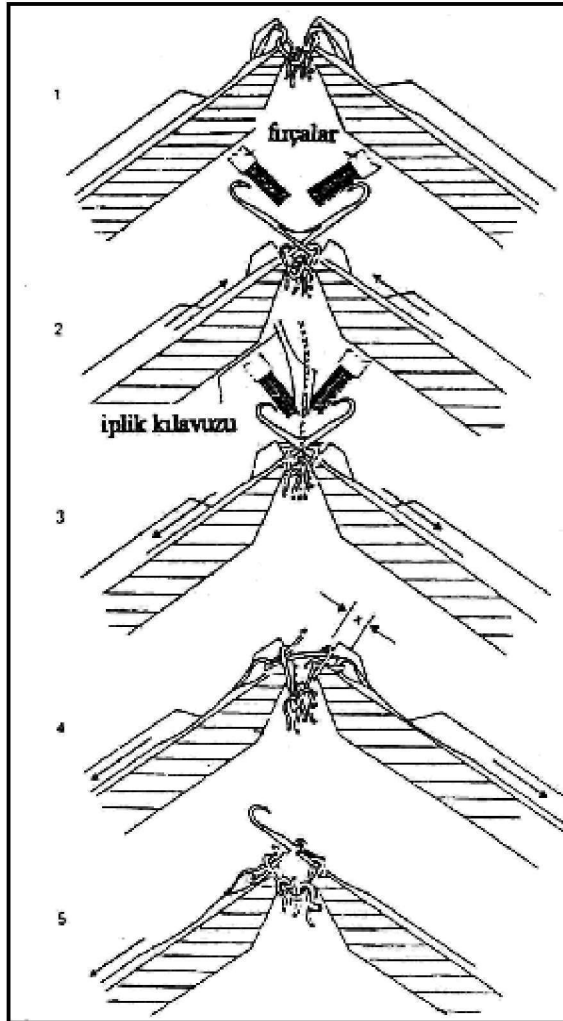
Şekil 1.11. Örmeye makinelerine dair temel bir sınıflandırma (Stoll kataloğu)

Bu çalışma kapsamında atkılı örmeye tekniği üzerinde durulacağından sadece temel atkılı örmeye makineleri ve kumaş yapıları hakkında kısaca bilgi verilecektir.

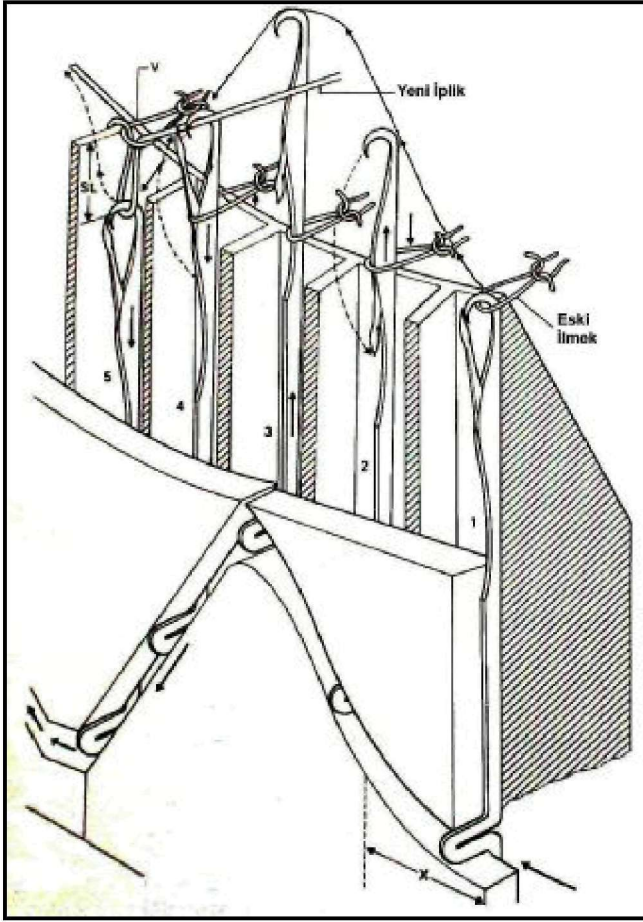
Yuvarlak ve düz olmak üzere iki tip atkılı örmeye makinesi vardır. Yuvarlak örmeye makineleri; single jersey makineleri, kapak-silindir makineleri ve çift silindirli haroşa

makineleri olmak üzere üç kategoriye ayrılabilirler. Single jersey makineleri, sadece düz örgü yapabilen tek iğne yatağına sahip düz örgü makineleridir. Kapak-silindir makineleri, çift iğne yatağına sahip düz örgü ve rib örgüler yapabilen makineler iken haroşa makineleri, iki ucu dilli iğne kullanılan ve haroşa kumaşlar yapabilen makinelerdir.

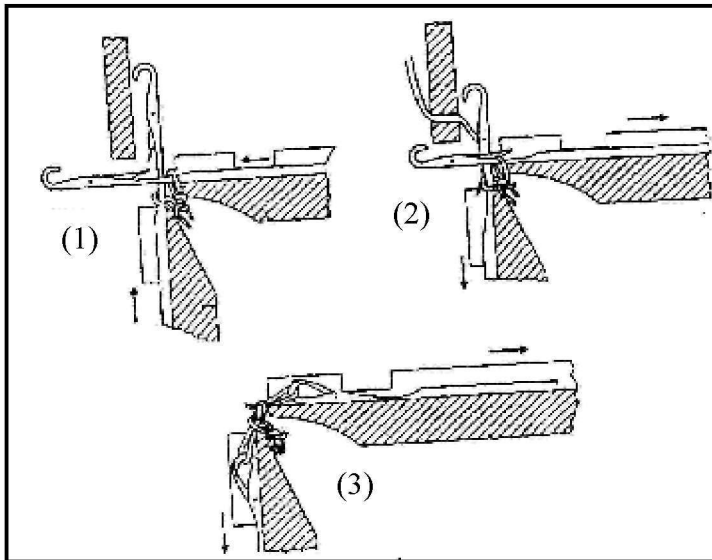
Düz yataklı örme makineleri de, V yataklı makineler ve bugün neredeyse hiç kullanılmayan düz haroşa makineleri olmak üzere iki kategoriye ayrılırlar. Şekil 1.12’de V yataklı bir düz örme makinesinde, Şekil 1.13’de tek yataklı bir yuvarlak örme makinesinde ve Şekil 1.14’de ise silindir-kapak makinesinde (çift yataklı yuvarlak örme makinesi) örme kumaş oluşumu görülmektedir.



Şekil 1.12. V yataklı bir düz örme makinesinde kumaş oluşumu (Marmaralı’dan, 2000)



Şekil 1.13. Tek yataklı bir yuvarlak örme makinesinde kumaş oluşumu (Spencer'dan, 1998)

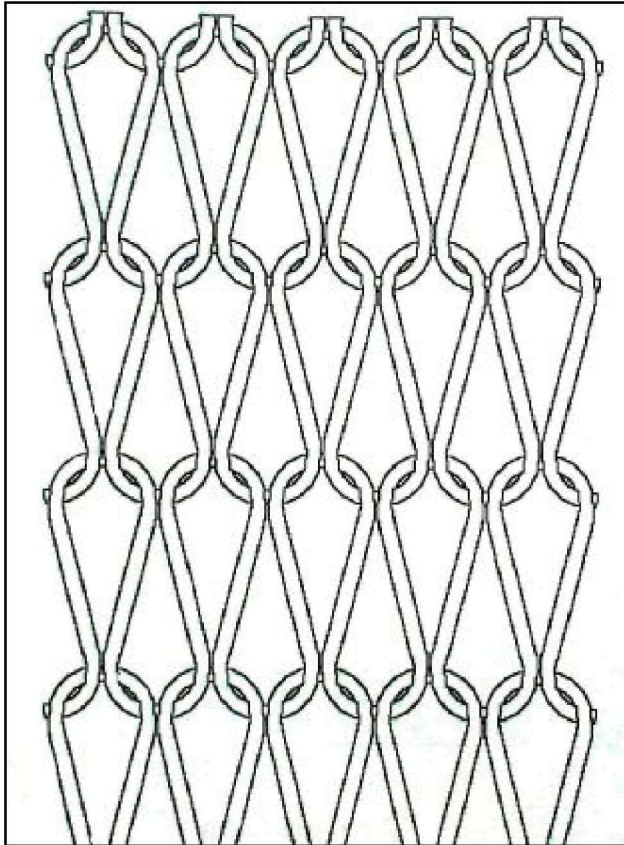


Şekil 1.14. Yuvarlak yataklı silindir-kapak makinesinde kumaş oluşumu (1) eski ilmeklerin gövdeye düşmesi, (2) yeni iplik yatırımı (3) yeni ilmek oluşumu (Spencer'dan, 1998)

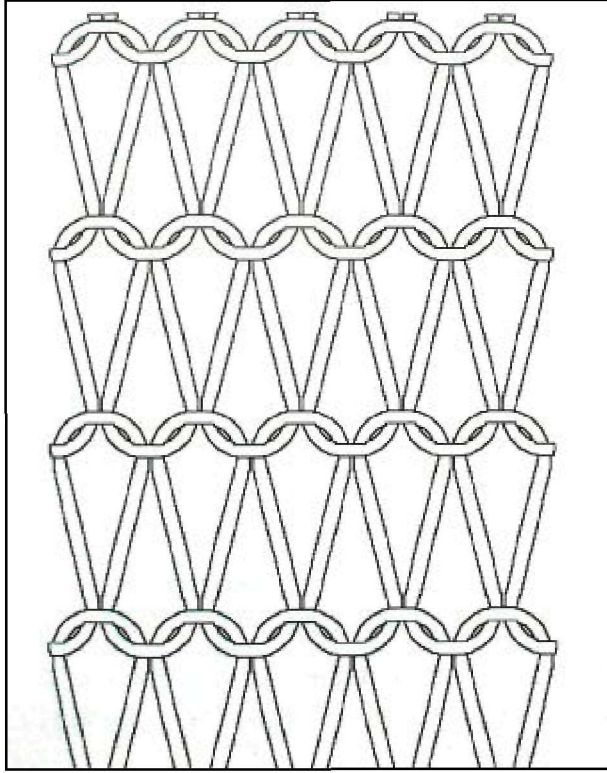
1.1.3. Temel Atkılı Örme Yapıları

Bu bölümde düz örgü, rib örgü ve haroşa örgü olmak üzere üç temel atkılı örme yapısı özetlenmiştir. Diğer tüm atkılı örme yapıları yukarıda adı geçen üç temel örgünün türevleridir. Düz örgü, tek iğne yatağı gerektiren bir örme yapısıdır. Rib örgü, iki iğne yatağı kullanılarak örülebilen bir yapı iken interlok örgü rib örgüden türetilen fakat özel bir iğne düzenlemesi gerektiren bir yapıdır. Haroşa örgü ise, aynı çubukta hem düz hem de ters ilmeklerin bulunduğu tek örme yapısıdır ve özel iğneler gerektirir.

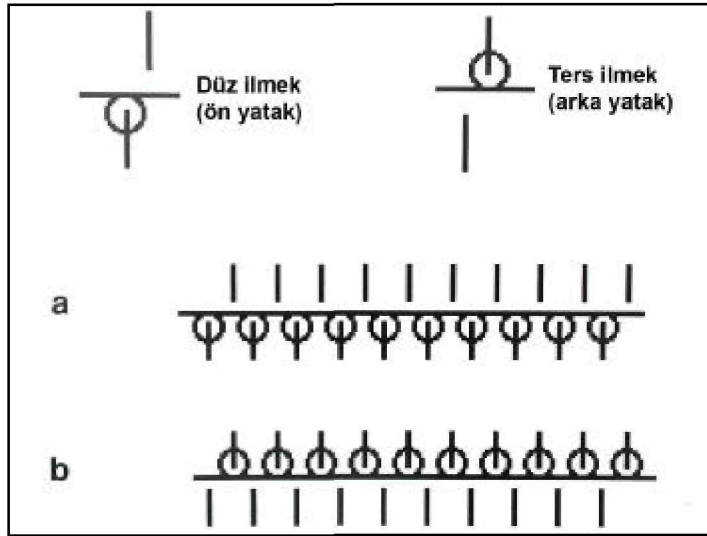
Düz Örgü: Tek yataklı makinelerde veya çift yataklı makinelerin tek yatağı kullanılarak elde edilen en basit örgü türüdür. Aşağıda Şekil 1.15’de düz örgüye ait ön yüz görüntüsü ve Şekil 1.16’da ise arka yüz görüntüsü verilmiştir. Şekil 1.17’de de düz örgünün iğne diyagramı ile gösterimi yer almaktadır.



Şekil 1.15. Düz örgüye ait ön yüz görüntüsü, ilmek şeması (Raz’dan, 1993)



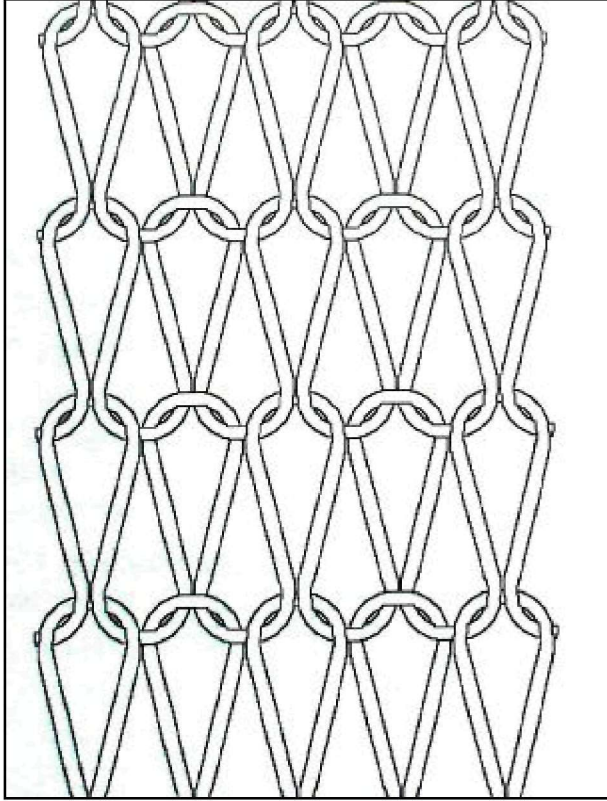
Şekil 1.16. Düz örgüye ait arka yüz görüntüsü, ilmek şeması (Raz'dan, 1993)



Şekil 1.17. Düz örgünün iğne diyagramı ile gösterimi a) düz ilmek (ön yatak) b) ters ilmek (arka yatak) (Raz'dan, 1993)

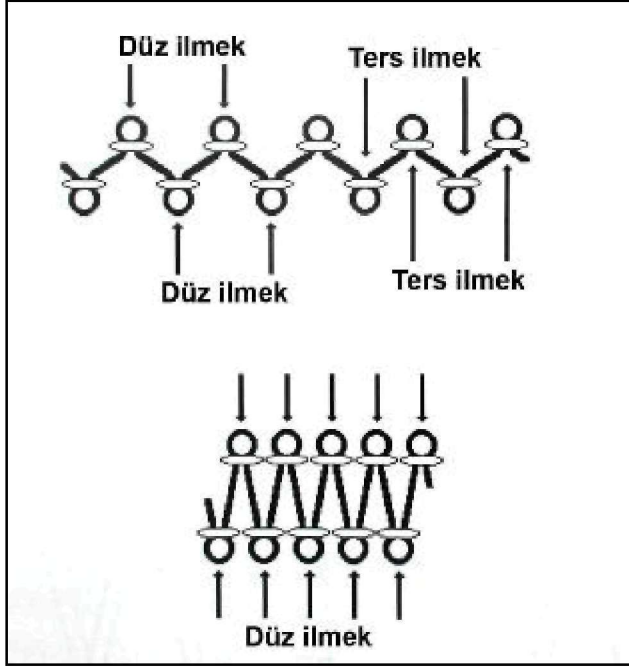
Düz örgü; elastikiyeti çok yüksek olmayan ve diğer örgü yapılarına kıyasla daha ince bir örgü türüdür. Aynı zamanda bu örgü türü, örtücülüğü yüksek, en basit ve en ekonomik örgü türüdür.

Rib Örgü: Lastik örgü olarak da bilinen rib örgüler, enine elastikiyeti yüksek olan yapılardır. İki iğne sırası ile üretildiklerinden sadece çift yataklı örme makinelerinde örülebilirler. Aşağıda Şekil 1.18’de en basit rib yapısı olan 1x1 rib yapısının ilmek şeması ve Şekil 1.19’da 1x1 rib yapısına ait iğne diyagramı görülmektedir.



Şekil 1.18. 1x1 rib yapısının ilmek şeması (Raz’dan, 1993)

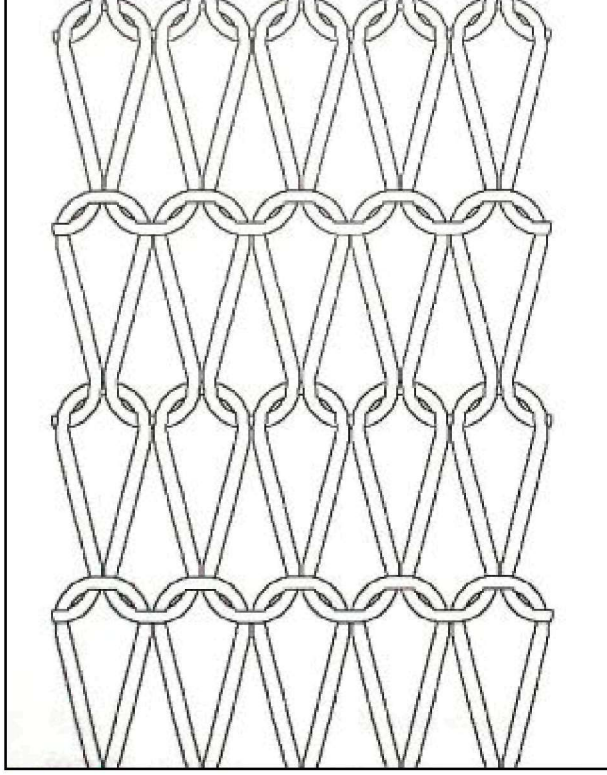
1x1 rib yapısı serbest bırakıldığında ön yatak ilmekleri yan yana gelerek arka yatak ilmeklerini kapatırlar böylece ön ve arka yüzde sadece ön yatakta oluşturulan düz ilmekler görülür. Ön ve arka yatakta çalıştırılan iğne sayıları değiştirilerek daha farklı rib yapıları elde edilebilir. Tüm rib yapılarının enine elastikiyetleri çok yüksektir ve gramajları, düz örgüye göre daha yüksektir.



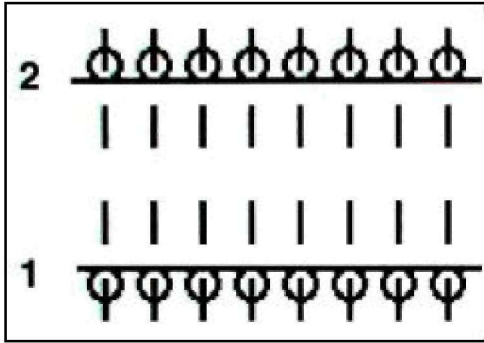
Şekil 1.19. 1x1 rib yapısına ait iğne diyagramı (Raz'dan, 1993)

Haroşa Örgü: Haroşa örgüler, iki ucu dilli iğnelerin uç uca yerleştirilmiş iki yatak arasında transfer edilmesi ile oluşturulurlar. Haroşa örgülerin bazı sıraları ters bazı sıraları düz ilmeklerden meydana gelir. Bu örgü türünün diğer atkılı örme yapılarından farkı, bir ilmek çubuğunda hem düz hem de ters ilmeklerin bulunmasıdır. En basit haroşa yapısı olan 1x1 haroşaya ait ön yüz ilmek şeması Şekil 1.20'de verilmiştir. Şekil 1.21'de ise 1x1 haroşaya ait iğne diyagramı görülmektedir.

Bast haroşa yapılarının boyuna yönde elastikiyeti yüksektir. Bu yapılar aynı zamanda hacimli ve yumuşaktır. Haroşa örgüler makineden çıktıktan sonra boyuna yönde önemli miktarda kısalma meydana gelir, bu nedenle bu yapıların üretim süreleri diğer yapılara kıyasla daha uzundur.



Şekil 1.20. 1x1 haroşaya ait ön yüz ilmek şeması (Raz'dan, 1993)



Şekil 1.21. 1x1 haroşaya ait iğne diyagramı (Raz'dan, 1993)

1.1.4. Atkılı Örme Tekniğinin Teknik Tekstillerdeki Kullanım Alanları

Teknik tekstiller, estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade teknik ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleridir.

Bilindiği üzere, son yıllarda teknik tekstiller alanındaki gelişmeler oldukça hız kazanmıştır. Teknik tekstillerin uygulama alanları arasında değer açısından en büyük uygulama alanları olarak; inşaat, otomotiv sanayi, endüstriyel alanlar, taşımacılık,

spor malzemeleri, jeotekstiller, tıp ve hijyen ürünleri, koruyucu tekstiller ve havacılık sanayi sayılabilir.

Bilindiği gibi teknik tekstillerin üretimi; dokuma, örme ve dokusuz yüzey oluşturma tekniklerinden her hangi birisi kullanılarak elde edilebilmektedir. Aşağıda Çizelge 1.1’de kumaş üretim tekniklerinin 1995-2000 yılları arasında Batı Avrupa’daki teknik tekstil üretimindeki payları görülmektedir. Bu pay içerisinde örmenin %34.5’lik bir büyüme kaydettiği Çizelge 1.1’de görülmektedir.

Çizelge 1.1. 1995- 2000 yılları arasında Batı Avrupa’da ki teknik tekstillerin kumaş üretim tekniklerine göre payları (Anand’dan, 2003)

Kumaş Üretim Tekniği	1995 yılı üretimi (1000 ton)	2000 yılı üretimi (1000 ton)	Değişim (%)
Dokuma	217	265	22
Çözümlü örme	21	26	23,8
Atkılı örme	37	52	40.5
Dokusuz yüzeyler	501	597	19,2

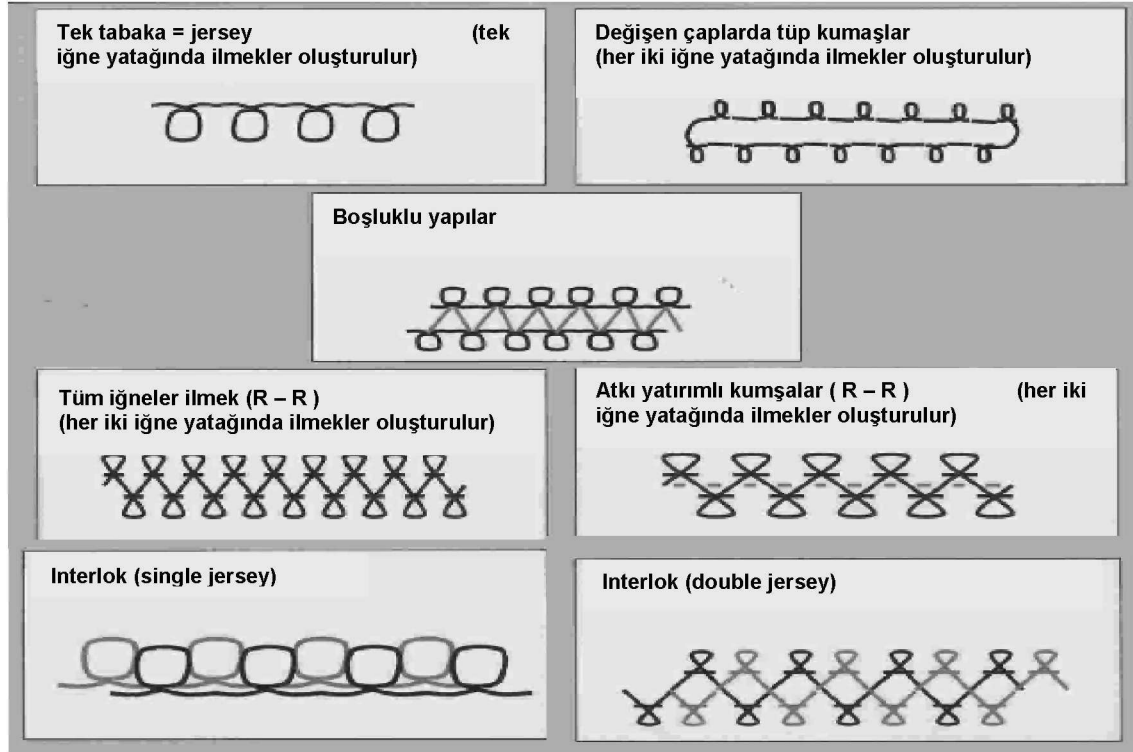
Teknik tekstillerin üretim yelpazesi içinde hem atkılı hem de çözgümlü örme teknolojilerinin önemli roller almaya başladıkları düşünülmektedir (Anand, 2003). Ayrıca yüksek performanslı ipliklerden elde edilen atkılı örme kumaşlar, tekstil destekli kompozitlerin kullanımında yüksek bir potansiyele sahiptirler. Bununla beraber, kompleks şekillerin gelişimiyle ilgili uygulamalarda şardonlu iki yada üç iplikli (fleece) bazı ilginç yapıların da yer almaya başladığı bilinmektedir.

Teknik tekstillerin üretimi için kullanılacak olan örme teknolojilerinin diğer teknolojilere kıyasla avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- Özellikle atkılı örmeciliği bazında çok esnek olmaları
- İlave iplik hazırlığı gerektirmemesi
- Tasarım kapasitesine katkıda bulunan elektronik iğne seçimi ve CAD sistemlerinin bulunması ve örme makinelerinin hızlı kurulabilir olmaları

- Örmek kumaşların doğal yapılarından dolayı eksenel kuvvet gibi özelliklerinin atkı yatırım iplikleri ile (straight in-laid yarns) başarılı olabilir olması
- Şekile göre örmek tekniğinin (knitting to shape) 2 boyutlu ve 3 boyutlu kumaşların elde edilmesine olanak sağlaması
- Şekillere uyabilme kabiliyeti ve objeleri kaplayabilme özellikleri örmek kumaşları kompozit materyaller için ideal yapılar haline getirmektedir

Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan belli başlı örmek yapıları ise aşağıda Şekil 1.22’de özetlenmiştir.



Şekil 1.22. Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan belli başlı örmek yapıları (Stoll kataloğu)

Atkılı örmek teknik tekstillerin günümüzde en çok kullanım alanı bulduğu sektörler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Otomotiv Sektörü: Teknik tekstiller pazarında en büyük paya sahip sektördür. Dünyada yılda 45 milyon otomobil imal edilmekte ve her bir otomobil için yaklaşık 20 kg teknik tekstil kullanılmaktadır. Aşağıda Çizelge 1.2’de otomobillerin koltuk

döşemelerinde kullanılan başlıca kumaş tiplerinin kullanım oranları görülmektedir. Fakat Asya’da baskılı kumaşların kullanım oranlarının artması örme kumaşların payının artacağına işaret etmektedir (Anand, 2003).

Çizelge 1.2. Otomobillerin koltuk döşemelerinde kullanılan başlıca kumaş tiplerinin kullanım oranları (Anand’dan, 2003)

Kumaş tipi	Avrupa	Amerika	Asya
Düz dokuma	% 47	% 14	% 12
Velür dokuma	% 1	% 30	% 24
Tricot çözgülü örme	% 15	% 11	% 44
Raschel çözgülü örme	% 5	% 23	% 9
Yuvarlak örme	% 21	% 1	% 7
Deri	%11	% 21	% 4
Toplam	% 100	% 100	% 100

Tıbbi Tekstiller: Tıbbi tekstiller pazarı, teknik tekstiller pazarının % 10’ nuna karşılık gelmektedir. Son zamanlarda atkılı örme tekniği ile üç boyutlu olarak düz örme makinelerinde üretilen özel tekstiller tıbbi tekstil alanında kullanıma imkanı bulmuştur. Bandajlar, ortopedik destekler ve tıbbi kompres çorapları gibi tüp formu örme yapılar geliştirilmektedir. Gelecekte daha gelişmiş ve teferruatlı tıbbi yapılar ile dikişsiz giysilerin dikişsiz örme tekniği kullanılarak üretilebileceği umulmaktadır. Yüksek performanslı liflerle ilave sensör ve elektroniklerin birleşiminin de sağlık uygulamalarında dikişsiz ürünler için daha ileri imkanlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Boşluklu kumaşların tıbbi uygulamalarda, ortopedik kullanımlar için darbe emici malzemeler, kırıklarda sabitleyici malzemeye destek kumaşlar, belirli bir bölgesine merhem ve emülsiyon emdirilen bandajlar ve fully fashion pantolonlara ilave edilen emici liflerden yapılmış idrar petleri gibi kullanım alanları da vardır.

Ayrıca düz örme makinelerinde elde edilen tekstillerin yapıları ve tasarımları, bunların medikal implantlar olarak veya implantın bir parçası olarak kullanılmalarına imkan vermekte ve hızla ilgi çekmektedir. Örneğin, özel liflerden örülmüş ağ yapılar karın ameliyatlarında implant olarak kullanılmak üzere torba şeklinde üretilmektedirler.

Spor Giyim Tekstilleri: Bu sektör de, teknik tekstiller pazarında giderek artan bir paya sahip olmaktadır. Termofizyolojik konfor, hem ısı düzenleme hem de nem kontrolü gerektirmektedir. Yoğun bir aktivite esnasında oluşan nem ve ısı arasındaki dengeyi sağlamak oldukça zordur. Bunun için doğru lif kombinasyonu, doğru kumaş yapısının seçimi ve kumaşa doğru kimyasal veya bitim işlemlerinin uygulanması gerekmektedir.

Hem atkılı hem de örgülü örme makinelerinde iç giyim, dış giyim ve spor giyimde konforlu giysiler üretilmektedir. Beyzbol, Amerikan futbolu ve kayak gibi pek çok spor dalında kullanılan dokuma giysiler artık yerlerini örme kumaşlara bırakmaktadır.

Güvenlik Amaçlı Ve Koruyucu Tekstiller: Bu tekstiller, çevredeki zararlı ve tehlikeli etkilere korunmak amacıyla kullanılırlar. Bu tür teknik tekstiller, belirtilen şu etkilere karşı dayanıklı ve dirençli olmalıdırlar; yüksek ısı ve alev, zararlı kimyasallar ve gazlar, mekanik ve elektrik tehlikeler, radyasyon, aşırı soğuk, virüs ve bakteriler ve balistik tehlikeler.

Atkılı ve örgülü örme teknolojileri ile yukarıda bahsedilen pek çok tehlikeye karşı koruyucu giysiler cam, nomex, kevlar, basofil, karbon, metaller vb. pek çok yüksek performanslı lifler kullanılarak üretilmektedir.

Özellikle atkılı örme teknolojisinin bu alandaki üstünlüğü, hiç dikişsiz olarak giysilerin üretilmesi olmalıdır. Bu imkan dokuma, dokusuz yüzey oluşturma ve örgülü örme tekniklerinde mevcut değildir. Ayrıca yüksek performanslı liflerle, düşük aşınma, düşük gerginlik ve ipliğin üretim için daha kısa bir yol takip etmesinden dolayı örme makinelerinde dokuma makinelerine göre daha kolay çalışabilmektedir.

Jeotekstiller: Jeotekstiller, teknik tekstiller pazarında en hızlı büyüyeceği tahmin edilen sektördür. Jeotekstiller, toprak destekleme, ayırma, filtreleme ve inşaat uygulamaları için tasarlanmış geçirgen tekstil materyalleridir. Jeotekstil kumaşların %70'ini dokusuz yüzeyler oluşturmakla birlikte %25'lik bölümünü örme kumaşlar oluşturmaktadır. Örgülü örme kumaşlar, ağ ve ızgara şekilli yapılar, çok eksenli

yapılar ve üç boyutlu boşluklu materyallerin üretiminde yaygın kullanıma sahiptirler. Bu yapılar toprağı düz yapılardan çok daha iyi tutmaktadır.

Yüksek duvarların yapımı, setler gibi yüksek performans isteyen uygulamalarda yüksek mukavemetli olan iki eksenli raşel yapılar kullanılmaktadır. Bu kumaşlar; yüksek mukavemet, düşük uzama, yüksek modül ve yüksek yırtılma mukavemeti değerlerine sahiptir.

Atkılı örme alanında ise, Bolton Enstitüsü'nde geliştirilmiş ve uygulanmakta olan bir teknolojiyle toprak takviyesi için düz örme makinesinde jüt, keten, pamuk, viskoz, tencel, yün gibi liflerden yapılan örme yapı içine enine, boyuna veya her iki yönde sisal gibi yüksek mukavemetli, kaba ve tüylü ipliklerin yatırılması gerçekleştirilmiştir.

Endüstriyel tekstiller: Endüstriyel tekstiller alanında atkılı örme tekniğı ile elde edilen tekstillerin payı oldukça yüksektir. Pek çok materyalin aynı örme yapısı içerisinde farklı kumaş yapıları ve desenlendirme teknikleri kullanılarak örülmesi sağlanabilmektedir. Çeşitli endüstriyel amaçlar için bu tür yapılar arasında, şekilli teknik kumaşlar, metalik kumaşlar, metal yatırımlı iletken kumaşlar, filtrasyon amaçlı kumaşlar, cepli uygulamalar vs. sayılabilir.

1.1.5. Atkılı Örme Tekniğı ile Üretilen Teknik Tekstil Örme Yapıları

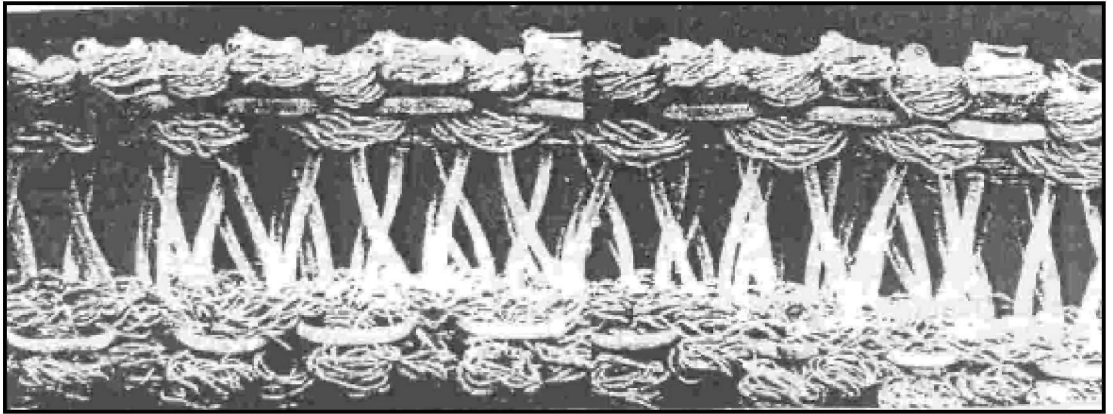
Teknik tekstillerin uygulamadaki kendi özel alanlarına bağılı olarak farklı yapılar gerektirmesinden dolayı, bunları oluşturmak için farklı makineler ve işlem metotları kullanılmaktadır. Atkılı örme tekniğı ile düz yataklı veya yuvarlak yataklı örme makineleri kullanılarak teknik tekstil alanında farklı yapılar elde edilebilmektedir. Sonuç olarak; kullanılacak örme makinesinin seçimi ve uygulanacak teknikler tasarlanan teknik ürünün uygulanacağı alana bağılıdır.

Atkılı örme makineleri ile farklı bazı teknikler kullanılarak aşağıdaki belli başlı yeni ve gelişmekte olan örme yapılarını elde etmek mümkündür. Aşağıda bu örme yapıları kısaca özetlenmiştir.

- 1) Üç boyutlu boşluklu yapılar (3D Spacer fabrics)
- 2) Üç boyutlu şekle göre elde edilen tek parça yapılar (3D Knitted to shape fabrics)
- 3) Üç boyutlu dikişsiz yapılar (3D Seamless fabrics)
- 4) Atkı sermeli güçlendirilmiş kumaşlar ve Entegre edilmiş yapılar (with fastening elements)
- 5) Metal kumaşlar

Üç Boyutlu Boşluklu Yapılar: Boşluklu örme kumaş yapısı, hav iplikleriyle veya örülmüş tabakalarla birbirine birleştirilmiş iki ayrı örme kumaş yüzeyinin oluşturduğu bir tekstil yapısıdır. Birleştirici olarak iplik veya örme tabaka kullanılabilir.

Atkılı örme tekniği ile yuvarlak kapak-silindir örme makinesinde hav iplikleri kullanılarak oluşturulan boşluklu bir kumaş yapısı Şekil 1.23’de gösterilmektedir. Şekil 1.24’de ise örülmüş tabakalarla birbirine birleştirilmiş iki ayrı örme kumaş yüzeyinin oluşturduğu bir tekstil yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.23. Atkılı örme tekniği ile yuvarlak kapak-silindir örme makinesinde hav iplikleri kullanılarak oluşturulan boşluklu bir kumaş yapısı (Anand’dan, 2003)



Şekil 1.24. Örölmüş tabakalarla birbirine birleştirilmiş iki ayrı örme kumaş yüzeyinin oluşturduğu bir tekstil yapısı (Stoll katalogu)

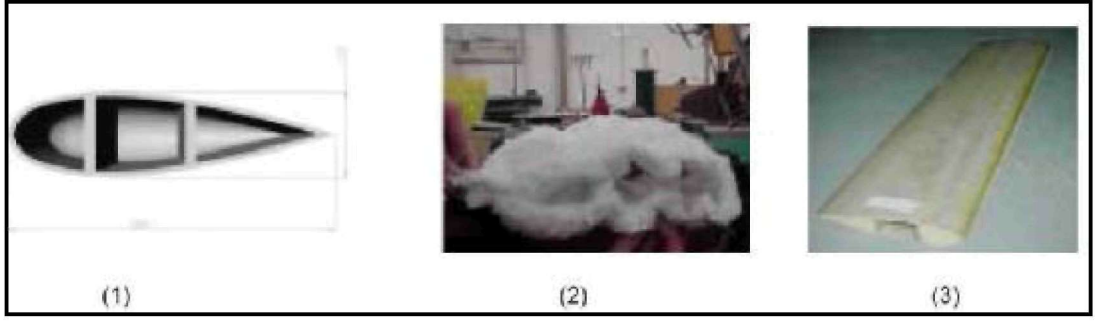
Atkılı örme boşluklu kumaşlar, elektronik kontrollü düz örme makineleri ve çift plakalı yuvarlak örme makinelerinde üretilebilmektedirler. Ayrıca bu yapıyı çözgölü örme tekniğini kullanarak raşel örme makinelerinde elde etmek de mümkündür. Ticari olarak boşluklu kumaş yapılarının üretiminin çözgölü örme makinelerinde daha yaygın olmasına karşın atkılı örme tekniği ile elde edilen boşluklu yapıların da pek çok teknik tekstil ürününde başarıyla kullanıldığı ve çok sayıda raşel örme yapısı ile rekabet edebileceği hususunda genel bir fikir birliği de mevcuttur.

Boşluklu kumaş yapısı ile ilgili olarak; çok iyi basma dayanımı, yüksek hava geçirme özelliği, iyi esneme özelliği, kimyasallara karşı yalıtkanlık, yüksek eğilme performansı ve dökümlölük ilgi çeken önemli özellikler olarak sayılmaktadır.

Boşluklu kumaş yapısına olan ilginin sebepleri arasında, başka hiçbir yapının sunamadığı fiziksel özelliklere sahip olması, çok çeşitli tekstil alanında kullanılabilme imkanı ve moda değişimlerini karşılayabilecek kadar desen ve renk değişimlerinin uygulanabilir olmasıdır.

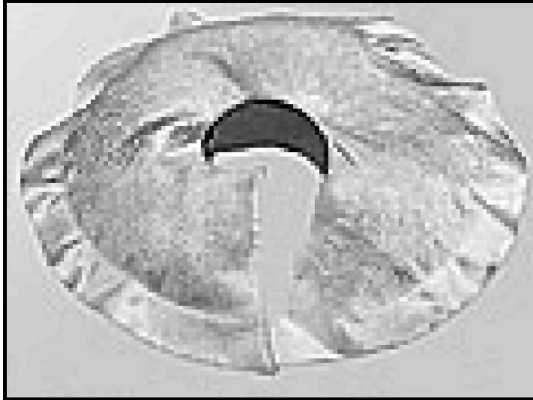
Boşluklu yapılarda, boşluk ipliği olarak genellikle monofilament iplik kullanılmaktadır. Bunun nedeni monofilament ipliğin özellikle havlı bölgede kumaşın stabilitesini ve rijitliğini kalınlık yönünde artırmasıdır.

Boşluklu yapıların uygulama alanları ile ilgili olarak, Şekil 1.25’de dış duvarı ve iki bağlantı tabakası olan küçük bir uçak kanadı tasarımı görölmektedir.

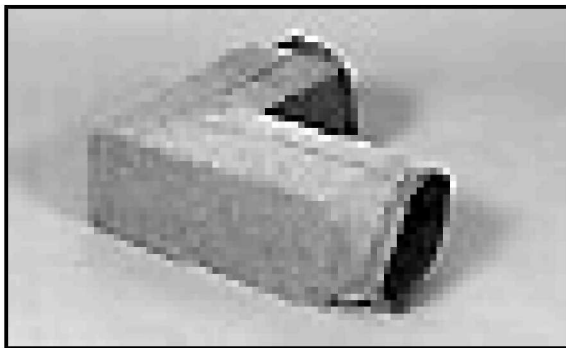


Şekil 1.25. Uçak kanatları için boşluklu bir yapı uygulaması (1) kanat kesiti, (2) örülmüş boşluklu yapı, (3) kompozit form (Araujo ve Hong'dan, 2004)

Üç Boyutlu Şekle Göre Elde Edilen Yapılar: Şekle göre örme, örme teknolojisinin önemli bir özelliğidir. Şekle göre örme hem atkılı örme tekniği ile hem de çözgülü örme tekniği ile elde edilebilir. Genellikle, atkılı örme tekniği daha esnek, iğne seçebilme yeteneğinden ve yapısal tasarımların çeşitliliğinin mümkün olmasından dolayı daha kullanışlıdır. Şekil 1.26 ve Şekil 1.27'de üç boyutlu şekle göre elde edilen yapılara ait örnekler verilmiştir.



Şekil 1.26. Bisiklet tekerlerinde kullanılan üç boyutlu örme bir kumaş (Stoll katoloğu)



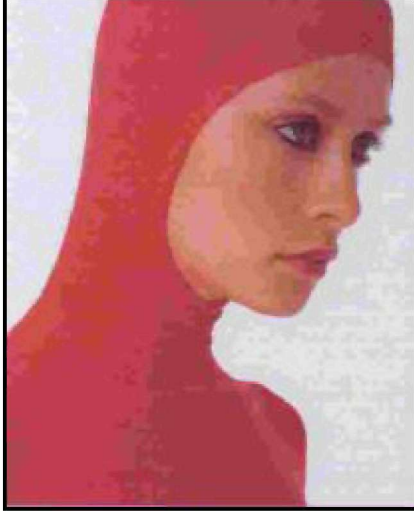
Şekil 1.27. 90 derece köşeli bir L formu (Stoll katoloğu)

Üç Boyutlu Dikişsiz Yapılar: Dikişsiz örme tekniği ez az veya hiç kesme ve dikme işlemleri olmadan tek parçadan ibaret bitmiş ürün üretme tekniğidir. Bu teknik V-yataklı düz örme makinelerinde gerçekleştirilebilmektedir. Bilindiği gibi V-yataklı düz örme makineleri çözümlü örme tekniğine göre daha esnek iğne seçim kapasitesine ve daha fazla tasarım yapabilme olanaklarına sahiptir. Bu yenilikçi teknik üretim sonrası zaman ve maliyetten kazanç sağlamaktadır. Buna ilaveten bu teknik kullanıcılara ürünlerin dikişsiz olmasından dolayı daha konforlu ve elverişli kullanım olanağı sağlar. Anında üretim imkanının olması ve pazarda pek çok alan için ürün uyarlayabilme imkanı vermesinden dolayı pazar için pek çok faydaya sahiptir. Dikişsiz örme tekniği esas olarak hazır giyim endüstrisinde kullanılmakla birlikte son yıllarda döşemecilik, endüstriyel kullanımlar, otomotiv ve tıbbi tekstil alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlardaki yapılar elastik özellikli tüp şeklindeki kaplamalar, yüzey kaplamaları ve destek yapıları olarak kullanılmaktadırlar.

Aşağıda Şekil 1.28’de tıp alanında kullanılan dikişsiz sıkıştırma ürünleri ve Şekil 1.29’da ise dikişsiz bir spor giysi görülmektedir.



Şekil 1.28. Tıbbi alanda kullanılan dikişsiz sıkıştırma ürünleri (Stoll kataloğu)



Şekil 1.29. Düz örme makinesinde üretilmiş dikişsiz spor aktif giysi (Stoll kataloğu)

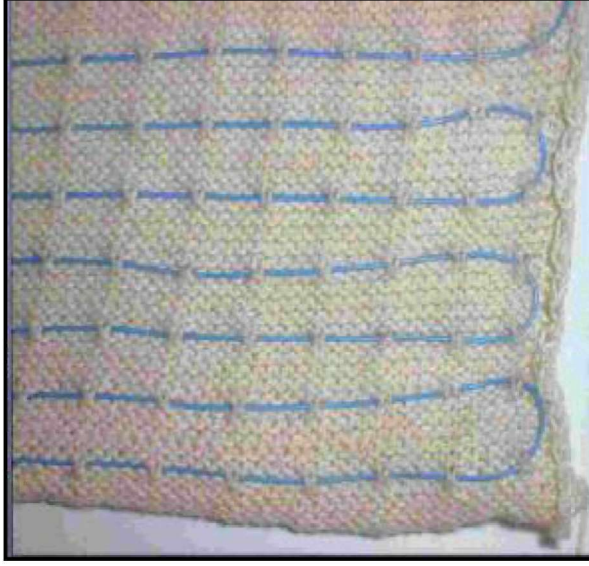
Atkı Yatırımlı Güçlendirilmiş Kumaşlar Ve Entegre Edilmiş Yapılar: Bilindiği gibi örme kumaşlar yapı itibariyle yüksek elastik özelliğe sahip yapılardır. Güçlü materyallerden örülmüş kumaşlar bile bu elastikiyete sahip olabilirler. Atkı yatırımı kumaşlar, örgü kumaşların bu kolay şekil değiştirebilme özelliklerini sınırlandırmak veya endüstriyel alanda farklı kullanımlar elde edebilmek amacıyla kullanılırlar.

Atkı yatırma tekniği ile kumaşlar güçlendirilebilir ve istenilen yöndeki çekme dayanımları artırılabilir.

Isıtma elementleri için, elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu olarak ve statik elektriğin dağıtılması amacıyla farklı kullanımlar için metal atkı yatırımı bir kumaş Şekil 1.30’da gösterilmektedir.

Metalik Kumaşlar: Metal kumaşlar katalitik dönüştürücüler, destekleyiciler, ayırıcı filtre elemanları ve titreşim elementleri olarak uygulama alanı bulmaktadırlar.

Metalik kumaşlar, sadece metalden örülmüş ağı yapılar olarak ve metal atkı yatırımı yapılar olarak kullanılabilirler. Metaller kullanılarak farklı örgü yapılarıyla oluşturulmuş örme yapılar elde edilebilir. Aynı zamanda metallerle boşluklu kumaşlar (spacer) da elde edilebilir. Örme ağı metal kumaşlar Şekil 1.31’de görülmektedir.



Şekil 1.30. Isıtma elementleri için, elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu olarak ve statik elektriğin dağıtılması amacıyla farklı kullanımlar için metal atkı sermeli bir kumaş (Stoll kataloğu)



Şekil 1.31. Örme ağısı metal kumaşlar

1.2. Kompozit Malzemeler ile İlgili Temel Bilgiler

Günümüz teknolojisinde ulaştığımız son nokta itibariyle, artık gereksinimler ve ihtiyaçlar da farklılaşmıştır. Bunları karşılayabilecek bir malzeme doğada tek başına bulunmadığı gibi, bu özelliklere sahip bir malzeme çeşitli işlemlerle de elde edilememektedir. Elde edilen deneyimler, malzemeleri makro düzeyde birleştirerek ve onların iyi taraflarını alarak, onlardan daha iyi, yeni bir malzeme yapılabileceğini ortaya koymuştur. Bu yeni malzemelere kompozit adı verilmektedir. Kompozit

malzemeler; uzay, otomotiv, oyuncak, spor malzemeleri, tekstil, tıp vb. sanayi kollarında kendine önemli bir yer edinmiştir.

Kompozit malzeme, iki veya daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacıyla, makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemedir. Kompozit malzemeler karma malzemelerdir. Matriks fazı ile birlikte takviye elemanından oluşmuşlardır. Matriks denizi içinde takviye elemanının yüzmesi şeklindedir (Şahin, 2006).

Kompozit malzemelerde yapıyı oluşturan bileşenler birbirleri içerisinde çözünemezler, kimyasal olarak inert davranırlar. Ancak özellikle metalik sistemlerde düşük oranlarda bile olsa, bir miktar çözünme ve bileşenler arasında kompozit özelliklerini etkileyebilen ara yüzey reaksiyonları görülebilir (Demirkese, 1991).

1.2.1. Kompozit Malzemelerin Özellikleri

Modern Kompozit Malzemelerin Özellikleri: Günümüz modern kompozit malzemelerde aranan özellikler aşağıda belirtilmiştir.

- a) İnsan yapısı olmalı
- b) En az iki veya daha fazla fiziksel ve mekaniksel özelliği ayrı olan malzemelerin birleştirilmesi ve farklı ara yüzeye sahip olmaları
- c) Herhangi bir ferdi bileşenle elde edilemeyen mekanik özelliklerin gerçekleştirilmesi
- d) Optimum özellikler elde etmek için bir malzemenin diğer malzeme içine kontrollü bir şekilde dağıtılmasıyla iki ayrı malzeme karıştırılarak karma bir malzeme oluşturulmalı
- e) Özellikler en mükemmel olup kompoziti oluşturan elemanların en iyi özelliklerin bir arada toplanması gereklidir (Şahin, 2006).

Üretim Sonrası Malzemenin Kazandığı Özellikler: Üretim sonrasında malzemenin kazandığı özellikler ise şu şekilde sıralanabilir.

- a) Yüksek dayanım
- b) Yüksek rijitlik
- c) Yüksek yorulma dayanımı
- d) Mükemmel aşınma direnci
- e) Yüksek sıcaklık kapasitesi
- f) İyi korozyon direnci
- g) İyi termal ve ısı iletkenlik
- h) Düşük ağırlık
- i) Çekicilik ve estetik görünüm

1.2.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Günümüzde gemi yapımından bina yapımına, ev aletleri üretiminden uzay teknolojisine kadar hemen her alanda çok yaygın bir kullanımı bulunan kompozit malzemelerin kullanım alanları aşağıda Çizelge 1.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 1.3. Kompozit malzemelerin kullanım alanları

Endüstri	Uygulama Alanları
Uçak	Uçak kanatları ve gövdesi, helikopter pervaneleri iniş ve çıkış kapıları, payandalar döşeme kirişleri, çerçeveler, vantilatör ve türbin kanatçıkları
Helikopter	Transmisyon kutusu kiriş destek yapıtları, itici çubuklar, iniş takımları, rotor kanatları arkası
Otomotiv	Gövde parçaları, tampon ve çamurluklar, ön ve arka paneller, aks mili, yaylar, itme çubukları ve piston kolları
Spor	Oltalar, golf kulupleri, yüzme havuzları, tenis raketleri, bisiklet ve motosiklet gövdesi
Tekstil	Mekikler
Tıp	Röntgen masaları, protezler ve tekerlekli sandalye

1.2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

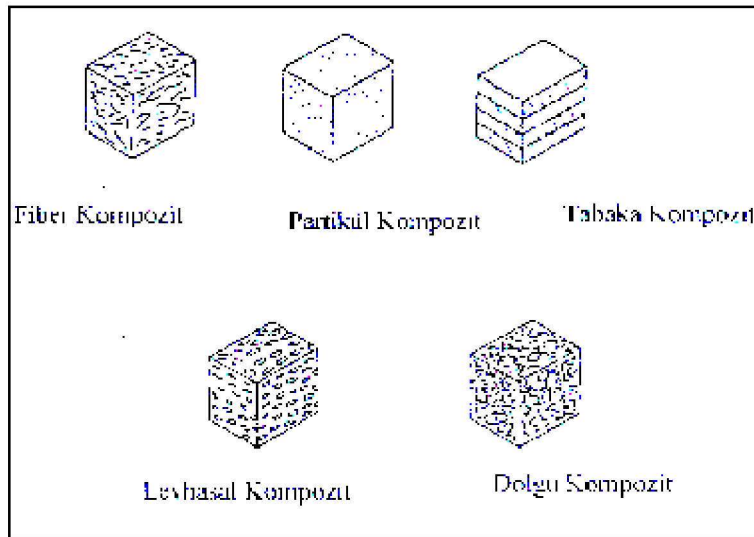
Yapılarında çok sayıda farklı malzeme kullanılabilen kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, yapıdaki malzemelerinin formuna göre bir sınıflama yapmak mümkündür. Kompozit malzemeler iki ana unsurdan oluşmuşlardır. Bunlar matriks ve takviye elemanı fazlarıdır. Matriks, malzemenin bir arada tutunmasını sağlayan yüzeyi iç ve dış etkilere koruyan fazdır. Takviye elemanı ise, matriks içerisinde yer alan ve malzemenin özelliklerini değiştiren katkı maddeleridir.

1.2.3.1. Yapısal Bileşenlere Göre Sınıflandırma

Yapısal bileşenlerin şekline göre yapılan genel bir sınıflandırma sistemi aşağıda görülmektedir.

- 1) Fiberli kompozitler; fiberler+matriks veya fiber ile matriksiz yapı
- 2) Levhasal kompozitler; düz plakalar+matriks veya levha ile matriksiz yapı
- 3) Partikül kompozitler; partiküller+matriks veya partikül ile matriksiz yapı
- 4) Doldurulmuş (veya iskelet) kompozitler, sürekli bir iskelet matriksin ikincil bir malzeme ile doldurulması
- 5) Tabakalı kompozitler; farklı bileşen tabakalardan oluşmuş kompozit

Yapısal bileşenlerin şekline göre kompozit çeşitleri ise Şekil 1.32’de verilmiştir.



Şekil 1.32. Yapısal bileşenlerin şekline göre kompozit şekilleri (Şahin'den, 2006)

1.2.3.2. Takviye Elemanına Göre Sınıflandırma

Kullanılan takviye elemanına göre yapılan bir sınıflandırma da aşağıda yapılmıştır.

1. Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemeler
 - a) Sürekli Elyaf Takviyeli Kompozitler
 - b) Kesikli Elyaf Takviyeli Kompozitler
 - c) Rastgele Düzlemsel Olarak Yönlendirilmiş Kompozitler
2. Parçacık Takviyeli Kompozit Malzemeler
 - a) Büyük Parçalarla Dayanımı Arttırılmış Komp.
 - b) Dispersiyonla Dayanımı Arttırılmış Komp.
3. Tabakalı Kompozit Malzemeler
 - a) İzotropik
 - b) Ortotropik
4. Dolgu Kompozitler

1.2.3.3. Matriks Fazına Göre Sınıflandırma

- 1) Plastik Matriks Kompozitler
- 2) Seramik Matriks Kompozitler
- 3) Metal Matriks Kompozitler

Plastik Matriks Kompozitler: Polimerler ucuz ve kolay çalışabilirler malzemedirler. Düşük modül ve düşük kullanım sıcaklığı gereksinimleri vardır. Termoset ve termoplastik olarak ikiye ayrılırlar. Polimer matriksli kompozitlerle işlem yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli parametreler sıcaklık ve nemdir. Plastik matriks kompozitlerin özellikleri şunlardır;

- Yoğunluğu düşük hafif malzemelerdir.
- Kitle üretim teknikleri ile kolay, hızlı ve ekonomik olarak üretilebilirler.
- Atmosferik korozyona ve kimyasal maddelerin pek çoğuna karşı iyi bir direnç gösterirler.
- Moleküler yapıları değiştirilerek ve katkı maddeleri kullanarak özelliklerin geliştirilmesi mümkündür.
- Boyalar maddeler kullanarak çok değişik renklerde üretilebilirler.
- Nispeten ucuz malzemelerdir (Demirkesen, 1991).

Ama bu malzemelerin mühendislik malzemesi olarak kullanımını ise şu özellikleri sınırlar;

-Dayanımı düşüktür ve mekaniksel özellikleri istenilenin çok altındadır.

-Ergime sıcaklıkları ve ısı dirençleri düşüktür.

Seramik Matriks Kompozitler : Seramikler tek başlarına gevrekliği yüksek, termal şok direncinin ve tokluğun düşük olduğu malzemelerdir. Üretimi için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Çekme dayanımı düşüktür. Basma dayanımları ise yüksektir. Çok sert oldukları için aşındırıcı olarak da kullanılırlar.

Metal Matriks Kompozitler: Hafif metaller, kompozitler için matriks malzemesi olarak çok cazip olmaktadır. Bunlar plastiklerden daha yüksek elastik modül, dayanım ve tokluğa sahip olup yüksek sıcaklıklarda özellikleri iyidir. Ancak metal matriksli kompozit üretimi daha zordur. Metallerle en kolay bağ oluşturan silisyum karbür ve kaplanmış boron elyafıdır. Fakat bunlar pahalıdır. Hafif metaller ve alaşımlar tercih edilir. Atmosfere karşı korozyon direnci yüksektir. En önemli metal matriks metalleri Al, Fe, Sn, Pb, Ti ve Mg'dur (Şahin, 2006).

Seramiklerin yüksek elastik modülü ve metallerin yüksek süneklik özelliklerini birleştiren bu malzemelerin üstünlükleri şunlardır;

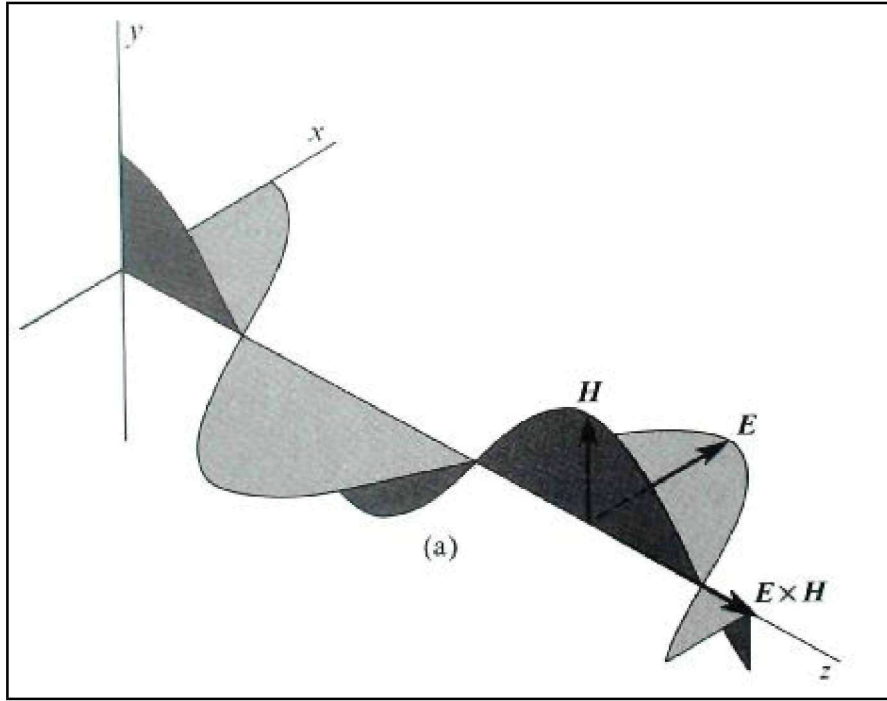
- a) Yüksek elastisite modülü
- b) Yüksek mukavemet
- c) Yüksek sıcaklıklarda çalışma
- d) Tekrar üretilebilir mikroyapı
- e) Düşük yoğunluk
- f) Termal şoklara dayanım
- g) Yüksek yüzey dayanımı
- h) Yüksek elektrik ve termal iletkenlik özellikleri
- i) Yüzey akışlarına karşı düşük hassasiyet

1.3.Elektromanyetik Alan Teorisi

1.3.1. Elektromanyetik Dalgaların Yayınımı

Elektromanyetik dalgalar, uzun radyo dalgalarından, çok yüksek gama ışınlarına kadar geniş bir frekans aralığında yayınırlar.

Şekil 1.33' de pozitif z eksenini boyunca yol alan düzlemsel bir elektromanyetik dalganın E ve H vektörleri görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere iki vektör düzlemsel fakat birbirlerine diktirler. E vektörü, elektriksel alanı, H vektörü, manyetik alanı ve $E \times H$ vektörü elektromanyetik yayının yönünü göstermektedir (Lorrain ve Corson, 1970).



Şekil 1.33. Pozitif z eksenini boyunca yol alan düzlemsel bir elektromanyetik dalganın E ve H vektörleri (Lorrain ve Corson'dan, 1970)

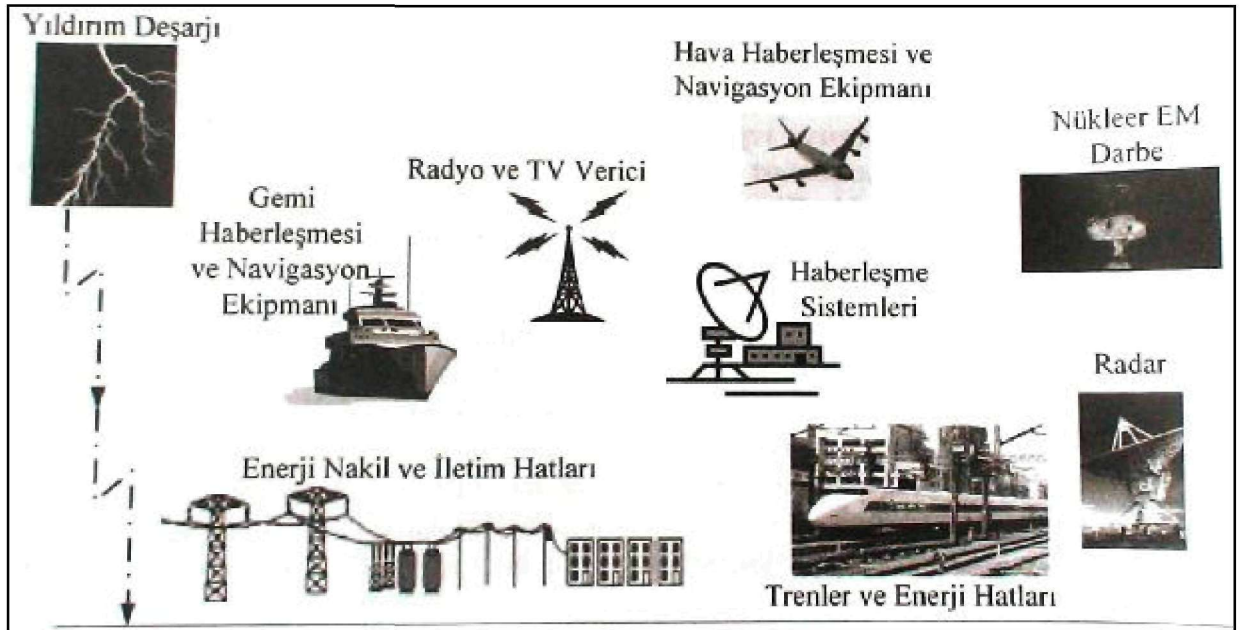
1.3.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)

Elektromanyetik uyumluluk, uluslararası standartlarca 'bir aygıt, donanım veya sistemin, bulunduğu elektromanyetik çevre içinde, bu çevreyi veya diğer donanımları rahatsız edecek düzeylerde elektromanyetik gürültü oluşturmadan ve ortamdaki diğer

sistemlerin oluşturduğu girişimden etkilenmeden, kendisinden beklenen işlevleri yerine getirme yeteneği' şeklinde tanımlanmaktadır (Arı ve Özen, 2008).

Bir donanım, içinde bulunduğu kendi çevresine diğer cihaz veya sistemler tarafından yayılan elektromanyetik sinyallerden etkilenmemelidir. Aynı zamanda bu donanım tarafından yayılan EM ışınım, ortamda bulunan diğer cihazların fonksiyonlarını etkilememeli, yani bu aygıtlarda EM girişim problemleri oluşturmamalıdır.

Güçlü EM ışınım yayan sistemlere; radarlar, TV ve radyo yayın vericileri, haberleşme ekipmanları, hava ve denizde navigasyon amaçlı kullanılan sistemler örnek olarak verilebilir. Bu sistemler çalışma prensiplerinin bir zorunluluğu olarak EM enerji üretilip yayabilirler. Bunların yanında, normal çalışmalarının bir fonksiyonu olmaksızın EM enerji yayan sistemler de mevcuttur. Bu sistemlere ise enerji nakil hatları örnek olarak verilebilir (Arı ve Özen, 2008). Elektromanyetik kirlilik kaynağı olarak nitelenen bazı kaynaklar aşağıda Şekil 1.34'de verilmiştir.



Şekil 1.34. Elektromanyetik kirlilik kaynakları (Arı ve Özen'den, 2008)

Elektromanyetik girişim (EMG) kaynakları, elektrik-elektronik aygıtlar üzerindeki temel etkilerine göre sınıflandırılırlar. Ana işlevleri gereği EM sinyal yayan radar, haberleşme ve TV vericileri bir grupta değerlendirilirken, temel işlevleri gereği EM sinyal yaymak zorunda olmadıkları halde, çevreye istenmeyen EM gürültü yayabilen elektronik devreler, motorlar ve araçların kontak sistemleri ise ayrı bir grupta

değerlendirilir. EMG kaynakları, fonksiyonel olanlar ve fonksiyonel olmayanlar şeklinde sınıflandırıldıkları gibi doğal olanlar ve insan yapımı olanlar şeklinde de sınıflandırılabilirler. EMG, elektronik ve elektromekanik aletlerin elektriksel olarak çeşitli amaçlar için kullanımları esnasında oluşur. Bu girişim daha çok insan yapımı teçhizat ve cihazların kullanımıyla ortaya çıkar

Doğal kaynaklar, güneş ve yıldızlar, olağanüstü atmosferik hallerdir. Bunlar yıldırım, fırtına ve elektrostatik yük boşalmaları olarak sıralanabilir.

İnsan yapımı EMG kaynakları, çok yaygın bilinen TV sistemlerinden daha karmaşık yapıdaki telekomünikasyon sistemlerine kadar çok geniş bir aralıktaki aygıt ve sistemleri kapsar.

Elektromanyetik çevreyi kirleten bazı kaynak tipleri ve bu kaynakların ortamda yarattıkları kirlilik seviyeleri hakkında bir fikir verebilmek için Çizelge 1.4’de bazı örnekler verilmiştir. Çizelge 1.5’de günümüzde yaygın olarak kullanılan elektrikli ev aletlerinin 30 cm yakınlarında oluşturdukları elektriksel alan değerleri (V/m) ve Çizelge 1.6’da ise bazı elektrikli ev aletlerinin farklı mesafelerde oluşturdukları manyetik alan şiddetleri (μT) verilmiştir.

Elektrik ve elektronik cihaz sayılarının sürekli olarak artması, elektromanyetik girişim problemlerinin de artmasına neden olmaktadır. Literatürde EM girişimlerin sebep olduğu arızalardan kaynaklı kaza sayılarında ciddi artışlar rapor edilmektedir.

1.3.3. Desibel Tanımı

Desibel veya dB terimi, güç kazancını veya kaybını tanımlamak için kullanılan bir ölçü birimidir. dB tanımlanmış referans değere göre hesaplanan bir büyüklüktür.

Temel büyüklüklere ait dB ifadelerini elde edebilmek için Şekil 1.35’de verilen amplifikatör devresini dikkate alalım. Devrede, iç direnci (R_S) olan (V_S) kaynağının uçları kuvvetlendirici girişine bağlanmıştır. Kuvvetlendirici çıkışında ise yük direnci (R_Y) bulunmaktadır. Kuvvetlendirici giriş büyüklükleri (V_i , I_i ve R_i) iken çıkış değişkenleri (I_o ve V_o) olarak tanımlanmıştır (Arı ve Özen, 2008).

Çizelge 1.4. Bazı kaynakların değişik mesafelerde oluşturdukları elektrik alan şiddetleri (Arı ve Özen'den, 2008)

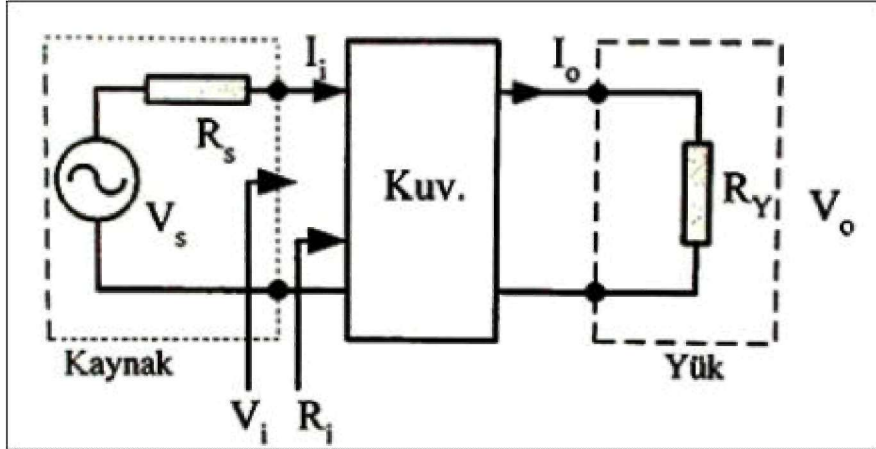
Toplam yayılan RF güç, radyo verici tipi	Yaklaşım Mesafesi			
	1 V/m	3 V/m	10 V/m	30 V/m
Tipik GSM telefon 0.8W	5m	1.6m	0.5m	0.36m
4\ V Telsiz. VHF veya UHF, tipik mobil	11 m	3.6m	1.1m	0.36m
10 W Acil servis, CB Telsiz	16m	5m	1.6m	0.5m
20W Araç mobil telefonu, hava, helikopter ve deniz VHF haberleşmesi dahil	25m	8m	2.5m	0.8m
100 Araç mobil telefonu (Taksi, acil servis) baz istasyonları	54m	18m	5.4m	1.8m
25kW darbeleri deniz radarı	850m	290m	89m	29m
100kW uzun dalga, orta dalga, FM radyo yayını	1.7km	580m	170m	58m
300kW VLF/ELF haberleşme, Navigasyon	3km	1km	300m	100m
5MW UHF TV verici	12km	4km	1.2km	400m
100MW darbeleri liman(gemi) radarları	55km	18km	5.5km	1.8km
1GW hava trafik kontrol ve hava radarları	170km	60km	17km	6km
10GW darbeleri bazı askeri radarlar	550km	180km	55km	18km

Çizelge 1.5. Bazı elektrikli ev aletlerinin 30 cm yakınında ölçülmüş elektrik alan değerleri (Arı ve Özen'den, 2008)

Elektrikli aletler	Elektrik alan şiddeti (V/m)
Stereo alıcılar	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost makinesi	80
Saç kurutma makinesi	80
Renkli TV	60
Kahve makinesi	60
Elektrik süpürgesi	50
Elektrik ocağı	8
Işık kaynağı	5

Çizelge 1.6. Bazı elektrikli ev aletlerinin çevrelerinde farklı mesafelerde oluşan manyetik alan şiddetleri (Arı ve Özen'den, 2008)

Cihaz	Manyetik alan şiddeti (μT)		
	3 cm	30cm	100 cm
Saç kurutma makinesi	6 - 2000	0.01-7	0.01-0.03
Tıraş makinesi	15-1500	0.08 - 9	0.01-0.03
Elektrik süpürgesi	200 - 800	2-20	0.13-2
Flüoresan lamba	40 - 400	0.5-2	0.02-0.25
Mikrodalga fırın	73 - 200	4-8	0.25-0,6
Taşınabilen radyo	16-56	1	<0.01
Elektrik ocağı	1-50	0.15-0,5	0.01-0.04
Çamaşır makinesi	0.8-50	0.15-3	0.01-0.15
Ütü	8-30	0.12-0,3	0.01-0.03
Bulaşık makinesi	3.5-20	0.6-3	0.07-0,3
Bilgisayar	0.5-30	<0.01	
Buzdolabı	0.5-1,7	0.01 -0.25	<0.01
Renkli TV	2.5-50	0.04 - 2	0.01-0.15



Şekil 1.35. dB tanımı için genel devre modeli (Arı ve Özen'den, 2008)

Kuvvetlendirici giriş ve çıkış güçlerine ait ifadeler sırasıyla Denklem 1.1 ve Denklem 1.2'de verilmiştir.

P_i : Giriş gücü

V_i , R_i : Kuvvetlendirici giriş büyüklükleri olmak üzere,

$$P_i = \frac{V_i^2}{R_i} \quad (1.1)$$

P_0 : Çıkış gücü

V_0 : Çıkış değişkeni

R_Y : Yük direnci olmak üzere,

$$P_0 = \frac{V_0^2}{R_Y} \quad (1.2)$$

Kuvvetlendirici için güç kazancı, çıkış gücünün giriş gücüne oranı olarak tanımlanır ve dB olarak Denklem 1.3 ile ifade edilir.

$$\text{Güç Kazancı} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_i} \right) [\text{dB}] \quad (1.3)$$

Burada güç ifadeleri yerine yazılırsa Denklem 1.4 elde edilir.

$$\text{Güç Kazancı} = 10 \log_{10} \left(\frac{\left(\frac{V_0^2}{R_Y} \right)}{\left(\frac{V_i^2}{R_i} \right)} \right) [\text{dB}] \quad (1.4)$$

Logaritma özelliklerinden yararlanarak Denklem 1.4'deki ifade Denklem 1.5'deki gibi düzenlenebilir.

$$\text{Güç Kazancı} = 20 \log_{10} \left(\frac{V_0}{V_i} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{R_Y}{R_i} \right) [\text{dB}] \quad (1.5.)$$

Denklem 1.5'de $R_Y = R_i$ olması durumunda, gerilim ve akım oranlarına bağlı Denklem 1.6'daki gerilim kazancı ve Denklem 1.7'deki akım kazancı ifadeleri elde edilir.

$$\text{Gerilim kazancı} = 20 \log_{10} \left(\frac{V_0}{V_i} \right) [\text{dB}] \quad (1.6)$$

$$\text{Akım kazancı} = 20\log_{10}\left(\frac{I_0}{I_1}\right) [\text{dB}] \quad (1.7)$$

Genel formda iki büyüklüğün oranı olarak dB ifadelerinden güç oranları Denklem 1.8’de, gerilim oranları Denklem 1.9’da ve akım oranları Denklem 1.10’da verilmiştir.

$$\text{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \text{ (Güç oranları)} \quad (1.8)$$

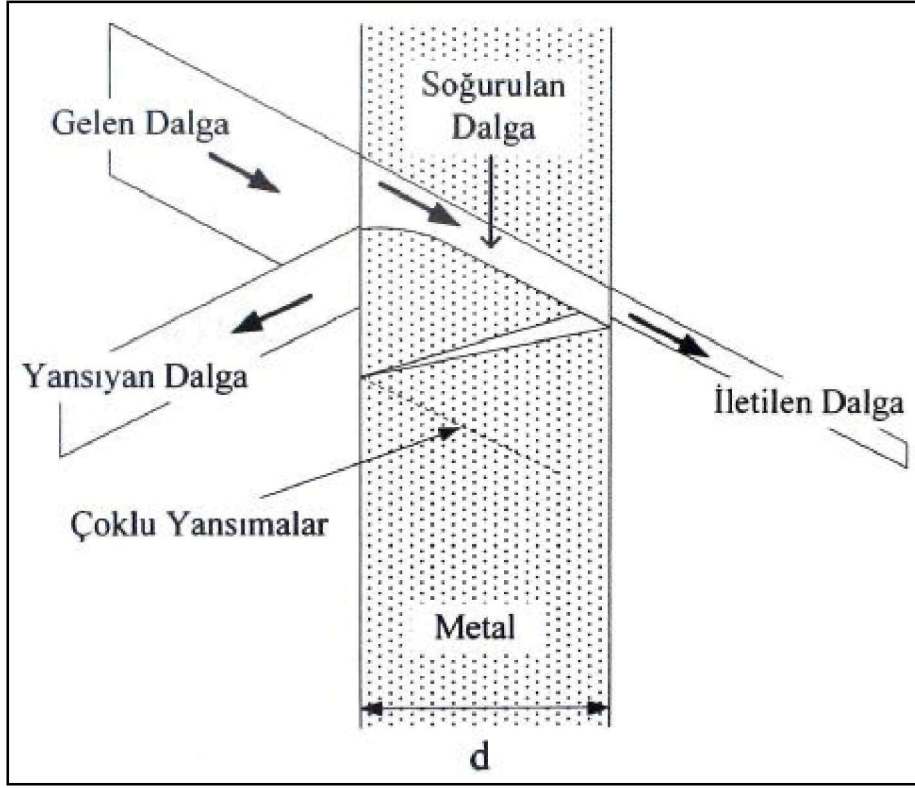
$$\text{dB} = 20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right) \text{ (Gerilim oranları)} \quad (1.9)$$

$$\text{dB} = 20\log_{10}\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \text{ (Akım oranları)} \quad (1.10)$$

1.3.4. Ekranlama Teorisi

Elektromanyetik enerjinin tanımlanmış bir bölgeye girişini tamamen veya kısmen engellemek ya da tanımlanmış bir kaynak bölgesi sınırları içerisinde kontrol altında tutmak amacıyla yapılan işleme ekranlama adı verilmektedir. Ekranlama, elektromanyetik girişim problemlerinin önlenmesinde başvurulan en temel yöntemlerden birisidir. Ekranlama malzemesi olarak genellikle, mükemmel iletken malzemeler kullanılır. Ekrana gelen EM dalgalar üç temel aşamada zayıflar. İlk olarak, gelen EM dalganın bir kısmı hava ekran sınırında yansır, daha sonra bir kısmı ekran içerisinde yutulur, absorbe edilir ve ayrıca ekran içerisinde çoklu yansımalara uğrar. Bu üç temel yaklaşım Şekil 1.36’da görülmektedir (Arı ve Özen, 2008).

Dolayısıyla bir materyalin toplam elektromanyetik koruma etkinliği, üç koruma mekanizmasının oluşturduğu koruma etkinliği toplamına eşittir. Bu ise, materyale çarpan alanın türü kadar materyalin gözenekliliği, kalınlığı ve elektriksel geçirgenliğine de bağlıdır (Chung, 2001; Yang vd., 2004).



Şekil 1.36. Metal ekran modeli (Arı ve Özen'den, 2008)

Bir kaynaktan EM ışıınım yayılması sonucu oluşan girişim, elektrik alan E_t ve ışıınımı ve manyetik alan H_t ışıınımı ile gerçekleşir. Alıcı sistem EM kaynağa yakın ise, (yakın alan) elektrik alan ve manyetik alan ayrı olarak ele alınır. Alıcı sistem kaynaktan uzak ise (uzak alan) EM ışııma, E ve H alanlarının birleşimi olarak veya elektromanyetik ışııma olarak tanımlanır. Bir kaynaktan yayılan alan karakteri, kaynağa olan mesafeye göre değişir (Arı ve Özen, 2008).

Pratikte koruma etkinliği; frekans, kaynak ile ekran arası mesafe, alanların kutuplaşması gibi çok sayıda parametreye bağlıdır. Kaynağa yakın olan bölgelerde alanlar yoğundur ve bunlar hem uzunlamasına hem de çapraz bileşenlerden oluşurlar. Bu tür alanlar, elektriksel alanın veya manyetik alanın baskın olması durumuna göre değişken olabilirler. Denklem 1.11'de gösterildiği gibi iki alan, elektriksel alan ve manyetik alanların teğetsel bileşenlerinin oranı olarak ifade edilen dalga empedansı ile ilişkilendirilir. Uzak alan bölgesinde bu oran, ortamın karakteristik empedansı adını alır.

Z : Dalga empedansı,

E_t : Elektriksel alan,

H_t : Manyetik alan olmak üzere;

$$Z = \frac{|\vec{E}_t|}{|\vec{H}_t|} \quad (1.11)$$

Böylece, elektriksel alanın baskın olduğu durumlar için dalga empedansı çok geniş, manyetik alanın baskın olduğu durumlar için dalga empedansı çok küçüktür (Kodali, 1996)

λ : Dalga boyu

r : Kaynağa olan mesafe

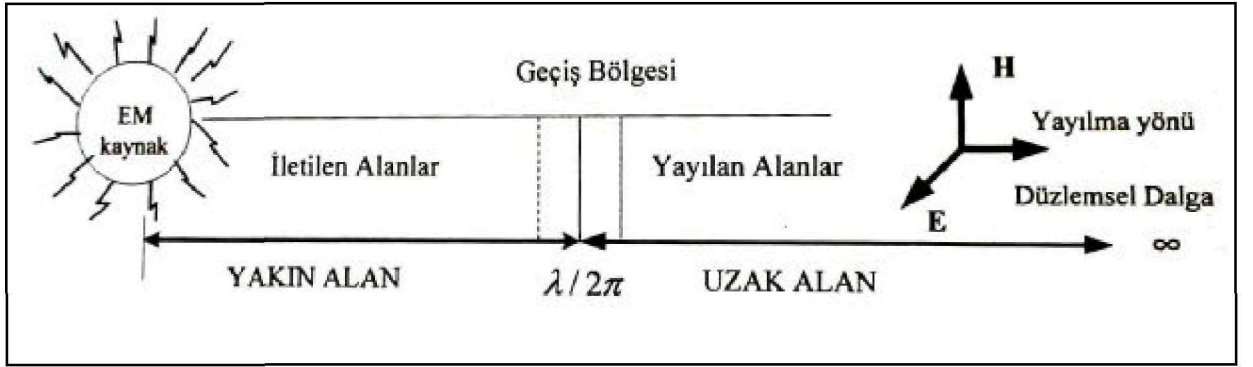
$\frac{\lambda}{2\pi}$: Sınır mesafesi

$r \ll \frac{\lambda}{2\pi}$: Yakın alan bölgesi

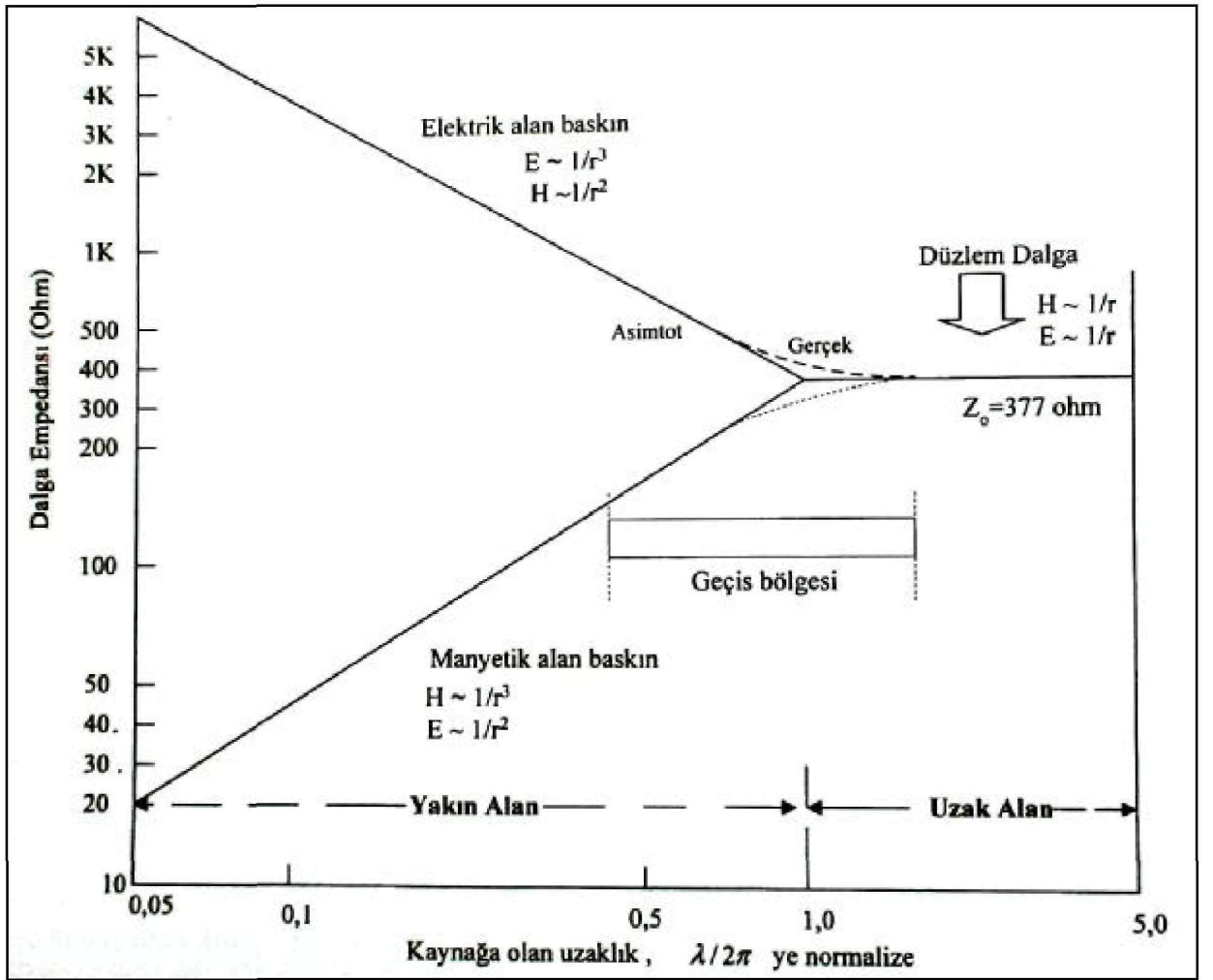
$r \gg \frac{\lambda}{2\pi}$: Uzak alan bölgesi

Sınır mesafesinden sonra elektromanyetik dalgalar düzlemsel dalga halini almaya başlar ki bu mesafeden sonra dalga empedansı artık sabittir ve Denklem 1.12’de gösterildiği şekli alır. Bu nedenle de ekranlamalar genellikle yakın alanda yapılmaktadır (Kodali, 1996). Şekil 1.37’de EM radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı ve Şekil 1.38’de dalga empedansının kaynaktan uzaklığa ve E veya H alanlarına göre değişimi görülmektedir.

$$Z = \frac{|\vec{E}_t|}{|\vec{H}_t|} = 120\pi \Omega = 377\Omega \quad (1.12)$$



Şekil 1.37. EM radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı (Arı ve Özen'den, 2008)



Şekil 1.38. Kaynak mesafesine bağlı olarak yakın ve uzak alan bölgeleri (Arı ve Özen'den, 2008)

Daha önceden de belirtildiği üzere ekranlama malzemesi olarak genellikle, mükemmel iletken malzemeler kullanılır. Bunun nedeni ise, iletkenlerin içinde elektrik alan olmaması ve diğer tarafına zayıflamış olarak geçecek olmasıdır.

Dalgalar, boşlukta ışık hızıyla yayılmaktadırlar. Çok iyi iletkenlerde bu hız, ses hızından daha yavaş olduğundan ilerleyemeyip sönerler. Oysa yalıtkanlarda hız, ışık hızından daha yavaştır ancak dalganın derine ilerleyip hatta geçmesine yeterlidir. Aşağıda Çizelge 1.7’de iletken malzemelerin iletkenlik değerleri verilmiştir. Çizelge 1.7’den de anlaşılacağı üzere bakır en iyi üç iletken arasında yerini almaktadır.

Çizelge 1.7. Bazı materyallerin bağıl iletkenlik değerleri (Ott’dan, 1988)

Materyal	Bağıl iletkenlik
Gümüş	1.05
Bakır	1.00
Altın	0.7
Aliminyum	0.61
Çinko	0.32
Pirinç	0.26
Nikel	0.20
Bronz	0.18
Platin	0.18
Kalay	0.15
Çelik	0.10

1.3.5. Elektromanyetik Koruma Etkinliği Ölçüm Prensipleri

Elektromanyetik dalgalar, uzayda bir kayıp olmaksızın enerji sinyalleri olarak taşınmaktadırlar. Dalga, farklı karakteristik empedansta bir ortamla buluştuğunda enerjisinin bir kısmı yansıtılarak hedefe ulaşamamakta ve dalga lossy bir ortamla buluştuğunda ise enerjisinin bir kısmı absorbe edilmekte ve yine hedefe ulaşamamaktadır (Middleton, 1992). Dolayısıyla daha önceden de belirtildiği gibi elektromanyetik dalga; genellikle materyalin yüzeyinden yansıma, materyal tarafından emilme veya materyalin içindeki çok yönlü iç yansıma ve geriye kalan dalganın iletimi yoluyla azaltılmaktadır. Bir materyalin toplam elektromanyetik koruma etkinliği, üç koruma mekanizmasının oluşturduğu koruma etkinliği toplamına eşittir. Bu ise, materyale çarpan alanın türü kadar materyalin gözenekliliği, kalınlığı ve elektriksel geçirgenliğine de bağlıdır. Günümüzde pek çok uygulama için emilim yoluyla elektromanyetik koruma yansıma yoluyla elektromanyetik korumadan daha önemlidir (Chung, 2001; Yang vd., 2005).

Metaller veya metal kaplı materyaller, 40-100 dB arasında elektromanyetik korumaya sahiptirler. Yine de bu materyaller elektromanyetik dalga emici olarak

kullanılamazlar. Deri kalınlıkların sıg olması nedeniyle, EM korumayı yüzeyden yansıtma yoluyla sağlarlar. Diğer taraftan, elektriksel olarak iletken polimerler, elektromanyetik dalgaları sadece yansıtma yoluyla değil aynı zamanda absorbe edebilme yetenekleri dolayısıyla da metalik koruyucu materyallere göre önemli bir avantaja sahiptirler. Emilim yoluyla elektromanyetik koruma, deri kalınlığının artmasına bağılı olarak artırılabilir ki bu da materyalin elektriksel iletkenliğinin değıştirilmesiyle sağlanabilir (Kim vd., 2002).

Metallerin yanı sıra, elyaf dolgulu plastikler, kaplama plastikler, iletken laminantlar, çeşitli kompozitler ve kumaşlar da elektromanyetik koruyucu materyaller olarak kullanım alanına sahiptirler. Dolayısıyla bu karmaşık yapılı materyallerin koruma davranışlarının tahminlenmesi de oldukça zordur. Koruma etkinliğini belirlemeye yönelik olarak bugün ‘levha-plaka ölçümü (insertion loss measurements)’ ve ‘kapalı kafes ölçümü (enclosure measurements)’ olmak üzere iki ana ölçüm tekniğı kullanılmaktadır. Levha-plaka ölçümü, materyalin düz ince bir levha formunda koruma etkinliğı (KE) değeriinin belirlenmesi iken; kapalı kafes ölçümü, tamamı materyalden yapılmış bir kafesin KE değeriinin belirlenmesi esasına dayanır. Levha-plaka ölçümü kullanarak KE değeriini belirleyen metod ve standartlardan bazıları; ASTM ES-7 çift odalı (dual chamber) test düzeneğı, ASTM ES-7 eşeksenli iletim hattı (coaxial transmission line), NBS flanşlı eş eksenli (flanged coaxial cell) test düzeneğı, Modifiye MIL-STD-285 test metodu ve ASTM D 4935 dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneğıdir. ‘ Kafes Ölçümü ’ tekniğinde ise çeşitli standartlara göre farklı boyutlarda kafesler yapılarak testler gerçekleştirilmektedir. Bunlardan; enjeksiyon ile kalıplanmış kapalı kafes test düzeneğı ve IEEE-STD-299 standardı ölçüm prensibi kısaca tanıtılmıştır.

Levha-Plaka Ölçümü: Levha-plaka ölçümü aşağıda Şekil 1.39’da (Wilson vd., 1986), gösterildiğı üzere ucuna verici anten bağılanmış güç kaynağı ile ucuna alıcı anten bağılanmış bir algılayıcının birbirlerine ulaştırdıkları gücün ölçümü prensibine dayanır. Bu teknikte, ilk adımda (a) güç kaynağına (T) bağılanmış verici anten ve algılayıcı (R) ucuna bağılanmış alıcı anten arasına test edilecek materyal konulmadan alıcı antene ulaşan güç (P_R) tespit edilir. İkinci adımda (b) ise verici ve alıcı antenler arasına test edilecek materyal konularak alıcı antene ulaşan güç (P_R^1) tespit edilir.

Sonuçta ise, alıcı antene ulaşan güçlerin oranı iletim kaybı değerini (IL) yani koruma etkinliği (KE) değerini verir. IL değeri Denklem 1.13’de verilmiştir (Kinningham and Yenni, 1988).

IL :İletim kaybı (Insertion Loss), koruma etkinliği (KE)

T :Güç kaynağı

R :Algılayıcı

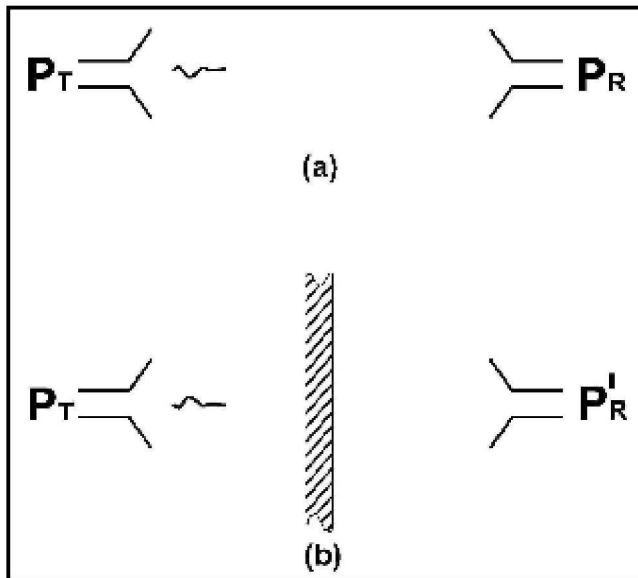
P_T :Güç kaynağından yayılan güç

P_R :Antenler arasında ekran yokken algılayıcıya ulaşan güç

P_R^I : Antenler arasında ekran varken algılayıcıya ulaşan güç olmak üzere,

$$IL = KE = 10 \log \left(\frac{P_R}{P_R^I} \right) \text{dB} \quad (1.13)$$

Levha-plaka ölçüm tekniği, materyalin ilk değerlendirilmesinde daha çok kullanılır. Bu ölçümler için birkaç inch^2 veya feet^2 numune alanı yeterlidir.



Şekil 1.39. Levha-plaka ölçüm tekniği (Wilson vd.’den, 1986)

Kapalı Kafes Ölçümü: Bu tekniğin prensibi, elektromanyetik etkinliği ölçülmek istenilen materyalden bir prototip kafes yapılarak içine kafesin duvarlarından yayılan gücü ölçecek bir antenin yerleştirilmesi esasına dayanır. Bu teknikte koruma etkinliği, hem her hangi bir deliğin şekli, boyutu ve yerleşiminden hem de materyalin elektriksel performansından etkilenir. Esas üründe karşılaşılan çoklu yansıma problemleri burada da açıkça görülmektedir. Ancak bu yöntemin sakıncası, bazı prototiplerin çok büyük boyutlarda olabileceğidir (Kinningham ve Yenni, 1988).

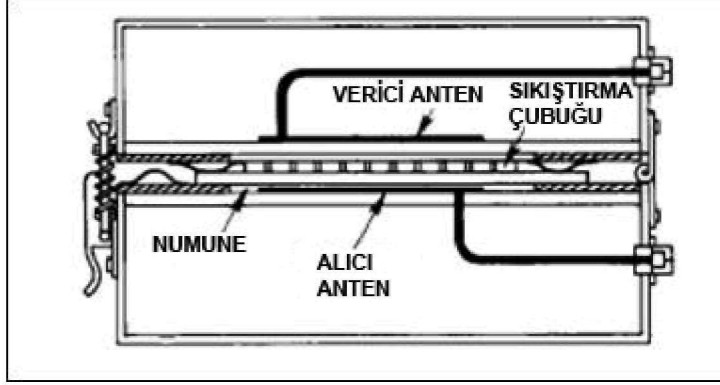
1.3.5.1. Levha-plaka Ölçüm Tekniğine Göre Test Metodları ve Standartları

ASTM ES-7 Çift Odalı Test Düzeneği (Dual Chamber): ASTM ES-7 test standardında tanımlanan ‘Çift odalı test düzeneği’ yakın alandaki koruma etkinliğinin belirlenmesi için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu test düzeneği 1983’de ASTM tarafından piyasaya tanıtılmıştır. Bu testler için küçük boyutlarda numuneler kullanılır. İki odacığa da, yayılan enerjiyi yaymak veya almak için küçük antenler monte edilmiştir. Bu metot ile yapılan ölçümlerde, ilk adımda verici anten ve alıcı anten arasına test edilecek materyal konulmadan alıcıya ulaşan güç tespit edilir. İkinci adımda ise verici ve alıcı antenler arasına test edilecek materyal konularak alıcı antene ulaşan güç tespit edilir. Sonuçta ise, alıcı antene ulaşan güçlerin oranı iletim kaybı değerini yani koruma etkinliği değerini (KE) verir. Bu değer daha önce belirtilmiş olan Denklem 1.13’e göre hesaplanır.

Bu sistemin avantajları; hızlı ve basit olmasının yanında büyük ve pahalı korumalı odalar gerektirmemesidir. Yine de, bir takım dezavantajları da mevcuttur. Kutu, fiziksel boyutlara bağlı olarak yansımadan kaynaklanan frekansa bağlı bir davranış sergilemektedir. ASTM ES-7 Çift odalı test düzeneği Şekil 1.40’de gösterilmiştir (Kinningham ve Yenni, 1988).

ASTM ES-7 Eşeksenli İletim Hattı (Coaxial Transmission Line): ASTM eşeksenli iletim hattı test ünitesi; merkezde geniş uçlara doğru daralan ve uçlarda, BNC bağlantısıyla bağlantı yapan bir ünedir. Dış iletken, 50 Ω ’ luk bir empedansı sağlayacak uygun boyutlara genişletilmiştir. Buna ek olarak, orta kesitinde, yeterli radyal esnekliği sağlayarak disk şekilli numuneyi tutabilecek, uzunlamasına yarıklar

vardır. Koruma etkinliği değeri daha önce Denklem 1.13’de verilen matematiksel formül temel alınarak hesaplanır.

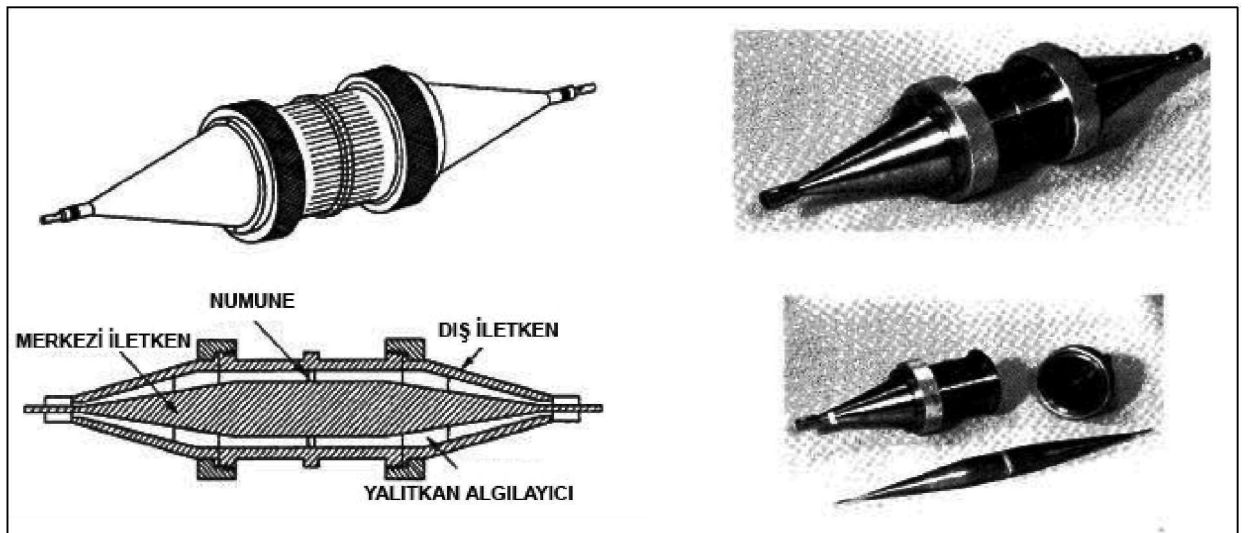


Şekil 1.40. ASTM ES-7 Çift odalı test düzeneği (Kinningham ve Yenni’den, 1988)

Yeterli bir elektromanyetik koruma ölçümü için, örnek ile iç ve dış iletkenler arasındaki elektriksel kontağın iyi bir şekilde sürdürülmesi çok önemlidir. Bu nedenle, bu standart, numunenin kenarlarının gümüş ile boyanmasını önemle belirtir.

Bu test düzeneği, iletken kaplamalar ve gizli iletken tabakaya sahip veya yüksek yüzey direncine sahip materyallerin testi için çok iyi sonuçlar vermemektedir (Kinningham ve Yenni, 1988).

ASTM ES-7 Eşeksenli iletim hattı Şekil 1.41’de verilmiştir.



Şekil 1.41. ASTM ES-7 Eşeksenli iletim hattı (Wilson vd.’den, 1988)

NBS (National Bureau of Standards) Flanşlı Eşeksenli Test Düzenegi (Flanged Coaxial Cell): Bu test düzenegi, ASTM ES 7 eşeksenli iletim hattında olduğu gibi numune ile elektriksel kontakt sağlama temeline dayanmaz. Düzenek, şekil olarak ASTM 'nin standardında belirtilen düzeneğe benzer ancak numune, düzenegin merkezine takılan flanşlara yerleştirilir. Bu da sinyali iletmek için, flanşın ortasından akımın geçmemesiyle, elektriksel-kontakt problemini elimine etmiş olur. Böylece, yüzeyi izole edilmiş materyallerin elektromanyetik koruma etkinliği ölçümleri de sorunsuz olarak yapılabilmektedir.

Ölçümler, referans ve gerçek ölçümler olmak üzere iki aşamada yapılır. Birinci aşama referans ölçümün yapıldığı aşamadır. Referans ölçüm için; ölçümü yapılacak olan materyalden, merkez ve dış halka iletkenlerinin boyutlarına eşit kesitler hazırlanır. Referans ölçüm sonucu elde edilen güç değeri P_0 değeridir. Esas ölçüm için yine materyalden yapılmış flanş çapına eşit bir kesit yapılır. Esas ölçüm sonucu elde edilen güç değeri ise P_1 'dir. Elektromanyetik koruma etkinliği değeri Denklem 1.14'de verildiği üzere iletim kaybı yöntemi temel alınarak hesaplanır.

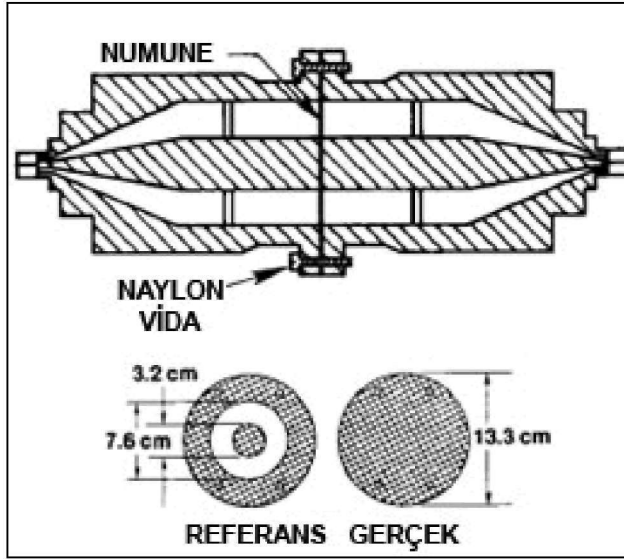
KE : Elektromanyetik koruma etkinliği

P_0 : Referans ölçüm sonucu elde edilen güç

P_1 : Esas ölçüm sonucu elde edilen güç olmak üzere,

$$KE = 10 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (1.14)$$

Referans örneklerde; boşluğun olduğu alan dalgaların materyalle karşılaşmadan yayıldığı serbest alandır. Bu test yönteminde; elektromanyetik koruma etkinliği ölçümüne hiçbir kontakt direnç ve kapasitans etki etmez. Bu da; bu yöntemi yüzeyi iletken olmayan materyallerin koruma ölçümleri için kullanışlı yapmaktadır (Adams ve Vanzura, 1986). NBS (National Bureau of Standards) Flanşlı eşeksenli test düzenegi Şekil 1.42'de verilmiştir (Kinningham ve Yenni, 1988).



Şekil 1.42. NBS (National Bureau of Standards) flanşlı eşeksenli test düzeneği (Kinningham ve Yenni'den, 1988)

Modifiye MIL-STD-285 Test Metodu: Modifiye MIL-STD-285 testi, plaka halindeki materyallerin SE ölçümlerinin yapılmasında kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, test edilecek numune, korumalı bir odanın duvarına açılmış bir deliğin üzerine yerleştirilir. Manyetik dalga yayan bir anten deliğin bir tarafına yerleştirilirken alıcı anten de deliğin diğer tarafına yerleştirilir. Ölçüm iki kademeli olarak yapılır. Önce deliğe numune yerleştirilmeden alıcı antene ulaşan değer (P_0) okunur, sonra araya numune yerleştirilerek alıcı antene ulaşan değer (P_1) okunur ve elektromanyetik koruma etkinliği değeri iletim kaybı tekniğine göre Denklem 1.15'e göre hesaplanır.

KE : Elektromanyetik koruma etkinliği,

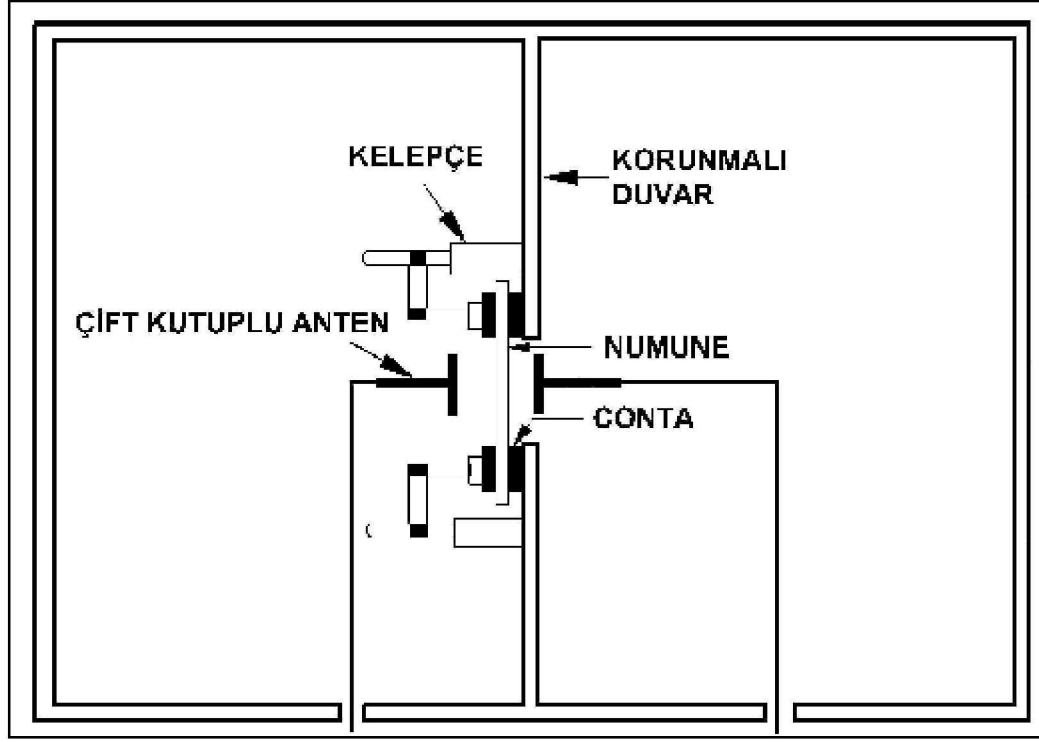
P_0 : Numune yerleştirmeden alıcı antene ulaşan değer,

P_1 : Numune yerleştirilerek alıcı antene ulaşan değer olmak üzere,

$$KE = 10 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (1.15)$$

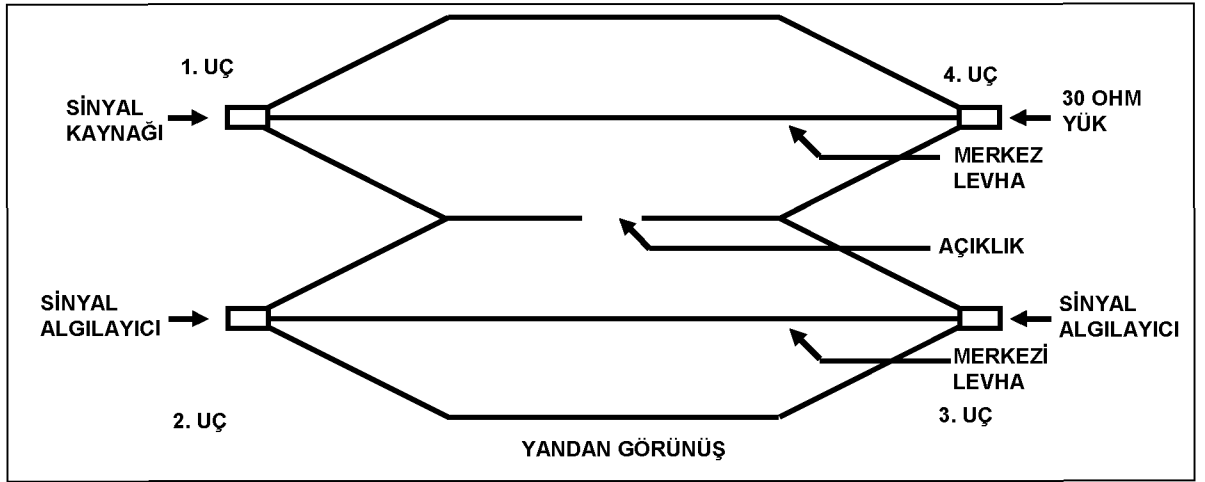
Bu yöntemde; testin tekrarlanabilirliği üzerindeki en çok karşılaşılan problemler, numune yüzey direncinin farklılaşması, delik boyutu, oda ve kabloda meydana

gelebilecek sızıntı ve çoklu yansımalarıdır. Modifiye MIL-STD-285 Test metodu Şekil 1.43’de verilmiştir (Kinningaham ve Yenni, 1988).



Şekil 1.43. Modifiye MIL-STD-285 test metodu (Kinningaham ve Yenni’den, 1988)

Çift TEM Ünitesi (Dual TEM Cell (DTEM)): Çift TEM ünitesi, elektrik ve manyetik alan çiftlerini ayırabilen tek tasarımdır. Bu teknik hem yakın alan hem de uzak alan iletim kayıplarını ölçebilmektedir. Çift TEM ünitesi, bir deliğin etrafına yerleştirilmiş iki üniteden ibarettir. Şekil 1.44’de gösterildiği üzere, uçlarda dört tane uç vardır. Uçlar, şekilde görüldüğü üzere 1’den 4’e kadar numaralandırılmıştır. Kaynak, 1 no’ lu uca, uç 4 ile 50 ohm’luk bir dönüşüm yapacak şekilde bağlanırken, 2 ve 3 no’ lu uçlar alıcı ünite tarafında ve 1 ve 2 no’ lu uçlar aynı çıkışta olacak şekilde tasarlanmıştır. İki adet (2 ve 3 no’lu) alıcı uç tasarımının bulunmasının nedeni ise aynı anda hem elektrik alan hem de manyetik alanla ayrı ayrı çalışılabilmesi içindir. Dolayısıyla, çift TEM ünitesi, elektrik ve manyetik alan çiftlerini ayırabilen bir tasarımdır. Ayrıca bu test düzeneği, hem yakın alan hem de uzak alan iletim kayıplarının ölçülmesinde kullanılabilmektedir (Wilson vd., 1986).



Şekil 1.44. Çift TEM ünitesi (Wilson vd.'den, 1986)

ASTM D 4935 Dairesel Eşeksenli İletim Hattı (Circular Coaxial Transmission Line): Düz ve ince materyallerin koruma etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Özellikle ince kompozit materyallerin elektromanyetik koruma etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılmaya uygundur. Yüksek frekanslara kadar düz dalga koruma etkinliği ölçümleri yapılabilmektedir. Düzenek, network analizör cihazına iki ucundan da bağlı olan bir numune tutucudan ibarettir. Numune, iki parçadan oluşan numune tutucunun ortasına sıkıştırılmaktadır. Numune tutucu esasında, uçlara doğru daralan bir çift yönlü iletim hattıdır. Numune tutucunun her iki parçasında da yivli bir kısım vardır ki bu kısımlar, numune tutucunun tüm uzunluğu boyunca her noktada 50 ohm'luk bir karakteristik empedans oluşmasını sağlamaktadır. Ölçümler referans ve gerçek (reference, load) ölçümler olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır. Referans ve gerçek ölçümler için kullanılan numunelere ait geometriler Şekil 1.45'de gösterilmiştir. Numune boyutları kullanılan ASTM standardının türüne göre değişebilmektedir.

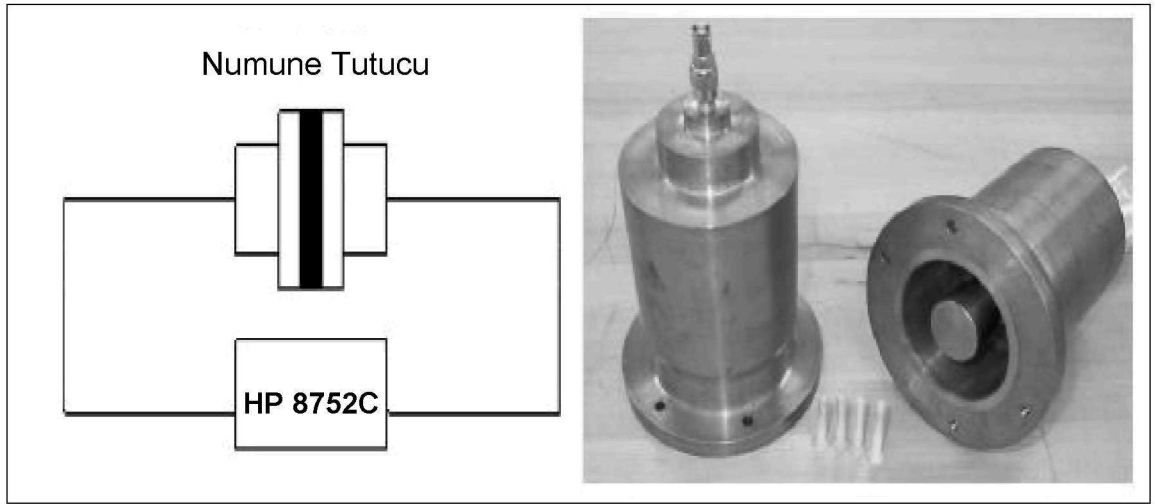
Koruma etkinliği değeri (KE), referans numune ile yapılan ölçüm sonucunda spektrum analizöre ulaşan gücün (P_0), gerçek numune ile yapılan ölçüm sonucunda ulaşan güce (P_1), oranı olarak ifade edilmektedir. Elektromanyetik koruma etkinliği değeri Denklem 1.14'de verilmiştir (Ma ve Kanda, 1986).

KE : Elektromanyetik koruma etkinliği,

P₀ : Referans numune ile yapılan ölçüm sonucunda spektrum analizöre ulaşan güç,

P₁ : Gerçek numune ile yapılan ölçüm sonucunda ulaşan güç,

$$KE = 10 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (1.14)$$

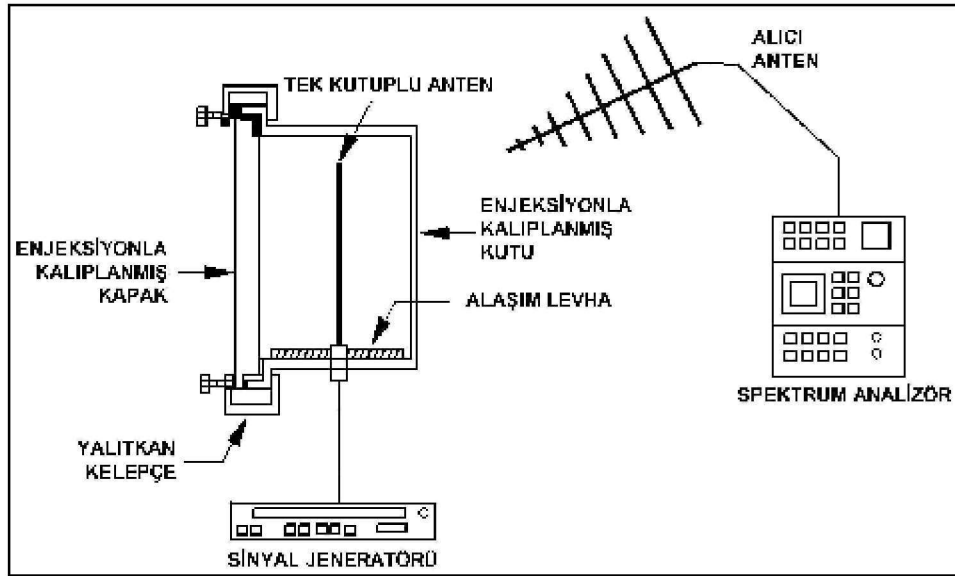


Şekil 1.45. ASTM D 4935 dairesel eşeksenli iletim hattı (Ma ve Kanda'dan, 1986)

1.3.5.2. Kapalı Kafes Ölçüm Tekniğine (Enclosure Measurement) Göre Test Metotları ve Standartları

Bir materyalin elektromanyetik koruma etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan ikinci teknik, bu materyalden yapılan bir prototip kafesin içine anten yerleştirilerek duvarlardan geçen güç yayınımları ölçmektir. Bu teknikte, koruma etkinliği değeri, yapılan prototip kafesin geometrik şekli, boyutu ve materyalin elektriksel performansından etkilenmektedir. Bu tip bir ölçümün avantajı, ürünün bir kafes şeklinde kullanımının tasarlandığı durumlar için gerçek kullanımda karşılaşılabilecek çoklu içsel yansımaların test esnasında da gerçekleşecek olmasıdır. Böylece ürünün gerçek kullanımına yönelik uygun bir ölçüm yapılmış olacaktır. Ancak bu yöntemin sakıncası, bazı prototiplerin çok büyük boyutlarda olabileceğidir. Aşağıda bu yöntemlerden ikisi kısaca açıklanmıştır.

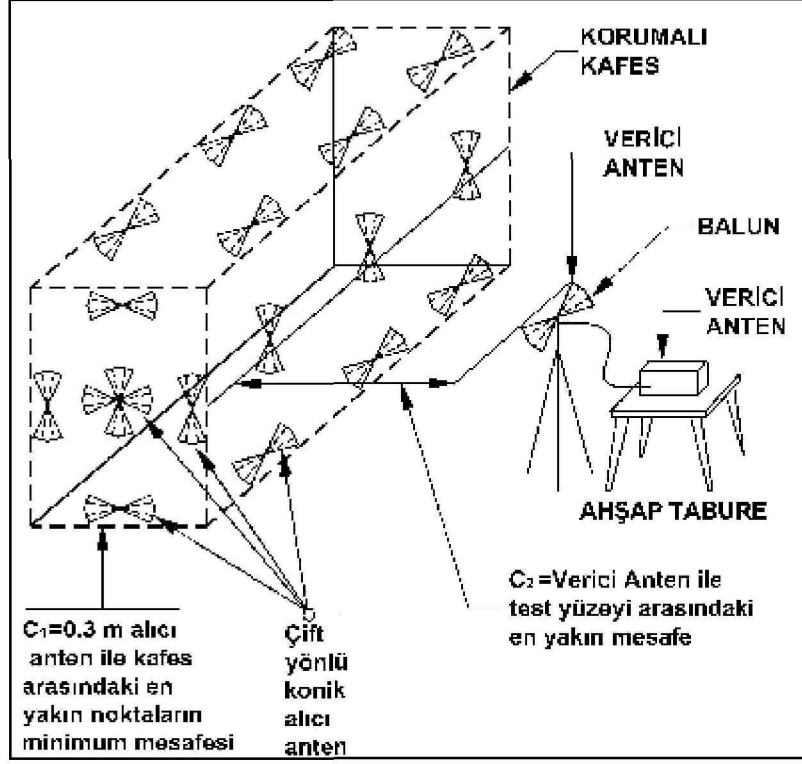
Enjeksiyon ile Kalıplanmış Kapalı Kafes Test Düzeneği: 18x25x18 cm boyutlarında, enjeksiyon kalıplama tekniğine göre numune materyalinden elde edilmiş kapak ve kutudan oluşmaktadır. 20 cm uzunluğunda tek kutuplu bir verici anten kapalı kafesin içinde pirinç bir zemine monte edilir. İlk ölçümde kutunun kapağı açık bir şekilde alıcı antene ulaşan güç P_0 , kaydedilir. İkinci ölçümde kapak, kutu üzerindeki yerine monte edilerek verici antenden alıcı antene ulaşan güç P_1 , kaydedilir. Kutunun içindeki verici antenden alıcı antene ulaşan güç kutunun üst kısmından başlayarak izlenmeye başlanır ve sonra kutu, antenin eksenini etrafında döndürülerek kutunun kenar ve tabanındaki güç transferi de izlenir. Test süresi boyunca alıcı ve verici anten arasındaki mesafenin sabit kaldığından emin olmak gerekmektedir. Koruma etkinliği değeri Denklem 1.13'e göre hesaplanır. Aşağıda Şekil 1.46'da enjeksiyon ile kalıplanmış kapalı kafes test düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.46. Enjeksiyon ile kalıplanmış kapalı kafes test düzeneği (Kinningham ve Yenni'den, 1988)

IEEE-STD-299: 9KHz- 100GHz frekans aralığında 2 m veya 2 m'den daha büyük kafeslerin elektromanyetik koruma etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu boyutlardan daha küçük kafeslerin ölçümü için uygun değildir. Çelik, bakır, alüminyum materyallerden kompozit ve kumaşlara kadar her türlü materyalden yapılmış kafeslerin ölçümü yapılabilmektedir. Test prosedürüne göre koruma etkinliği ölçümü yapılmadan önce referans ölçüm ve dinamik range'ın ölçümlerinin yapılması gibi adımların yapılması gerekmektedir. Farklı frekanslar için farklı tip

antenlerin kullanılması gerekmektedir. Test prosedürü, dışarıya yerleştirilen verici antenden kafesin içine yerleştirilen alıcı antene ulaşan gücün ölçülmesi esasına dayanır. Aşağıda Şekil 1.47’de IEEE-STD-299 standardına uygun test düzeneği ve yöntemi görülmektedir.



Şekil 1.47. IEEE -STD-299 ölçüm düzeneği

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Wilson vd. (1986), materyallerin elektromanyetik koruma yeteneklerinin ölçülmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada; çeşitli koruma etkinliği ölçüm tekniklerini ve sonuçları etkileyebilecek bazı faktörleri incelemişlerdir. İletim kaybı tekniğine göre yapılan ölçümlerde verilerin, ölçüm tekniğinin yanı sıra materyalin elektriksel ve fiziksel özelliklerine de bağlı olduğunu belirtmişlerdir. İletim kaybı değerlerinin; anten yerleşimi, anten tipi, alanın türü, temas direnci gibi faktörlerin tasarımına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla iletim kaybı tekniğiyle elde edilen verilerle anlamlı bir yorum yapabilmek için, ölçümlerin nasıl yapıldığının bilinmesi ve anlaşılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Guy vd. (1987), koruyucu elbiselerin elektromanyetik koruma etkinliklerinin ölçülmesi üzerine yaptıkları çalışmalarda dört farklı koruyucu elbise ile testler yapmışlardır. Testler iletim kaybı tekniğine göre bir insan maketinin karşısına giysi giydirip ve giydirilmeden yapılmıştır. Bu giysilerden elde ettikleri en iyi zayıflatma değerinin 40 dB olduğunu belirtmişlerdir.

Blanchard vd. (1988), metalize kumaşlarla kaplanmış kafeslerin elektromanyetik koruma etkinliklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmışlardır. Çalışmalarında, nikel kaplı polyester monofilament iplik ve nikel kaplı multifilament iplik olmak üzere iki tür iplikle bez ayağı kumaşlar kullanmışlardır. 2X1.4X1.75 m ebatlarındaki ahşap kutuyu iletken kumaşlarla kaplayarak ölçümlerini 10 kHz- 130 MHz frekans aralığında yapmışlardır. Multifilament iplik ile bu frekans aralığında en fazla 50 dB koruma etkisi elde ederken monofilament iplik ile 55 dB koruma etkisi elde etmişlerdir.

Kinningham ve Yenni (1988), 'Elektromanyetik Koruyucu Materyaller İçin Test Metodları' adlı çalışmalarında, elektromanyetik koruyucu materyallerin koruma etkinliklerinin belirlenmesinde kullanılan test metodlarını tanıtmışlar ve hangi metodun en uygun ölçümü yaptığını belirlemeye çalışmışlardır. Halen endüstride, materyallerin EM koruma etkinliği değerlerinin ölçülmesinde kullanılan iki ana teknik olduğunu belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi; materyalin düz ince bir levha formunda KE (koruma etkinliği) değerinin belirlenmesi olan teknik (Insertion Loss),

ikincisi ise; tamamı materyalden yapılmış bir kafesin KE değerin belirlenmesi esasına dayanan kafes ölçüm (enclosure measurement) tekniğidir. Araştırmacılar deneysel çalışmalarında, kompozit materyallerden yapılmış plakalar kullanmışlardır. Ölçümler için; ASTM ES-7 çift odalı (dual chamber) test düzeneği, NBS flanşlı eşeksenli (flanged coaxial cell) test düzeneği, MIL-STD-285 test metodu ve kafes ölçüm yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, NBS flanşlı eşeksenli (flanged coaxial cell) test düzeneği kullanılarak yapılan ölçümlerde bu yöntem ile yapılan ölçümlerin, mükemmel tekrarlanabilirlik gösterdiğini ve hem yakın alan hem de uzak alan koruma değerlendirilmesinin yapılmasına izin verdiğini belirtmişlerdir. Yazarlar çalışmalarında, materyallerin KE değerlerinin tam olarak doğru bir şekilde belirlenebilmesi için levha –plaka ölçümleri ile yapılan ölçümlere ilaveten kafes ölçüm tekniği (enclosure measurement) ile yapılan ölçümlere de gerek olduğunu belirtmişlerdir. Kafes ölçüm tekniği ile yapılan ölçümlerde, kutunun yüzeyleri arasındaki iletkenliğin devamına bağlı olarak iletkenlik ne kadar yüksekse (yüzey direnci ne kadar düşükse) koruma etkinliği değerinin de o kadar yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Joyner vd. (1989), elektriksel olarak iletken bir kumaştan yapılmış elektromanyetik bir koruyucu elbisenin 200 kHz- 4 GHz frekans aralığındaki koruma etkinliğini araştırmışlardır. Elbisenin kumaşı, %75 saf yün ve %25 Bekinox liflerinden üretilmiştir. Elbisenin tasarımında; tamamen kapalı olması, her yerinde en az 20 dB’lik bir koruma sağlaması, güç tutuşur olması ve normal bir havalandırmayı sağlaması gibi minimum kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmanın sonucunda koruyucu elbisenin, geniş bir RF frekans aralığında güvenilir korumayı sağlayamadığını belirtmişlerdir. Elbisenin beden kısmı 20 MHz’de 10 dB den az bir koruma sağlamıştır.

Yoshino vd. (1990), farklı ölçüm metotları ve numune boyutunun elektromanyetik koruma etkinliği üzerine etkisini MIL-STD- 285 metodunu kullanarak araştırmışlardır. Sonuçta; numunenin boyutlarına, numunenin yerleştirildiği delik boyutuna ve farklı cihaz kullanımına bağlı olarak koruma etkinliği değerinin değiştiğini belirtmişlerdir.

Henn ve Cribb (1992), metalize kumaşların koruma etkinliklerinin modellenmesi ile ilgili yaptıkları çalışmalarda; hem dokuma hem de nonwoven kumaşlarda, metalize kumaşların düz dalga koruma etkinliğinin tanımlandığı bir model geliştirmişlerdir. Model, metalize kumaşların koruma etkinliklerinin tahminlenmesi için, homojen metal folyoların, ağların ve kalın delikli metal panellerin düz dalga koruma teorisini bir formülasyon içerisinde birleştirmektedir. Metalize materyalin koruma etkinliğinin belirlenmesinde, yüzey direnç etkisinin, maksimum kumaş gözenek boyutunun ve kumaş kalınlığının etkilerinin görüldüğü 10 MHz ‘den 17 GHz’e kadar ki veriler sunulmuştur. Model tahminleri, düşük ve yüksek bakır oranları içeren naylon non-woven kumaşların ölçülmesiyle elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda yazarlar, ölçülen ve tahminlenen veriler arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Pocai ve Bottari (1999), 'Koruyucu Giysilerin Elektromanyetik Karakterizasyonu' adlı çalışmalarında 20 micron çapında çelik tel içeren pamuk ipliğinden yapılmış dokuma kumaşlarla çalışmışlardır. Ölçümler farklı metodlar kullanılarak yapılmış olup bu metodlar; 14kHz- 18GHz frekans aralığı için korumalı bir kafes (shielded enclosure), 30-500MHz yakın alan için çift TEM ünitesi (dual TEM cell) ve 10-990 MHz uzak alan için dairesel eşeksenli iletim hattı (circular coaxial transmission line) metodu'dur. Korumalı kafes (shielded enclosure) metoduna göre, IEEE STD 299-1991 standardını referans alarak testlerini; 470X470 mm boyutlarında kumaş numuneleriyle, 2X2X1 m ve 4 mm kalınlığındaki aliminyum plakadan yapılmış bir korumalı kafesin 400X400 mm boyutundaki deliğini kapatarak gerçekleştirmişlerdir. Test prosedürü, kafesin dışına bir kaynağın ve içine ise bir algılayıcının yerleştirilerek, iletim kaybı (Insertion Loss) değerinin hesaplanması şeklindedir. Testler hem yakın alanda hem de uzak alanda yapılmıştır. Yakın alan testleri çift TEM ünitesi (dual TEM cell) kullanılarak yapılmış, uzak alan testleri ise dairesel eşeksenli iletim hattı (circular coaxial transmission line holder ASTM 4935-89) kullanılarak yapılmıştır. Yazarlar, testlerin sonucunda kumaşın özellikle 1 GHz in altındaki frekanslar için iyi değerler gösterdiğini belirtmişler ve kumaşın sıklığı artıkça daha iyi sonuçlar alındığını kaydetmişlerdir (45-50dB). Tüm sonuçların, kumaşın çift tabakalı formu kullanılarak da komfordan ödün vermeden, elde edilen iyi performans özelliklerini geliştirilebileceğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Cheng (2000), elik/polyester düz örme kumaşların üretimi ve elektromanyetik koruma etkililiklerini araştırmıştır. elik tellerin rlebilmesinin kolaylaştırılması ve maliyetin düşürülmesi için, ştapel elik ve polyester lifleri Ring ve OE-friksiyon eğirme yöntemleri kullanılarak karışım iplikler elde edilmiştir. Bu iplikler 14 G düz örme makinesinde kolaylıkla rlebilmişlerdir. Örme kumaşların 30kHz ile 3000 MHz frekans aralığındaki EMSE değerleri test edilmiştir. Testlerde en yüksek 20 dB koruma değeri elde edilmiştir. Örme yapısı, iplik tipi ve karışım oranının EMSE zerindeki etkileri tartışılmıştır. Sonuç olarak bazı elektronik ve elektriksel uygulamalarda yüksek EMSE değerine sahip kumaşların elektromanyetik koruma için uygun olduğu kanısına varılmıştır.

Dichen ve Suqiao (2000), metal ağların elektromanyetik koruma etkinlikleri üzerine çalışmışlardır. alışmalarında; test sonuçlarının kullanılan mateyalin çapı, ağ yapısı gibi faktörlere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca belirli bir frekansta ağ boyutunun, elektromanyetik koruma etkinliği üzerindeki etkisinin oldukça küçük olduğunu da belirtmişlerdir.

Hoeft ve Tokarsky (2000), Aramid ipliği ve nikel kaplı telden yapılmış dokuma kumaş numunelerinin elektromanyetik koruma karakteristiklerini 1 kHz- 3 GHz aralığında incelemişlerdir. lm sonuçlarında, akımın düşük ve yüksek frekanslarda farklı yollar izlediğini belirmişlerdir. 100 kHz'in altında akımın, tellerle iletilirken 10 MHz veya 100 MHz'in üzerindeki frekanslarda numune etrafında üniform olarak yayıldığını saptamışlardır. 10 MHz- 100 MHz aralığındaki frekanslarda koruma etkinliği değerinin 70 dB'den daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Tamburrano ve Sarto (2000), yeni geliştirilen koruyucu materyallerin 8 GHz'e kadar olan elektromanyetik özelliklerini incelemişlerdir. alışmalarında ASTM D 4935-89 standardında geliştirdikleri yeni bir test düzeneğinin performansını araştırmışlardır. Yeni test düzeneğinde numune tutucu daha küçük boyutlara indirgenmiştir. Yazarlar bu yeni numune tutucunun avantajlarını, daha geniş frekans aralığında ölçüm yapabilmek ve daha küçük boyutlarda numuneler ile çalışmak olarak belirtmişlerdir.

Kim vd. (2002), polyester kumaş/polypyrrole kompozit dokuma kumaşlarla yaptıkları çalışmalarında; yüzey morfolojisi, elektriksel iletkenlik, çevresel stabilite ve elektromanyetik koruma etkinliği özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda; kompozitlerin yansımaya olduğu kadar emilim yoluyla da elektromanyetik korumayı sağladıklarını, bunun yanında elektriksel iletkenliğin artmasıyla birlikte yansımaya korumanın da arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, elektromanyetik koruma etkinliğinin 1.5 GHz'e kadar geniş bir frekans aralığı için 36 dB civarında olduğunu açıklamışlardır.

Cheng vd. (2003), iplik ve kumaş özelliklerinin, dokuma kumaşların elektriksel özelliklerine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada; Dref III makinesinde çelik tel ve Kevlar veya Rayon stapel lifleri kullanılarak açık-uç iplik elde etmişler ve bunlardan bez ayağı ve 2/2 Dimi dokuma kumaşlar elde etmişlerdir. Elektromanyetik koruma etkinliği ölçümünü 300 kHz- 3 GHz frekans aralığında eş eksenli iletim hattı (coaxial transmission line) (ASTM ES 7-83) metodunu kullanarak test etmişlerdir. En yüksek elektromanyetik koruma değeri; ipliği en kalın olan ve atkı, çözgü sıklıkları en çok olan, 2/2 Dimi kumaşın ölçümü sonucunda 50 dB olarak ölçülmüştür.

Jou (2003), dokuma karbon elyafı kompozitlerinin elektromanyetik koruma özellikleri ile ilgili uniform yönlü yapılardan üç farklı kumaş tipiyle çalışmışlardır. Bu kumaş tipleri; bez ayağı, dimi ve uniform yönlü yapılardır. Bu yapılar epoxy ile basınç altında kalıplanarak 1 mm kalınlığında, 15X15 cm boyutlarında kompozit tabakalar elde edilmiştir. Koruma etkinliği ölçümleri coaxial transmission line method (ASTM D 4935) kullanılarak yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda; bez ayağı ve dimi tabakalar 50-60 dB'den daha yüksek değerlerle uniform yönlü yapılardan daha iyi koruma değerleri elde edilmiştir.

Kim vd. (2003), polypyrrole-naylon 6 kompozit kumaşların elektromanyetik girişime karşı koruma karakteristikleri ve elektriksel özelliklerini incelemişlerdir. Polypyrrole'in, naylon 6'dan mamul dokuma kumaşlara çok yüksek bir elektriksel iletkenlik kazandırdığını ve elektromanyetik koruma etkinliği değerlerinin 5-40 dB arasında olduğunu ve bu değerlerin iletkenlik ve kumaş tasarımına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Chen vd. (2004), dokuma ve örme tekniğinin birleştirilerek tasarlandığı yeni bir makinede üretilen örme-dokuma atkı yatırımlı kumaşların (co-weaving-knitting fabrics) elektromanyetik koruma etkililiklerini araştırmışlardır. Bu araştırmada ilmek ipliği ve çözgü ipliği olarak çelik/bakır/poliamid (PA) karışım iplikleri kullanılmıştır. Kumaşların üretimi için 3.5 inceliğe sahip makine kullanılmıştır. EMKE testleri, ASTM 4935-99 standardında tanımlanan eşeksenli iletim hattı (coaxial transmission line) metodu'na göre uzak alanda yapılmıştır. Kumaşların EMKE değerleri çok düşük değerlerde çıkmıştır. En yüksek EMKE değerine ise atkı yatırım ipliğinin kullanıldığı yapılarda rastlanılmıştır.

Koprowska vd. (2004), koruyucu özelliklere sahip yeni nesil tekstiller ile ilgili yaptıkları çalışmalarda, elektromanyetik yayınımlardan koruyabilecek yeni tekstil materyallerine pek çok alanda ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Metaller ile yapılan korumaların pahalı, ağır ve çoğu kez uygulamalar için uygun olmadığını ve dolayısıyla metallere alternatif olarak kaplama plastiklerin, çok tabakalı filmlerin veya tekstil materyallerinin kullanılmaya başladığını vurgulamaktadırlar. Alternatif yapıların metallere göre daha elastik özelliklere sahip olmalarının önemli bir avantaj teşkil ettiğini de belirtmişlerdir.

Lin vd. (2004), çelik/polipropilen ipliklerden elde ettikleri dokuma kumaşlar ile termoplastik kompozitler üretmişler ve bunların elektriksel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda ürettikleri kompozit malzemelerin 20-40 dB koruma etkinliğine sahip olduğunu ve bu yapıların elektromanyetik koruyucu uygulamalar için kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Muhl ve Obolenski (2004), tekstiller ve elektromanyetik yayılım üzerine olan çalışmasında elektromanyetik yayılımın prensipleri ve yayılımı azaltmanın ihtimalleri üzerinde durmuştur. Böyle bir korumayı tekstillerle başarabilmek için iletken olmayan ipliklerin (pamuk veya kimyasal lifler) bir kaplama uygulamasıyla veya bakır, gümüş veya benzeri materyallerle birleştirilerek iletken hale getirilmesinin gerektiğini belirtmiştir. Diğer faktörlere ek olarak, iletken tellerin kalınlığının, teller arasındaki mesafenin ve tekstil yapısının, yayılımının yoğunluğunun azaltılmasında kesin rol oynadığını belirtmiştir. IEEE-STD 299 standardına göre EMSE değerinin belirlenmesinde kullanılan ölçme metodu

tanıtılmış ve testler bu metoda göre yapılmıştır. Sonuç olarak, uygun iplikler kullanıldığında EMSE değeri 40 dB olan tekstil yapılarının üretilebileceği ve aynı zamanda yüksek kalitede tekstillerin tutum, kaplama ve emicilik gibi özelliklerinin de avantaj teşkil ettiğini belirtmiştir.

Yang vd. (2005), buharla elde edilmiş karbon nanolif destekli sıvı kristal polimer (LCP) kompozitlerin elektromanyetik girişime karşı koruma etkinliklerini incelemişlerdir. Buharla elde edilen karbon nanoliflerin, yüksek mukavemet ve modüle sahip olmaları, boyutlarının çok küçük olması, geniş yüzey alanına sahip olmaları ve çok iyi termal ve elektriksel özelliklere sahip olmaları nedeniyle polimerler için dolgu malzemesi olarak ideal olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca düşük maliyetli ve hafif olmalarının diz üstü bilgisayarlar, havacılık sanayi v.s için ideal olduklarını da vurgulamaktadırlar. Saf Sıvı Kristal Polimer ile karbon nanolif destekli sıvı kristal polimer kompozitlerin elektromanyetik girişime karşı koruma etkinliklerini test etmişler ve saf sıvı kristal polimerin elektromanyetik yayınıma karşı oldukça geçirgen olduğunu kristal içerisindeki nanolif oranının arttıkça koruma etkinliğinin de arttığını belirtmişlerdir.

Chen vd. (2008), dokuma-örme kumaş destekli polipropilen kompozitlerin elektromanyetik koruma etkinlikleri üzerinde çalışmışlardır. İletken olarak kullandıkları ipliklerde, çelik ve bakır tel kullanmışlardır. İletken iplikler, rotor makinesinde elde edilmiştir. Çalışmalarında, kompozit yapıların 50-70 dB EMKE değerlerine sahip olduklarını ve iplik tipi, iletken miktarı ve laminasyon açısı parametrelerinin EMKE üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Etkin elektromanyetik koruyucu örme yapıların geliştirilmesi ile ilgili olarak öncelikle iletken ipliklerin üretilmesi planlanmıştır. Çalışmada iki farklı amaç doğrultusunda iletken iplik üretilmiştir. Bunlardan birincisi örme kumaşların üretiminde kullanılacak olan iplik olup, pamuk/bakır tel bileşiminden oluşan ipliklerdir. İkincisi ise örme kumaş destekli kompozitlerin üretiminde kullanılacak olan iplik olup, aramid/polipropilen/bakır tel bileşiminden oluşan ipliklerdir. İplikleri oluşturacak materyallerin seçiminde bazı kriterler dikkate alınmıştır. Giriş bölümünde ayrıntılarıyla verildiği üzere elektromanyetik girişimlere karşı korunma amacıyla koruyucu olarak kullanılacak materyallerde bulunması gereken en önemli özellik iletkenliktir. Bu nedenle bu çalışmada, örme kumaşlardaki ve kompozitlerdeki iletkenlik özelliğini kazandırmak için bakır emaye tel kullanılmıştır. Bakırın, gümüşten sonra iletkenliğe sahip en yüksek materyal olması ve gümüşten daha ucuz olması bu çalışmada iletken olarak bakırın seçilmesinin en önemli nedenleridir. Emaye bakır kullanılmasının amacı ise zamanla telde oluşabilecek paslanmayı engellemektir. Kompozitlerin üretiminde destek materyal olarak aramid seçilmiştir. Bilindiği gibi aramid ve türevleri, yüksek mukavemetli ve yüksek sıcaklığa dayanıklı liflerdir. Bu çalışmada geliştirilen kompozit yapıların; elektrik-elektronik, inşaat, uçak sanayi vb. gibi pek çok alana uygulanabileceği düşünüldüğünde materyalin sahip olacağı yüksek mukavemet ve yüksek sıcaklığa dayanıklılık özelliklerinin ne derece önem arz ettiği anlaşılabılır. Çalışmada kullanılan aramid ipliği Nm 17/1 inceliğe sahip bir iplikdir. Kompozit materyallerin tasarımında iki veya dört kat örme kumaş kullanılması planlanmış ve bu amacın gerçekleştirilebilmesi amacıyla matriks materyal olarak polipropilen iplik kullanılmıştır. PP iplik 300 denye inceliğe sahip, 72 filamentten oluşan multiflament bir iplikdir. Çalışmada kullanılan iplikler, örme kumaş numuneleri ve kompozit numuneler ile ilgili bilgiler bu bölümün ilerleyen aşamalarında ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Elde edilen iplikler ve özellikleri Çizelge 3.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Çizelge 3.1’de de görüldüğü üzere beş farklı iplik tipi elde edilmiştir. İplik no1, iplik no 2 ve iplik no 3 ile tanımlanan iplikler örme kumaş numunelerinin

üretiminde kullanılan iplikler olup iplik no 4 ve iplik no 5 ile tanımlanan iplikler kompozit numunelerin üretiminde kullanılan ipliklerdir. İplik no 1; Ne 20/2 pamuk ve 0.10 mm bakır telden, iplik no 2; Ne 20/2 pamuk, 0.15 mm bakır tel ve iplik no 3 de; Ne 20/1 pamuk ve 2 Adet 0.15 mm bakır tel bileşimlerinden oluşmuşlardır. İplik no 4 aramid/polipropilen/ 0.15 mm bakır tel ve iplik no 5 ise aramid, polipropilen ve 2 Adet 0.15 mm bakır tel kullanılarak elde edilmişlerdir.

Çizelge 3.1. Örme kumaş ve örme kumaş destekli kompozit üretiminde kullanılmak üzere üretilen iplik özellikleri

İLETKEN İPLİK ÖZELLİKLERİ	
İPLİK NO 1	Ne 20/2 Pamuk/ 0.10 mm Bakır Tel
İPLİK NO 2	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır Tel
İPLİK NO 3	Ne 20/1 Pamuk/ 2 Adet 0.15 mm Bakır Tel
İPLİK NO 4	Aramid/Polipropilen/ 0.15 mm Bakır Tel
İPLİK NO 5	Aramid/Polipropilen/ 2 Adet 0.15 mm Bakır Tel

Çalışmanın ikinci kısmını, iletken iplikler ile örme kumaşların üretilmesi oluşturmaktadır. Örme kumaşlar giyim endüstrisinde kullanılmak ve kompozit oluşturmak üzere iki farklı amaç için üretilmişlerdir. Giyim endüstrisinde kullanılmak amacıyla üretilen kumaşlarda pamuk iplik ve bakır tel kullanılmış olup, kompozit oluşturmak üzere üretilen kumaşlarda ise aramid, bakır tel ve polipropilen iplik kullanılmıştır.

Aşağıda Çizelge 3.2’de iletken örme kumaş numunelerinin ve Çizelge 3.3’de ise örme kumaş destekli kompozit numunelerinin özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.2’de, G9 ile tanımlanan numune dışındaki diğer tüm örme kumaş numuneleri aynı makine sıklığında (makine sıklığı 4) örülmüşlerdir. G9 numunesi ise makine sıklık ayarı 3’e göre örülmüş ve sıklığın örme yapıların elektromanyetik koruma performansına olan etkisinin araştırılması amacıyla üretilmiştir. G2, G3, G4,

G5, G6, G7, G10 ve G11 kumaş numunelerinde Ne 20/2 pamuk ipliği ve 0.15 mm bakır tel kullanılmış olup, G8 ve G12 numunelerinde ise Ne 20/2 pamuk ipliği ve 2 Adet 0.15 mm bakır tel kullanılmıştır. G1 kumaş numunesinde ise Ne 20/2 pamuk ipliği ve 0.10 mm bakır tel kullanılmıştır. Kumaş numuneleri, düz örgü, atkı yatırımı düz örgü, 1x1 rib örgü, atkı yatırımı 1x1 rib örgü, yarım selanik örgü, çift çelik örgü, yatak kaydırmalı örgü, boşluklu kumaş yapısı (spacer fabric) ve atkı yatırımı boşluklu kumaş yapısı olmak üzere dokuz farklı yapıdan oluşmaktadır.

Kompozit yapılar elde edilirken farklı kat adedinde ve farklı laminasyon açılarında kompozitler üretilmiştir (Çizelge 3.3.). Kompozit numunelerde laminasyon açısı, kompozit numuneyi oluşturan örme kumaş katlarının örgü yönlerinin birbirlerine göre pozisyonlarını ifade etmektedir. Laminasyon açısı olarak 45^0 ve 90^0 olmak üzere iki farklı açı kullanılmıştır.

Ayrıca kompozit numuneler iki ve dört kat olmak üzere iki farklı kat adedinde üretilmişlerdir. Kompozit numuneler, Çizelge 3.3’de görüldüğü üzere; düz örgü, atkı yatırımı düz örgü, 1x1 rib örgü, atkı yatırımı 1x1 rib örgü, yarım selanik örgü, çift çelik örgü, boşluklu kumaş yapısı (spacer fabric) olmak üzere yedi farklı atkılı örme yapısı kullanılarak elde edilmişlerdir.

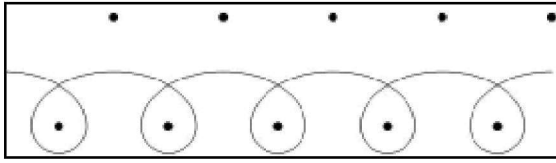
Çizelge 3.2. Örme kumaş numunelerinin özellikleri

İLETKEN ÖRME KUMAŞ NUMUNELERİ					
Numune No	Kumaş Yapısı	İlmek İpliği	Yatırım İpliği	Makine Sıklığı	Sıra/Çubuk Sıklığı (ilmek/cm)
G1	Düz örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.10 mm Bakır tel	—	4	9/4
G2	Düz örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	7/4
G3	Boşluklu Örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	8/6
G4	1X1 Rib örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	4/2
G5	Selanik Örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	2/3
G6	Yatak kaydırmalı örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	4/3
G7	Çift çelik örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	—	4	3/3
G8	Düz örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 2 Adet 0.15 mm Bakır tel	—	4	11/4
G9	Düz örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 2 Adet 0.15 mm Bakır tel	—	3	16/4
G10	Atkı yatırımlı boşluklu örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	4	8/6
G11	Atkı yatırımlı 1X1 Rib örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	4	4/2
G12	Atkı yatırımlı düz örgü	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	Ne 20/2 Pamuk/ 0.15 mm Bakır tel	4	12/2

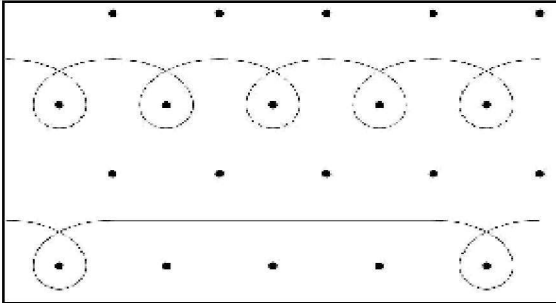
Çizelge 3.3. Örne kumaş destekli kompozit numunelerinin özellikleri

İLETKEN ÖRME KUMAŞ DESTEKLİ KOMPOZİT NUMUNELERİ							
Numune No	İlmek İpliği	Yatırım İpliği	Kumaş Yapısı	Kat Adedi	Laminasyon Açısı	Makine Sıklığı	Sıra/Çubuk Sıklığı (ilmek/cm)
K1	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Düz örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	7/4
K2	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Boşluklu Örgü	2	0°/90°	4	8/6
K3	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Yarım selanik Örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	2/3
K4	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Çift çelik örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	3/3
K5	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	1x1 Rib örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	4/2
K6	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	Atkı yatırılmış 1x1 Rib örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	4/2
K7	Aramid/PP/ 2 adet 0.15 mm Bakır tel	–	Düz örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	11/4
K8	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	Atkı yatırılmış düz örgü	4	0°/90°/0°/90°	4	12/2
K9	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Düz örgü	4	0°/45°/0°/45°	4	7/4
K10	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Yarım selanik örgü	4	0°/45°/0°/45°	4	3/3
K11	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	1x1 Rib örgü	4	0°/45°/0°/45°	4	4/2
K12	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Düz örgü	2	0°/90°	4	7/4
K13	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	Yarım selanik örgü	2	0°/90°	4	3/3
K14	Aramid/PP/ 0.15 mm Bakır tel	–	1x1 Rib örgü	2	0°/90°	4	4/2

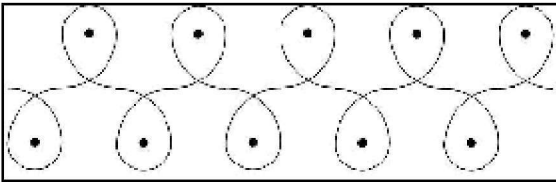
Aşağıda Şekil 3.1’de düz örgü, Şekil 3.2’de atkı yatırılmış düz örgü, Şekil 3.3’de 1x1 rib örgü, Şekil 3.4’de atkı yatırılmış 1x1 rib örgü, Şekil 3.5’de boşluklu örgü, Şekil 3.6’da atkı yatırılmış boşluklu örgü, Şekil 3.7’de yarım selanik örgü, Şekil 3.8’de çift çelik örgü ve Şekil 3.9’da yatak kaydırmalı örgüye ait iğne diyagramları verilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen örme yapılarına ait kumaş numune görüntüleri ise; Şekil 3.10’da düz örgü, Şekil 3.11’de atkı yatırılmış düz örgü, Şekil 3.12’de 1x1 rib örgü, Şekil 3.13’de atkı yatırılmış 1x1 rib örgü, Şekil 3.14’de boşluklu örgü, Şekil 3.15’de yarım selanik örgü, Şekil 3.16’da çift çelik örgü ve Şekil 3.17’de yatak kaydırmalı örgü olmak üzere yer almaktadırlar.



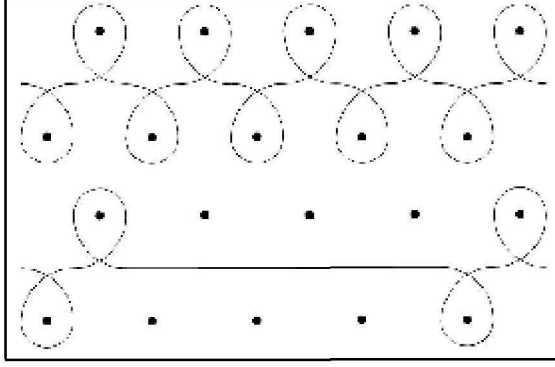
Şekil 3.1. Düz örgü iğne diyagramı



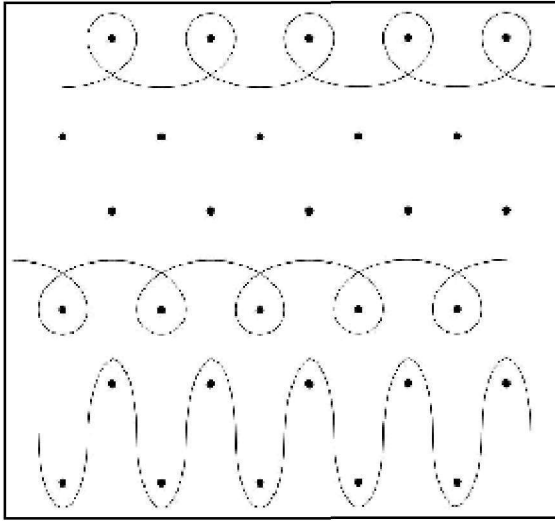
Şekil 3.2. Atkı yatırılmış düz örgü iğne diyagramı



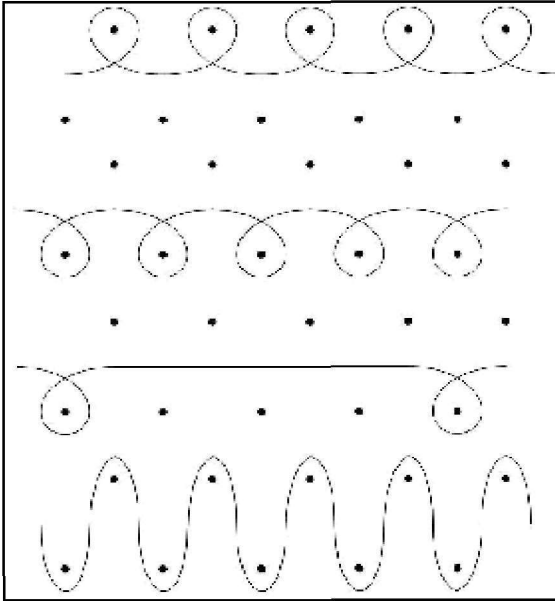
Şekil 3.3. 1x1 rib örgü iğne diyagramı



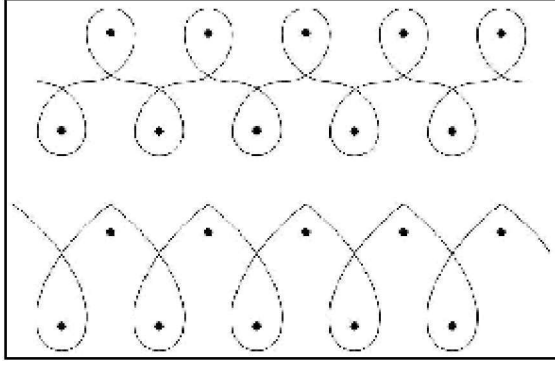
Şekil 3.4. Atkı yatırılmış 1x1 rib örgü iğne diyagramı



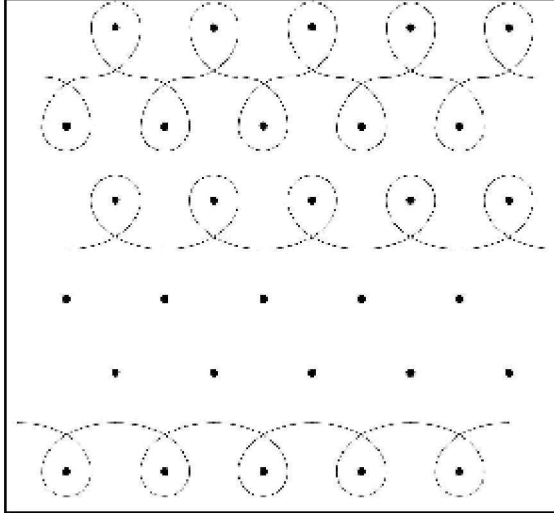
Şekil 3.5. Boşluklu örgü (Spacer) iğne diyagramı



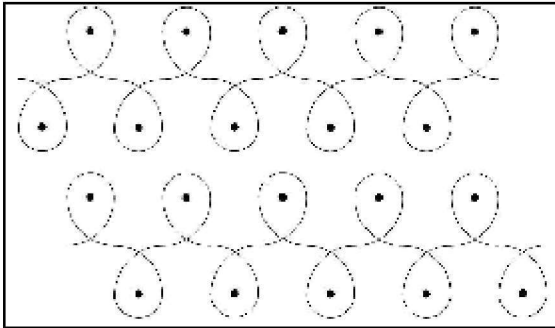
Şekil 3.6. Atkı yatırılmış boşluklu örgü iğne diyagramı



Şekil 3.7. Yarım selamk örgü iğne diyagramı



Şekil 3.8.Çift çelik örgü iğne diyagramı



Şekil 3.9. Yatak kaydırmalı örgü iğne diyagramı



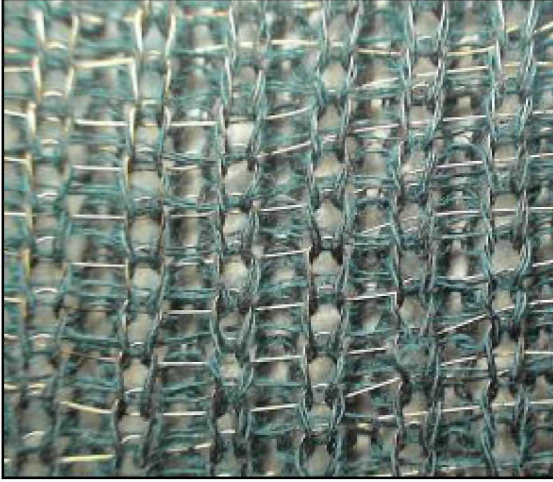
Şekil 3.10. Düz örgü kumaş görüntüsü



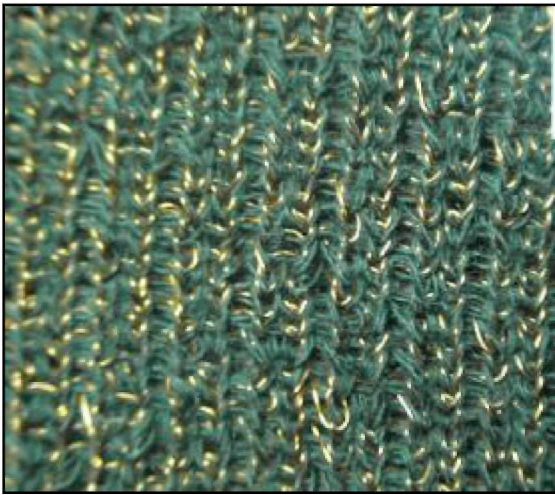
Şekil 3.11. Atkı yatırılmış düz örgü kumaş görüntüsü



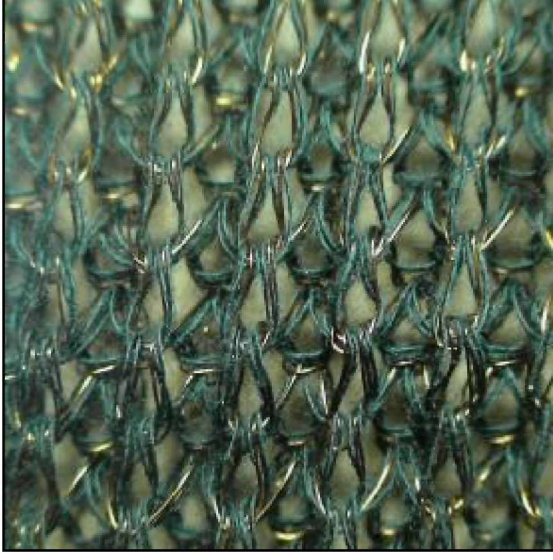
Şekil 3.12. 1x1 rib örgü kumaş görüntüsü



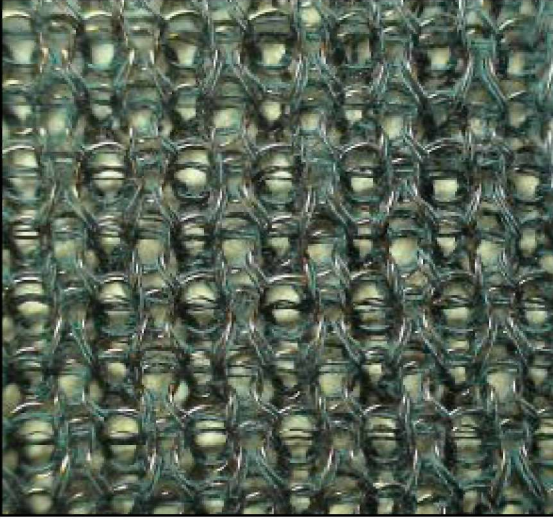
Şekil 3.13. Atkı yatırılmış 1x1 rib örgü kumaş görüntüsü



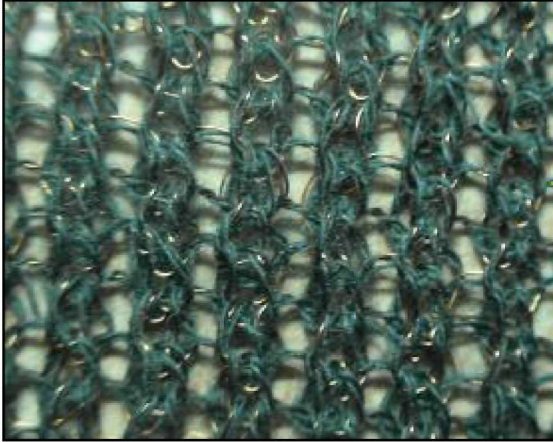
Şekil 3.14. Boşluklu örgü kumaş görüntüsü



Şekil 3.15. Yarım selanik örgü kumaş görüntüsü

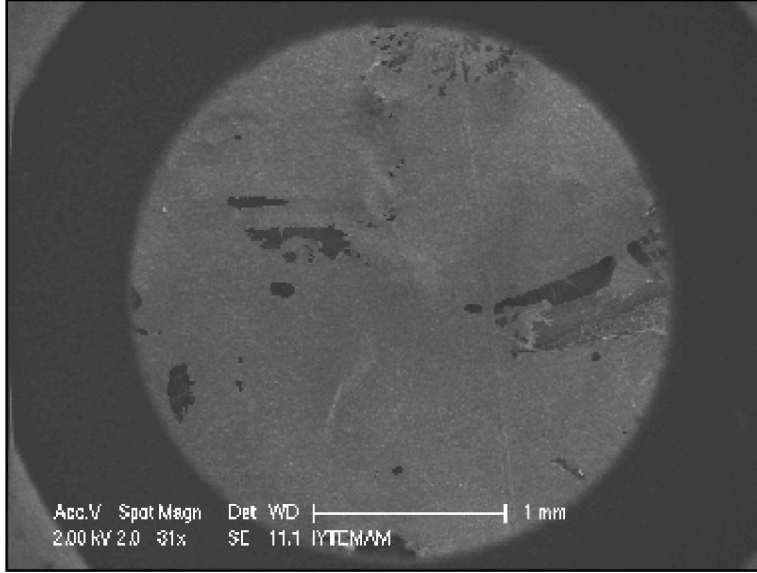


Şekil 3.16. Çift çelik örgü kumaş görüntüsü

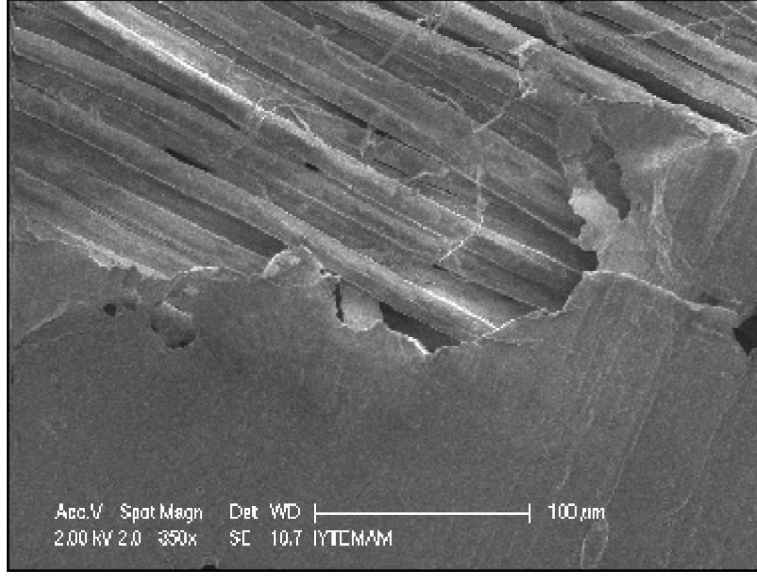


Şekil 3.17. Yatak kaydırmalı örgü kumaş görüntüsü

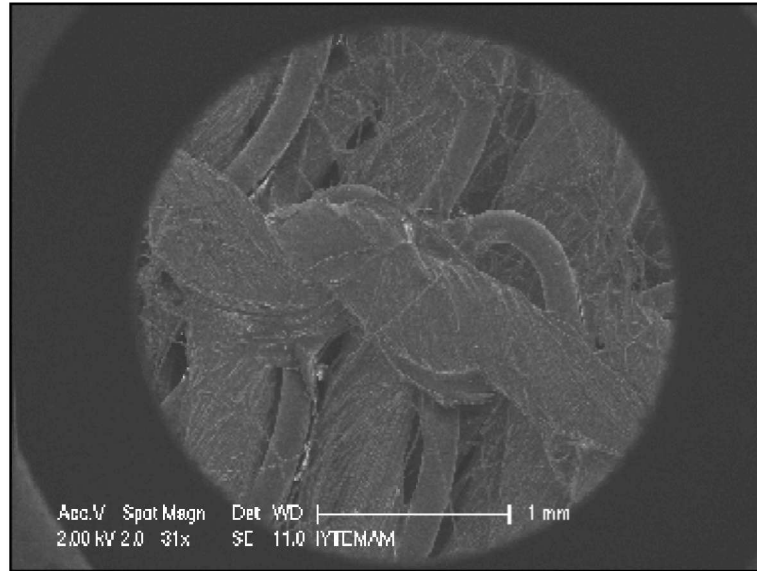
Aşağıda Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’da çalışmada preslenerek elde edilen kompozit numunelere ait SEM görüntüleri yer almaktadır. Şekil 3.18’e bakıldığında, kumaşın içinde iplik formunda yer alan polipropilenin presleme işlemi sırasında eriyerek kumaşın içine işleyip, kumaş tabakalarını birbirine yapıştırarak kumaşın yüzeyini nasıl kapladığı görülmektedir. Şekil 3.19’da ise kompozit numunenin preslenme sırasında ısıya maruz kalan ve kalmayan bölgelerinin yüzey görüntüleri görülmektedir. Sıcağa maruz kalan bölgedeki PP ipliği eriyerek kumaşın yüzeyini kaplamış fakat ısıya maruz kalmayan bölgedeki PP ipliği ise eriyemediği için yüzeyi kaplayamamış ve dolayısıyla kumaş yüzeyindeki iplikler görülmektedir. Aşağıda Şekil 3.20’de, örme kumaşlarda yer alan bakır tel ve iplikler; Şekil 3.21’de ise kompozit materyallerde yer alan bakır tel ve iplikler görülmektedir.



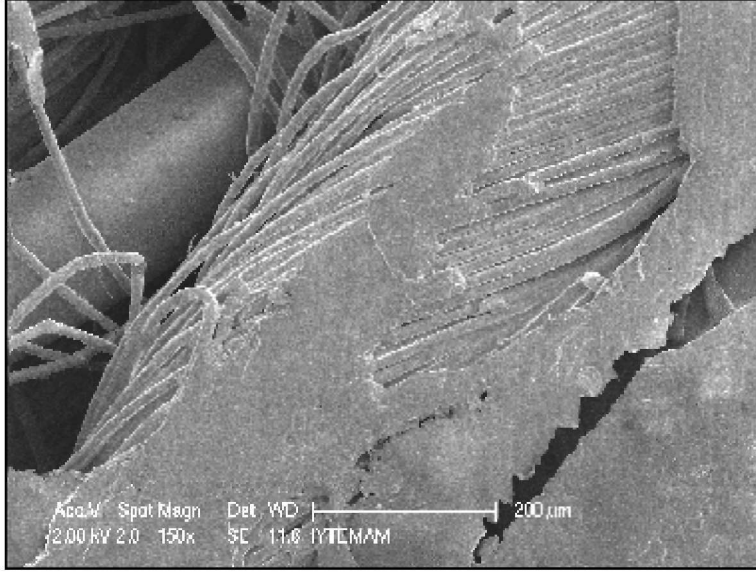
Şekil 3.18. SEM’de çekilmiş örme kumaş destekli kompozit numunelere ait yüzey görüntüsü



Şekil 3.19. Örme kumaş destekli kompozitlerde ısıcağa maruz kalan ve kalmayan bölgelerin SEM’de karşılaştırılması



Şekil 3.20. Örme kumaşlardaki bakır tel ve ipliklerin SEM’deki görüntüleri



Şekil 3.21. Kompozit materyallerdeki bakır tel ve ipliklerin yakından görünümü

3.2. Yöntem

Bu kısımda sırasıyla, iletken ipliklerin elde edilmesi, kumaş numunelerinin örülmesi, kompozitlerin elde edilmesi ve numunelere elektromanyetik koruma etkinliği testlerinin uygulanması yöntemleri üzerinde durulacaktır.

3.2.1. İletken İpliklerin Elde Edilmesi

Etkin elektromanyetik koruyucu örme yapıların geliştirilmesi ile ilgili olarak öncelikle iletken iplikler üretilmiştir. İletken iplikler Şekil 3.22’de görülen katlama ve büküm makinesinde üretilmiştir. Giyim sanayinde kullanılması planlanan örme kumaşlar için üretilecek ipliklerde pamuk ipliği ve bakır tel makinenin altında bulunan çaklığa yerleştirilmiş ve ikisi aynı anda makineye beslenerek katlama metodu ile iletken iplik elde edilmiştir. Kompozit numunelerin üretiminde kullanılacak ipliklerde ise aramid, bakır tel ve polipropilen iplik makineye beslenerek yine katlama metoduna göre iletken iplik elde edilmiştir. İpliklerin üretim aşamalarında bakır telin zaman zaman kendi çevresinde ilmek oluşturarak kıvrılması dışında her hangi bir problem ile karşılaşılmamış ve söz konusu problem bir kılavuz aparat ile giderilebilmiştir. Dolayısıyla Şekil 3.22’de görülen iplik katlama ve büküm makinesi kullanılarak katlı veya bükümlü iletken iplikler sorunsuz olarak üretilebilmektedir.



Şekil 3.22. İplik katlama ve büküm makinesi

3.2.2. Kumaş Numunelerinin Örülmesi

Elde edilen iletken iplikler; Şekil 3.23’de görülen, E7 inceliğe sahip V-yataklı düz örme makinesinde örülerek giyim sanayi ve kompozitler için atkılı örme kumaş numuneleri elde edilmiştir. Kumaş numunelerinin örülmesi sırasında bakır telin uyguladığı sürtünmelerden kaynaklanan iğne kırılmaları dışında herhangi bir problemle karşılaşılmamış olup yalnızca makine eninin küçük olması nedeniyle büyük numune boyutları elde edilememiştir.



Şekil 3.23. E7 incelikli v-yataklı düz örme makinesi

3.2.3. Kompozit Numunelerin Elde Edilmesi

Kompozit numuneler; Şekil 3.24’de görülen laboratuvar tipi sıcak pres makinesinde 230°C’de, kumaş konstrüksiyonuna ve istenilen kat adedine göre, farklı açılarla üst üste konularak 20-25 dakika 10 kg/cm²’lik basınç altında preslenerek elde edilmiştir. Presleme işlemi, numunelerin iki metal plakanın arasına sıkıştırılmasıyla yapılmıştır. Yüksek sıcaklıkla eriyen polipropilen ipliği, kumaşta yer alan ilmekler arasındaki boşlukları doldurarak kumaş katlarının birbirlerine yapışarak tutunmasını ve böylece kompozit formda bir yapı elde edilmesini sağlamıştır. Kompozit yapılar elde edilirken farklı kat adedinde ve farklı laminasyon açılarında kompozitler üretilmiştir (Bkz. Çizelge 3.3).



Şekil 3.24. Carver laboratuvar tipi sıcak pres makinesi

3.2.4. Numunelere Elektromanyetik Koruma Etkinliği Testlerinin Uygulanması

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda iletken kumaş ve kompozit yapıların elektromanyetik koruma performanslarının belirlenmesine; ASTM D 4935 standardına uygun ‘Dairesel eşeksenli iletim hattı (Circular Coaxial Transmission Line)’ test düzeneği ile yapılmasına karar verilmiştir (şekil 3.25).

ASTM D4935 Dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneğinin seçilmiş olmasının nedeni, benzer prensibe göre tasarlanan diğer bazı düzeneklerden farklı olarak (ASTM ES- 7 Coaxial Transmission Line Fixture), bu test düzeneğinde elektriksel kontak probleminin elimine edilmiş olmasıdır. Bu nedenle bu düzenek, yüzeyi kısmen veya tamamen izole edilmiş materyallerin elektromanyetik koruma performans testleri için daha uygun görölmektedir. Çalışmada araştırma yapılacak olan örme kumaş numunelerinin yüzeylerinin kısmen izole olmaları, kompozit numunelerin yüzeylerinin ise tamamen izole olmaları, bu materyallerin ekranlama verimliliği testlerinin yapılmasında coaxial test düzeneğinin seçilmesinin en önemli nedenidir (Cheng, 2000; Chen vd., 2004; Chen vd.,2008).



şekil 3.25. ASTM D 4935 standardına göre geliştirilmiş dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneği

ASTM D 4935 standardına göre geliştirilmiş dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneği, uçlarda bir SMA bağlayıcısıyla bağlantı yapan bir ünedir. Network Analyzer cihazı uçlara bağlanarak istenilen frekans aralığı taranmaktadır. Numune, ünitenin merkezindeki numune tutuculara yerleştirilmektedir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Dairesel eşeksenli iletim hattı test düzeneğinde bulunan numune tutucular

Elektromanyetik koruma performansının değerlendirilmesi, önce referans numunenin numune tutucular arasına konularak test edilmesi sonra da gerçek numunenin numune tutucular arasına konularak test edilmesi esasına dayanmaktadır. İki ölçümden sonra koruma etkinliği aşağıda verilen Denklem 3.1 ile hesaplanmaktadır.

KE : Koruma Etkinliği,

P_0 : Referans tutucular arasında iken geçen elektromanyetik güç (W/m^2),

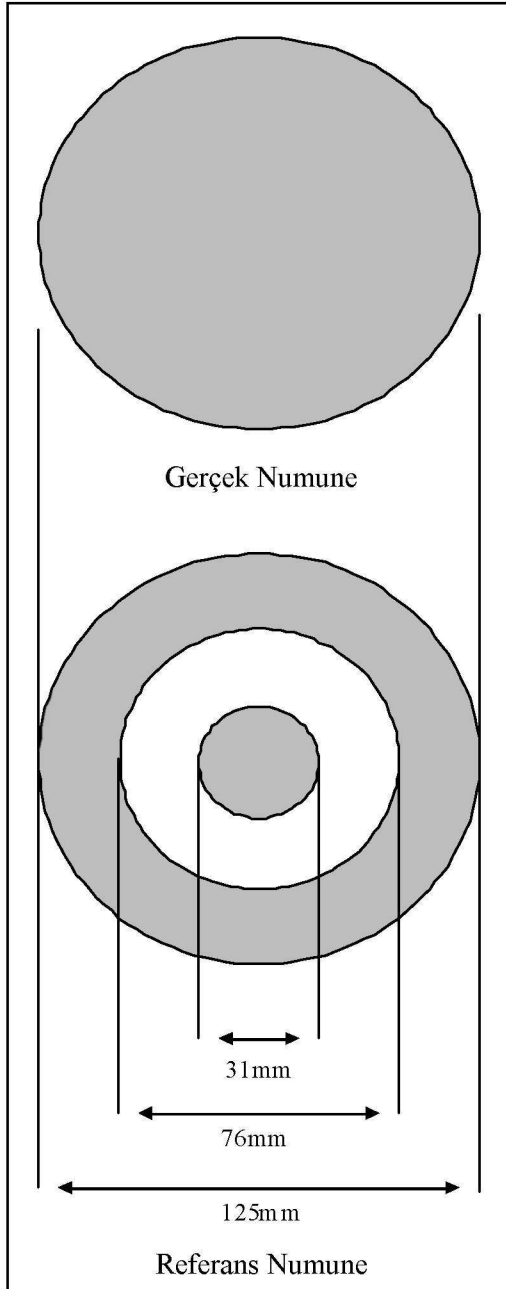
P_1 : Gerçek numune tutucular arasında iken geçen elektromanyetik güç (W/m^2) olmak üzere;

$$KE = 10 \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (3.1.)$$

Şekil 3.27’de görüldüğü üzere; referans ölçüm, ölçümü yapılacak materyalden iç iletkenin çapına eşit bir disk ile dış iletken-flanş boyutlarına uygun bir halka hazırlanıp numune tutucuların arasına konularak yapılmakta ve P_0 değeri saptanmaktadır. Esas ölçüm ise, yine ölçümü yapılacak materyalden dış numune

tutucu çapına eşit bir disk hazırlanarak cihazın merkezindeki numune tutucuların arasına konularak yapılmakta ve P_1 değeri saptanmaktadır.

Yukarıda bahsedilen test düzeneği kullanılarak kumaşların elektromanyetik koruma performanslarının değerlendirilmesi ile ilgili olarak kumaş konstrksyonun etkisi,ilmek sıklığının etkisi, iletken miktarının etkisi parametreleri araştırılırken kompozitlerde ise laminasyon açısı ve kat adedi parametreleri araştırılmıştır. Testler 27-3000 MHz frekans bandında gerçekleştirilmiştir.



şekil 3.27. ASTM D 4935 standardına göre referans ve gerçek ölçüm numune geometrileri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, ilk olarak materyal ve yöntem kısmında ayrıntılarıyla açıklanan iletken iplikler üretilmiştir. Sonra bu iletken iplikler ile iletken kumaş numuneleri örülmüş ve örülen kumaş numunelerinin bir kısmından örme kumaş destekli kompozitler elde edilmiştir. Son olarak ise iletken kumaş ve kompozitlere elektromanyetik koruma etkinliği testleri yapılmıştır. Geliştirilen bu materyallerin elektromanyetik performansları yöntem kısmında anlatılan ASTM D 4935 standardına uygun dairesel eşeksenli iletim hattı kullanılarak yapılmıştır. Materyallerin EM koruma performanslarının belirlenmesinde iletken kumaşlarda; örgü yapısı, iletken miktarı ve ilmek sıklığı parametreleri, kompozitlerde ise; kompoziti oluşturan kumaşın örgü yapısı, kumaş kat adedi, laminasyon açısı ve kullanılan iletken miktarı parametreleri incelenmiştir.

Tez çalışmasının bu bölümü, iletken örme kumaş numunelerinin ve kompozit numunelerin elektromanyetik performanslarının belirlenmesi olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır.

4.1. Kumaşlarda Elektromanyetik Koruma Etkinliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi

İletken örme kumaşlarda elektromanyetik koruma etkinliğini belirlemeye yönelik olarak; önce örgü yapısı sonra da sırasıyla iletken miktarı ve ilmek sıklığı parametreleri incelenmiştir.

İletken atkılı örme kumaş numuneleri ve özellikleri, daha önce (Bkz. Çizelge 3.2) verilmiştir. Bu numunelerin elektromanyetik koruma performansları, yöntem kısmında anlatılmış olan test düzeneği (Bkz. Şekil 3.24) kullanılarak belirlenmiştir. Toplam 12 adet örme kumaş numunesi 27-3000 MHz frekans bandında test edilmiştir. Örme kumaşlardan elde edilen EM koruma değerleri, söz konusu düzenek kullanılarak numune başına yapılan her beş ölçümün ortalama değerleridir.

Örme kumaş numunelerinin bazı frekanslardaki elektromanyetik koruma değerleri, aşağıda Çizelge 4.1’de verilmiştir. Numunelerin EM koruma etkinliği değerlerinin

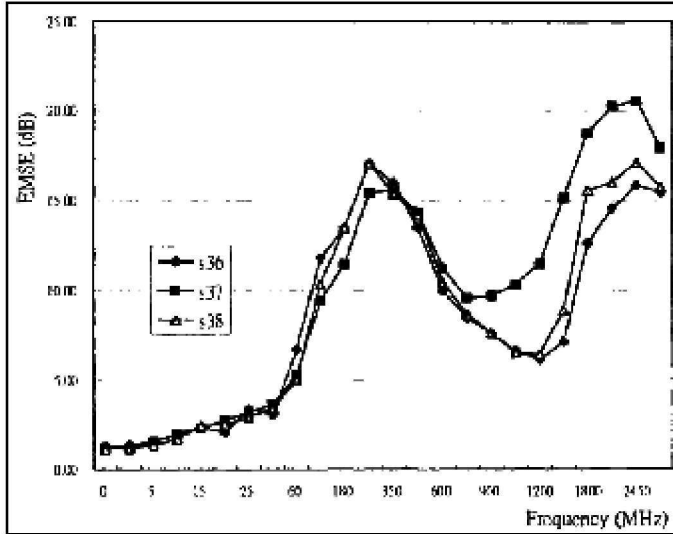
yaklaşık olarak 300 MHz frekansa kadar arttığı Çizelge 4.1'den görülebilmektedir. 300 MHz'den yaklaşık olarak 1000 MHz'e kadar olan frekanslarda ise zaman zaman artıp azalarak yüksek veya düşük EM koruma değerleri göstermişlerdir. 1000 MHz'den sonraki frekanslarda ise numunelerin genelinde EM koruma değerleri açısından ciddi bir düşüş olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Kumaş numunelerine ait EMKE değerleri

Frekans (MHz)	G1 dB	G2 dB	G3 dB	G4 dB	G5 dB	G6 dB	G7 dB	G8 dB	G9 dB	G10 dB	G11 dB	G12 dB
27	9,339	12,634	11,593	10,358	14,513	11,843	18,590	15,338	17,851	11,196	11,659	18,511
30	9,311	12,596	11,360	10,219	14,337	11,788	18,485	15,239	17,769	10,973	11,418	18,428
60	9,460	12,822	12,073	11,012	14,955	12,342	20,803	15,707	18,227	11,733	12,161	19,050
100	10,194	13,662	13,605	12,685	16,213	14,173	20,235	17,105	19,560	13,149	13,566	20,752
120	10,790	14,361	14,664	16,099	17,375	15,776	9,131	18,218	20,646	14,225	14,738	22,165
150	11,616	15,417	16,316	23,446	19,204	17,986	17,090	20,225	22,574	15,961	16,882	24,519
180	11,640	16,282	17,008	18,460	20,954	22,359	22,174	18,177	23,393	17,627	18,190	26,341
250	13,887	18,540	22,896	36,528	42,554	20,787	22,893	27,653	34,065	20,494	39,490	58,439
300	16,562	22,308	31,672	13,495	21,694	11,980	19,176	44,181	38,425	35,050	15,755	34,193
350	19,348	29,184	29,152	7,173	16,392	6,127	10,664	24,735	23,802	22,473	8,635	25,721
450	35,222	23,068	17,327	4,954	6,706	3,498	1,613	17,556	16,988	28,533	4,928	20,578
600	16,696	16,233	18,895	4,330	5,984	4,255	15,431	14,203	14,554	18,636	4,080	14,524
750	10,387	9,591	9,699	7,673	2,541	6,193	16,615	7,536	8,000	10,289	1,724	8,335
900	15,607	6,893	5,243	1,564	2,307	5,731	7,941	11,077	17,198	4,723	3,330	10,151
1060	7,072	7,977	7,083	3,415	2,297	4,693	7,485	7,025	9,079	7,605	10,161	9,639
1250	2,321	2,471	3,882	2,531	5,780	5,184	4,512	1,548	4,141	4,541	16,553	2,747
1500	2,033	2,038	1,271	0,915	3,699	0,439	2,494	1,488	1,871	5,006	2,392	2,354
1800	8,524	7,751	2,214	2,316	5,661	4,233	3,694	8,539	5,479	9,148	4,427	9,016
2100	2,553	0,385	5,288	-0,186	-0,268	-0,236	0,530	2,121	2,928	1,746	2,002	1,929
2500	2,928	4,614	1,138	-0,199	1,590	-0,386	1,251	3,809	4,634	4,588	1,998	1,632
3000	1,169	2,219	3,705	1,411	2,047	1,229	3,538	2,404	1,238	3,305	0,901	1,976

Cheng (2000), çelik/polyester düz örme kumaşların elektromanyetik koruma performansları üzerine yaptığı çalışmasında numunelerin 300 MHz'e kadar artan koruma değerlerine sahip olduğunu, 300-1000 MHz frekans aralığında azaldığını fakat 1000 MHz'den 3000 MHz'e kadar ki frekans aralığında tekrar yükseldiğini

belirtmiştir (Şekil 4.1). Cheng (2000)'in bu çalışmasında elde ettiği sonuç, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçtan biraz farklıdır. Bu tez çalışmasındaki örme yapılar, 1000 MHz'e kadar olan ölçümler için Cheng (2000)'in çalışmasındaki yapı ile benzer davranış sergilemiş ancak 1000 MHz'den sonra tamamen farklı bir davranış sergilemişlerdir. Bu durumun, çalışmalarda kullanılan iletken türü, iplik tipi, örgü sıklığı gibi farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği tespit edilmiştir. Cheng (2000), çalışmasında 14 inceliğe sahip bir örme makinesi kullanmış ve dolayısıyla örme yapılarındaki ilmek sıklıkları en düşük 14 çubuk/inch ve 26 sıra/inch şeklindedir. Bu değerler, bu tez çalışmasındaki örme yapılarının sahip olduğu değerlerden çok daha yüksek değerlerdir (Bkz. Çizelge 3.3). Dolayısıyla kumaş sıklığının bu derece artışı 1000 MHz'den sonraki frekanslarda olumlu bir etki yaratmış olabilir.



Şekil 4.1. Çelik/polyester düz örme kumaşların elektromanyetik koruma performansları (Cheng'den, 2000)

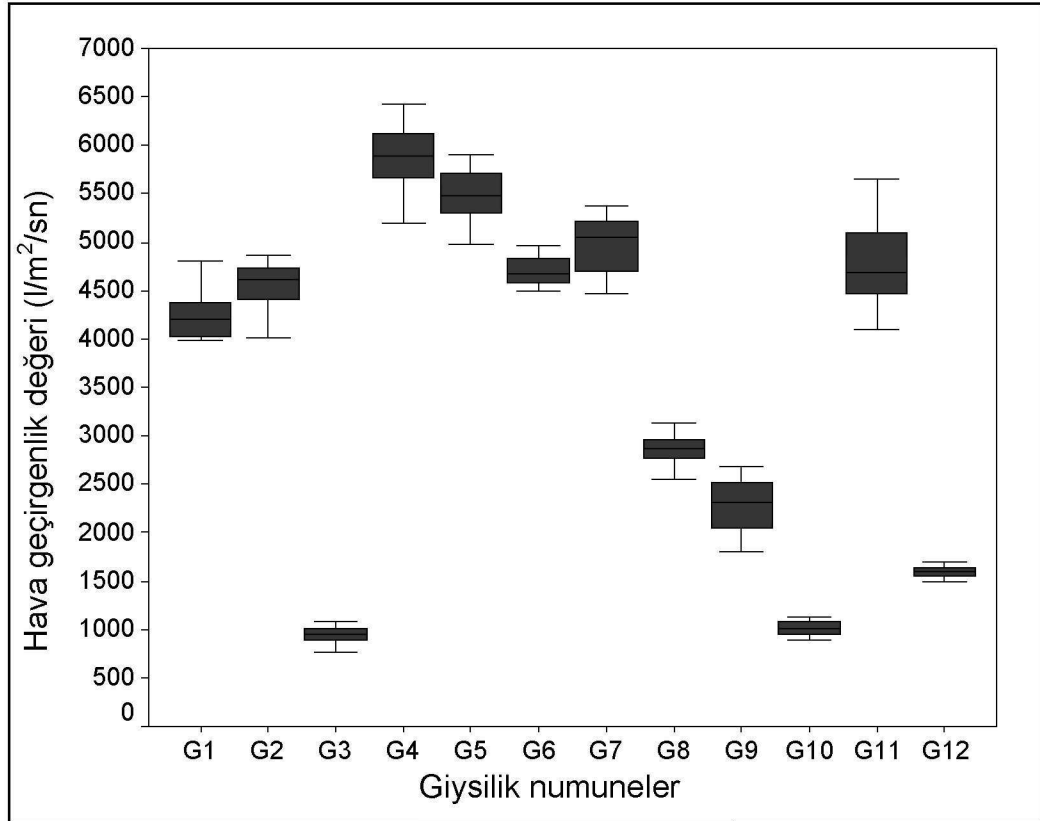
Literatürde bugüne kadar atkılı örme kumaşların EM koruma etkinlikleri ile ilgili çok az sayıda çalışmaya rastlanılmış olup, dokuma kumaşların EM koruma etkinlikleri üzerine daha fazla sayıda çalışmayla karşılaşılmıştır. Cheng vd. (2003), 0.3-3000 MHz frekans bandında dokuma kumaşların EM koruma etkinlikleri üzerine yaptıkları çalışmada, kumaşların EM koruma değerlerinin, 2100 MHz frekansta en yüksek değer olan 50 dB'ye artarak ulaştığını ve kumaşların hepsinin 1800-2450 MHz frekans aralığında en yüksek değerlere sahip olduklarını belirtmişlerdir. Dolayısıyla dokuma kumaşların düşük frekanslarda ki EM koruma performansları yüksek frekanslara kıyasla çok daha kötüdür. Düşük frekanslarda EM korumanın

daha zor olduğu bilinen bir gerçektir. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlar, dokuma kumaşların EM dalgalara karşı koruma davranışlarından oldukça farklı çıkmıştır. Örme kumaşlar, dokuma kumaşların aksine düşük frekanslarda yüksek frekanslara kıyasla daha etkin EM korumaya sahiptirler. Bu durum oldukça şaşırtıcıdır. Bu durumun öncelikli olarak, dokuma ve örme kumaş yapılarının farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bilindiği gibi, örme kumaşlar ilmeklerden meydana geldikleri için dokuma kumaşlara göre daha gözenekli ve esnek yapıya sahiptirler. Dokuma kumaşlar ise örme kumaşlara göre daha sıkı ve örtücülüğü yüksek yapılardır. Dolayısıyla örme kumaşlarda ilmeklerin toplam kumaş yüzeyinde kapladıkları alan, yani kumaştaki boşluk miktarı ve elektromanyetik koruma etkinliği arasındaki ilişkinin incelenmesinin yarar sağlayacağı düşünülmüştür. Bu amaçla, örme kumaş numunelerinin hava geçirgenliği testleri yapılarak aradaki ilişki incelenmiştir. Hava geçirgenliği testleri, EN ISO 9237 standardına göre, 20 cm²'lik başlıkla 100 Paskal basınç altında yapılmış değerler litre/m²/saniye olarak elde edilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.2'de, ölçümlerden elde edilen hava geçirgenlik grafiği ise Şekil 4.2'de verilmiştir. Buna göre hava geçirgenliği en yüksek numune G4 (1x1 Rib) numunesi, en az numune ise G3 (boşluklu örgü) numunesidir. Bu sonucun beklenen bir sonuç olduğu materyal kısmında numunelere ait verilen iğne diyagramlarına ve resimlere bakıldığında anlaşılmaktadır. Çünkü 1x1 rib yapısında ilmekler arası mesafe oldukça geniş iken boşluklu örgünün ilmekleri arasındaki mesafe azdır. Beklenen bir diğer sonuç da atkı yatırımı yapılan ve sıklığı yüksek olan numunelerin hava geçirgenliklerinin daha düşük olduğudur. Dolayısıyla ilmekler arası boşlukların çok olduğu G4, G5, G6, G7 ve G11 numunelerinde hava geçirgenliği değerleri yüksek iken, ilmekler arası boşlukların az olduğu G3, G8, G9, G10, G12 numunelerinde hava geçirgenliği değerleri düşüktür.

Numunelerde örgü yapısı, ilmek sıklığı ve iletken miktarındaki farklılıkların numunelerin hava geçirgenlik düzeyleri üzerindeki etkileri ve hava geçirgenlik düzeylerinin EM koruma etkinliği ile ilişkisi bu bölümün alt bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Çizelge 4.2. Kumaş numunelerine ait hava geçirgenliği değerleri (litre/m²/saniye)

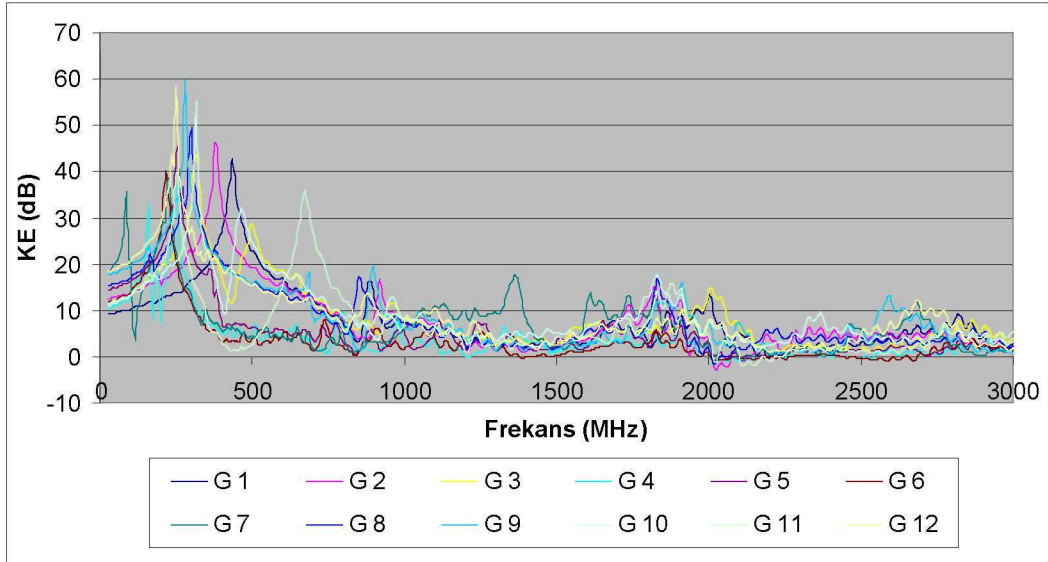
Ölçümler	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
1	4650	4790	934	6120	5650	4890	5240	2780	2570	1090	5180	1530
2	4410	4350	1050	5440	5640	4970	5370	2960	2410	1130	4670	1670
3	4240	4730	863	5900	5820	4840	5320	3130	2220	1110	4960	1670
4	4100	4570	900	6120	5390	4680	5270	3120	2040	944	4640	1650
5	4200	4640	912	6430	5850	4500	5220	2990	1830	906	4610	1630
6	4240	4790	1070	6170	5540	4490	5120	2960	2140	920	5170	1640
7	4640	4620	1060	6320	5460	4580	5120	2820	2490	950	4810	1590
8	4800	4010	952	5820	5450	4650	5200	2760	2320	1000	4720	1570
9	4690	4570	1010	5850	5900	4680	5080	2870	2440	956	5550	1550
10	4350	4830	942	5460	5280	4540	4970	2620	2610	927	5650	1530
11	4130	4410	1000	6030	5760	4930	5080	2550	2630	890	5320	1580
12	3980	4630	872	6130	5820	4970	4990	2770	2060	955	5020	1700
13	4020	4740	973	5880	5670	4750	5010	2570	2680	1120	4480	1490
14	4090	4430	893	5880	5270	4700	4880	2880	2420	1070	4700	1610
15	4020	4360	932	5960	5330	4590	4700	2830	2010	1110	4580	1600
16	3990	4620	1090	5780	5490	4630	4680	2930	1800	996	4370	1560
17	4220	4860	955	5690	5330	4830	4660	2770	1990	1050	4440	1620
18	4040	4600	765	5650	4980	4640	4700	2950	2180	1060	4440	1550
19	3990	4400	845	5380	5070	4600	4470	2860	2550	1020	4100	1560
20	4360	4380	951	5200	5130	4580	4540	2940	2300	1070	4290	1590
Ortalama	4258,0	4566,5	948,5	5860,5	5491,5	4702,0	4981,0	2853,0	2284,5	1013,7	4785,0	1594,5
Standart Sapma	259,4	209,4	82,5	321,6	270,8	153,2	271,3	157,1	270,0	78,9	419,7	54,4
Varyasyon Katsayısı	6,1	4,6	8,7	5,5	4,9	3,3	5,4	5,5	11,8	7,8	8,8	3,4



Şekil 4.2. Giysilik numunelerin hava geçirgenlik değeri grafiği

Çalışmada incelenen tüm örme kumaş numunelerin elektromanyetik koruma performansları, frekans aralıkları ayrıntılı olarak dikkate alınıp incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler ortaya çıkmıştır.

Yapılan ölçümler sonucunda bütün numunelerin; 27-500 MHz frekans aralığında, 500-3000 MHz frekans aralığına göre daha yüksek koruma değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu da göstermektedir ki, atkılı örme yapılar düşük frekanslarda yüksek frekanslara oranla daha iyi elektromanyetik korumaya sahiptirler (Bkz. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3). Bu durum, EM koruyucu olarak kullanılan diğer materyallerin sahip olmadığı bir durumdur. Böylece, atkılı örme yapıların bu anlamda bir avantaja sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. 27-3000 MHz frekans aralığında örme kumaş numunelerinin EMKE dağılımları

Tüm numuneler karşılaştırıldığında, 27-100 MHz frekans aralığında EM korumaya yönelik en iyi başlangıcı 20 dB ile G7 numunesi sağlamakla beraber, bunu sırasıyla G12, G9, G8 numuneleri izlemiştir (Şekil 4.4). Ancak G7 numunesi bu başlangıcı devam ettirememiş ve bu frekanstan sonra gösterdiği ani iniş ve çıkışla kararsız bir tutum sergilemiştir.

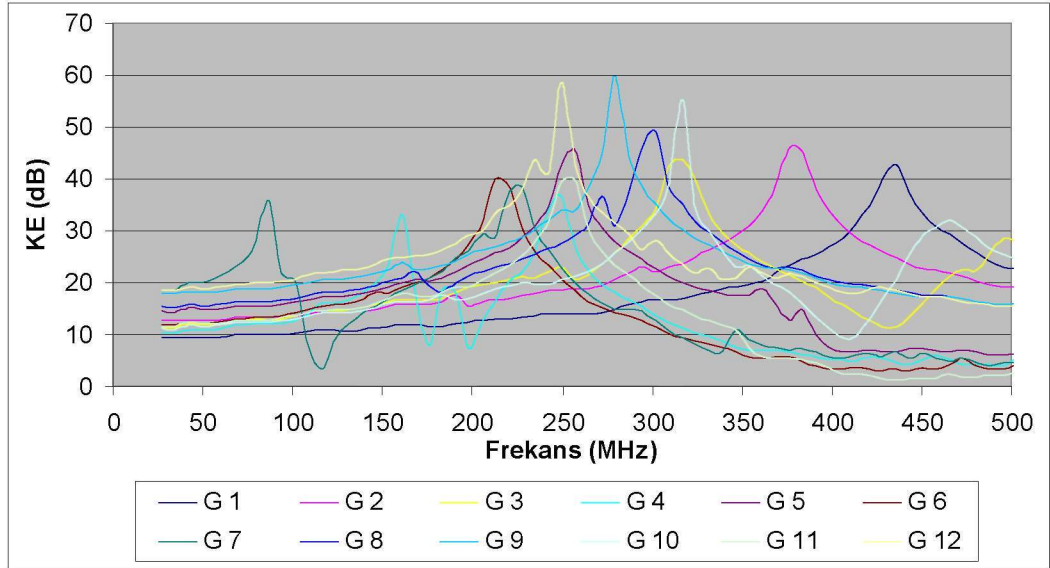
100-400 MHz frekans aralığında tüm numuneler arasında 20 dB’lik koruma ile en yüksek korumayı G12 numunesi sağlamıştır. Ancak 400 MHz’den sonra G12 nolu numunenin koruma performansı düşmektedir (Şekil 4.4). 275-500 MHz frekans aralığında 20 dB’lik koruma ile G2 numunesi en iyi korumayı sağlamıştır.

Bazı numunelerin kısa frekans aralıkları için 30-40 dB koruma sağladıkları görülmüştür. Örneğin G2 numunesi 350-400 MHz frekans aralığında, G12 numunesi 200-275 MHz frekans aralığında, G8 numunesi 250-375 MHz frekans aralığında, G9 numunesi 225-325 MHz frekans aralığında, G1 numunesi de 400-450 MHz frekans aralığında 30 dB koruma sağlamışlardır (Şekil 4.4).

Az sayıda numunenin, çok kısa frekans aralıklarında 40 dB’lik koruma performansına sahip oldukları görülmüştür. Örneğin G12 numunesi 225-275 MHz frekans aralığında, G9 numunesi 275-300 MHz frekans aralığında, G8 numunesi 275-325 MHz frekans aralığında, G2 numunesi 375-400 MHz frekans aralığında 40 dB’lik koruma sağlamışlardır. Bu durum numunelerin taşıdıkları özelliklere göre ancak bazı frekans aralıklarında üstün koruma performansına sahip olduklarını göstermektedir (Şekil 4.4).

G11 numunesi dışında ki tüm numuneler 500 MHz’den sonraki frekanslarda koruma performansları açısından bir düşüş gösterirken, G11 numunesi 600-750 MHz frekans aralığında 20 dB ve hatta 650-700 MHz gibi çok kısa bir frekans aralığında 30 dB koruma sağlamıştır. Bu durum G11 no’lu numunenin (atkı yatırımı rib) 600-750 MHz frekans aralığında en iyi koruma performansına sahip yapı olduğunu göstermektedir.

Tüm numunelerde 850 MHz den sonra benzer şekilde düşük koruma değerleri (0-10 dB) gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.3).



Şekil 4.4. 27-500 MHz frekans aralığında örme kumaş numunelerinin EMKE dağılımları

Numunelerin elektromanyetik koruma performansları, numune bazında tek tek ele alındığında aşağıdaki değerlendirmeleri yapmak mümkündür.

Numune G1 (0.10 mm iletkenine sahip düz örgü), 27 MHz'den 275 MHz'e kadar en düşük EM korumaya sahip numune olarak tespit edilmiştir. 250 MHz'den sonra artış göstermiş, 425-450 MHz'de pik yapmış ve tekrar azalmaya başlamıştır.

Numune G2 (0.15 mm iletkenine sahip düz örgü), 27 MHz'den 400 MHz'e kadar artan EM koruma değerleri vererek 400 MHz'de pik yapmıştır. 400 MHz'den 1000 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve 1000 MHz ile 1750 MHz'de tekrar küçük pikler yapmıştır. 350 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve bundan sonra sabit kalmıştır.

Numune G3 (0.15 mm iletkenine sahip boşluklu örgü), 27 MHz'den 325 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 40 dB değerine ulaşmıştır. Daha sonra 500 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve burada yeniden pik yaparak 30 dB değerine ulaşmış ve bu frekanstan sonra 3000 MHz'e kadar bir yükselme kaydedememiştir.

Numune G4 (0.15 mm iletkenine sahip rib örgü), 27 MHz'den 150 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 30 dB değerine ulaşmıştır. Daha sonra 150-200 MHz frekans aralığında iki kez pik yapıp, 250 MHz'e kadar artış kaydederek burada üçüncü pikini yapmıştır. Bundan sonraki frekanslarda 10 dB değerini geçememiştir.

Numune G5 (0.15 mm iletkenine sahip selanik örgü), 27 MHz'den 250 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 45 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra 400 MHz'e kadar azalma göstermiş ve sonrasında ciddi bir artış göstermemiştir.

Numune G6 (0.15 mm iletkenine sahip yatak kaydırmalı örgü), 27 MHz'den 225 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 40 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra 350 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve sonra sabit kalmıştır.

Numune G7 (0.15 mm iletkenine sahip çift çelik örgü), 27 MHz'de 20 dB koruma ile en yüksek değere sahip numune olarak tespit edilmiştir. 100 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 35 dB değerine ulaşmış ve tekrar ani olarak

iniş yapmıştır. Bu frekanstan sonra 225 MHz'e kadar tekrar artarak ilerlemiş ve ikinci pikini yaparak 300 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve sonra sabit kalmıştır.

Numune G8 (2 adet 0.15 mm iletkeni sahip düz örgü), 27 MHz'den 300 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 50 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra azalarak ilerlemiştir.

Numune G9 (2 adet 0.15 mm iletkeni ve makine sıklığı 3'e sahip düz örgü), 27 MHz'den 275 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 60 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra azalarak ilerlemiştir.

Numune G10 (0.15 mm iletkeni sahip atkı yatırımı boşluklu örgü), 27 MHz'den 315 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 55 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra 400 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve bu frekanstan sonra 475 MHz'e kadar tekrar artışa geçerek ikinci pikini yaparak 30 dB değerine ulaşmıştır. 475 MHz'den sonra çok ciddi bir artış kaydetmemiştir.

Numune G11 (0.15 mm iletkeni sahip atkı yatırımı rib örgü), 27 MHz'den 250 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 40 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra azalmış ve ciddi bir artış kaydetmemiştir.

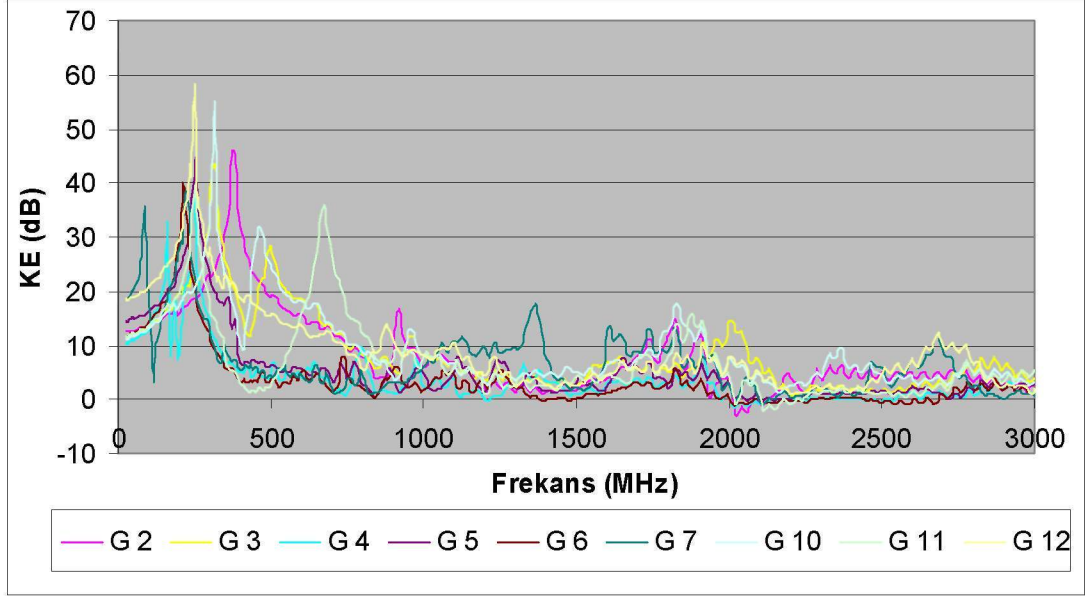
Numune G12 (2 adet 0.15 mm iletkeni sahip atkı yatırımı düz örgü), 27 MHz'den 250 MHz'e kadar artış göstermiş ve bu frekansta pik yaparak 60 dB değerine ulaşmıştır. Bu frekanstan sonra 800 MHz'e kadar azalarak ilerlemiş ve bundan sonra sabit kalmıştır.

4.1.1. Kumaşlarda Örgü Yapısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Örgü yapısının, elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10, G11 ve G12 örme kumaş numuneleri incelenmiştir (Bkz. Çizelge 3.2).

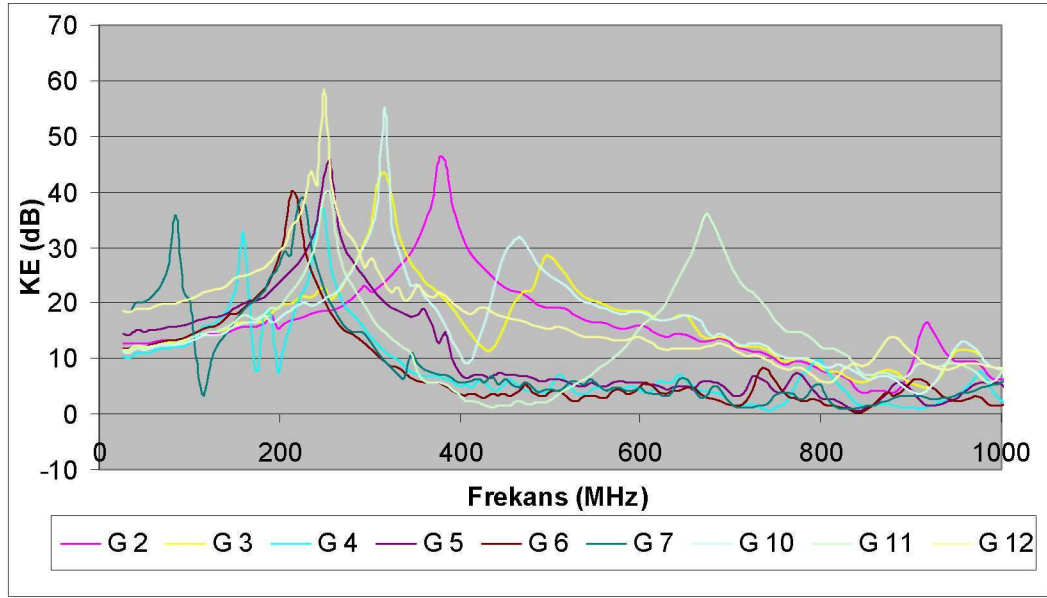
Tüm numunelerin 800- 3000 MHz frekans aralığındaki elektromanyetik koruma performansları birbirine çok yakın ve en fazla 20 dB değerindedir (Şekil 4.5).

Dolayısıyla 800- 3000 MHz frekans aralığı için örme kumaşlarda, EM koruyuculuk açısından örgü yapısının baskın etkisinden söz edilemez.

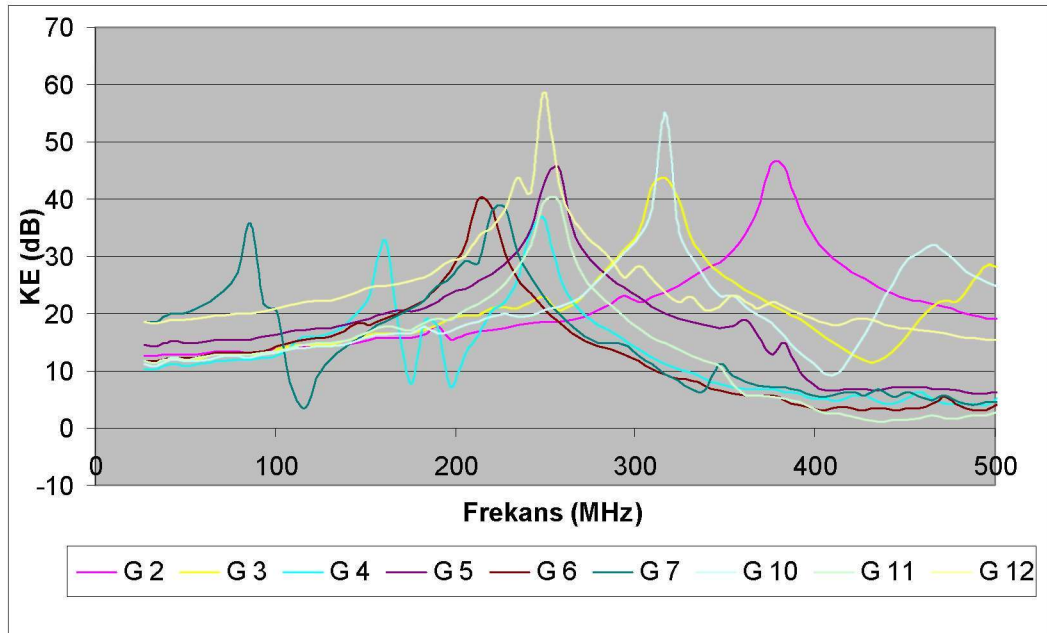


Şekil 4.5. 27-3000 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10, G11 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri

400-800 MHz frekans aralığında G2, G3, G10, G11 ve G12 numuneleri dışındaki numuneler 0-10 dB arasında elektromanyetik koruma değerleri vermişlerdir (Şekil 4.6). Dolayısıyla, G2, G3, G10, G11 ve G12 numuneleri dışındaki numuneler bu frekans aralığında etkin değillerdir. Şekil 4.6 ayrıntılı olarak incelendiğinde, 400-600 MHz frekans aralığında 20 dB ile en iyi korumayı sağlayan yapıların sırasıyla atkı yatırımı spacer (G10), spacer (G3) ve düz örgü (G2) oldukları görülmektedir. 600-800 MHz frekans aralığında ise bu yapıların koruma performanslarında düşüş gözlenirken, atkı yatırımı rib kumaş yapısının (G11) 20 dB ile en iyi korumayı sağlayan yapı olduğu gözlenmiştir. Atkı yatırımı rib yapısının bu frekans aralığında en iyi korumayı yapması oldukça ilginçtir çünkü bu yapı ilmekler arası boşlukların en çok olduğu yapılardan birisidir.



Şekil 4.6. 27-1000 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10, G11 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri



Şekil 4.7. 27-500 MHz frekans aralığında G2, G3, G4, G5, G6, G7, G10, G11 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri

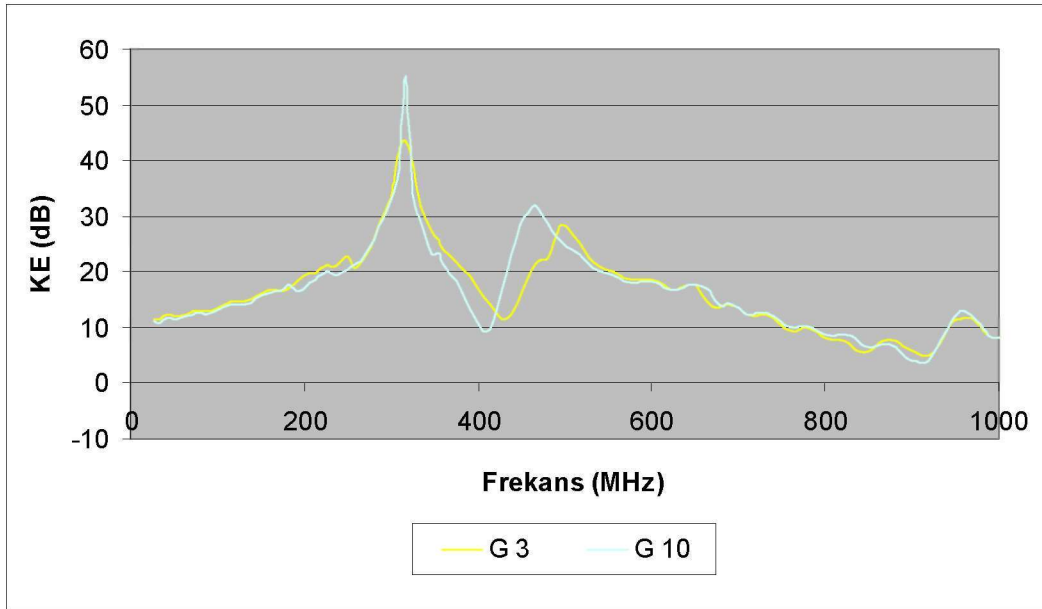
27-500 MHz frekans aralığının incelenmesi sonucunda ise şu sonuçlar elde edilmiştir.

27-100 MHz frekans aralığında en iyi korumayı G7 numunesi (çift çelik örgü) ve bunu sırasıyla G12 (atkı yatırımı düz örgü), G5 (selanik örgü), G2 (düz örgü), G6 (yatak kaydırmalı örgü), G3 (boşluklu örgü), G11 (atkı yatırımı 1x1 rib), G10 (atkı yatırımı boşluklu örgü) ve G4 (1x1 rib örgü) numuneleri izlemiştir (Bkz. Şekil 4.7). Dolayısıyla, bu aralıkta en iyi korumayı 20-30 dB ile çift çelik örgü yapısı sağlamıştır. Ancak çift çelik örgü yapısı 27-100 MHz aralığında en iyi korumayı sağlamasına karşın tüm numuneler arasında en dar frekans aralığında etkin olan yapıdır. Etkin olduğu frekans aralığı 27-300 MHz'dir.

27-100 MHz frekans aralığında çift çelik örgü ve atkı yatırımı düz örgü yapılarından sonra en etkin yapı selanik örgü yapısıdır (G5) (Bkz. Şekil 4.7). Selanik örgü yapısı 27-400 MHz frekans aralığında 10-40 dB korumaya sahiptir. Dolayısıyla yarım selanik örgü yapısının en etkin olduğu frekans aralığı 200-300 MHz olarak belirlenmiş, bu aralıkta yapı 30-40 dB'lik koruma sağlamıştır (Bkz. Şekil 4.7). Çift çelik örgü yapısı ve selanik örgü yapıları; diğer düz örgü, boşluklu örgü, rib gibi yapılarla karşılaştırıldığında ilmekler arası boşlukların daha fazla olduğu görülebilir (Bkz. Şekil 3.15), (Bkz. Şekil 3.16), (Bkz. Şekil 4.1). Ancak yine de bu iki yapı, daha sık ilmek yapısına sahip olan diğer yapılara göre en düşük frekanslarda en yüksek korumayı sağlamışlardır. Bu durum; bu iki yapının, ilmek yapısı açısından bal-peteği görünümünde olmalarından kaynaklanmış olabileceğini akla getirmektedir.

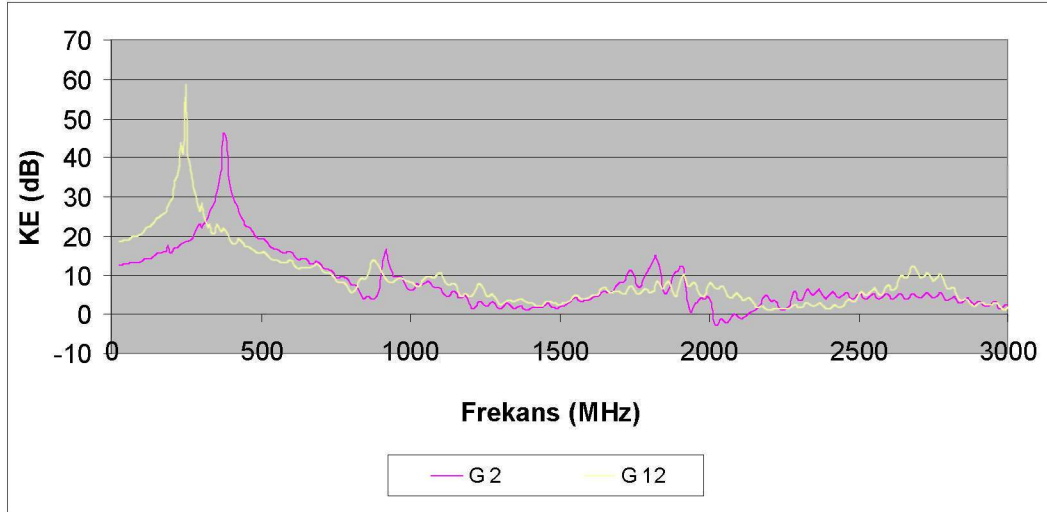
Daha önceden de, belirtildiği üzere boşluklu yapılar 10-40 dB'lik koruma ile 0-800 MHz frekans aralığında etkindirler ancak bu yapıların en etkin oldukları frekansın 300-330 MHz frekans aralığı olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.7). Bu yapılar, 300-330 MHz frekans aralığında 30-40 dB EM koruma sağlayabilmektedirler. Boşluklu yapılarla ilgili olarak atkı yatırımı ve normal yapıların aynı EM koruma performansını gösterdikleri gözlenmiştir. Atkı yatırımı yapının, materyal bölümünde gösterilen ilmek şeması göz önünde bulundurulduğunda, performansının daha yüksek olması beklenirken bu yönde bir sonuç elde edilmemiştir (Şekil 4.8). İlmek

şemasından da anlaşılaçağı üzere, atkı yatırımı spacer kumaşta çift yatakta örülen kumaşın ortasına enine yönde iletken iplik yatırımı yapılmıştır. Dolayısıyla bu kumaşta, atkı yatırımı kumaşa göre iletken miktarı daha fazla ve ilmekleri dik yönde kesen bir form oluşmaktadır. Ancak tüm bunlara rağmen, atkı yatırımı kumaş atkı yatırımı kumaşa göre daha iyi bir EM koruma performansı sergileyememiştir. Hava geçirgenliği açısından bu iki yapı karşılaştırıldığında, atkı yatırımı boşluklu yapının daha geçirgen olduğu da dikkat çeken bir diğer nokta olmuştur.

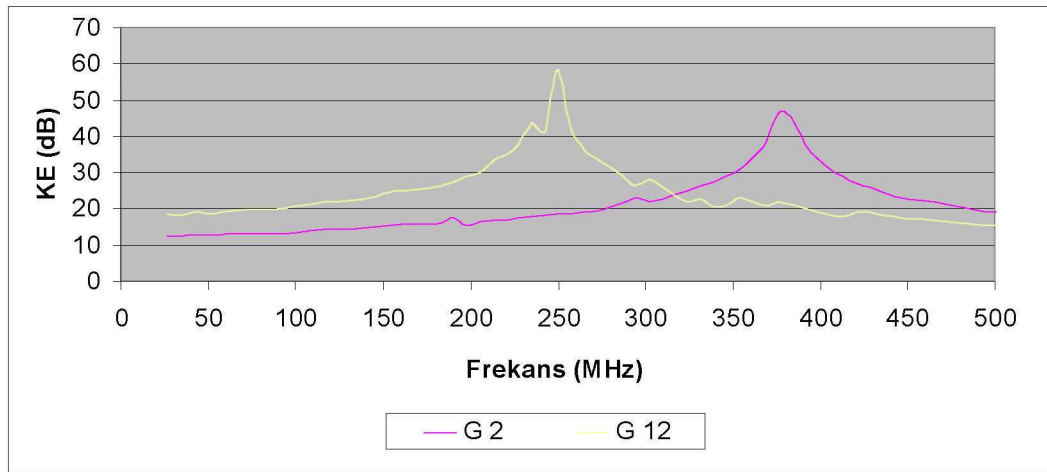


Şekil 4.8. 27-1000 MHz frekans aralığında G3 ve G10 numunelerine ait EMKE değerleri

Atkı yatırımı düz örgü ve normal düz örgü yapılarının EM koruma etkinliği üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla, G12 ve G2 numuneleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'dan görüldüğü üzere, 27-300 MHz frekans aralığında atkı yatırımı düz örgü kumaş numunesi EM dalgalar karşısında daha etkindir. Ancak 800-3000 MHz frekans aralığında iki kumaş numunesi arasında EM koruma etkinliği açısından bir fark görülmemiştir. Oysa atkı yatırımı düz örgünün, normal düz örgüye göre hava geçirgenliği daha düşüktür. Bu durum beklenilenin aksine tüm frekanslarda olumlu bir sonuç vermemiş sadece 27-300 MHz aralığında olumlu sonuç vermiştir. Buradan yola çıkarak örme yapılarında ilmekler arası mesafenin çok veya az oluşunun tüm frekanslar için aynı sonucu vermediğini belirtmek mümkündür.



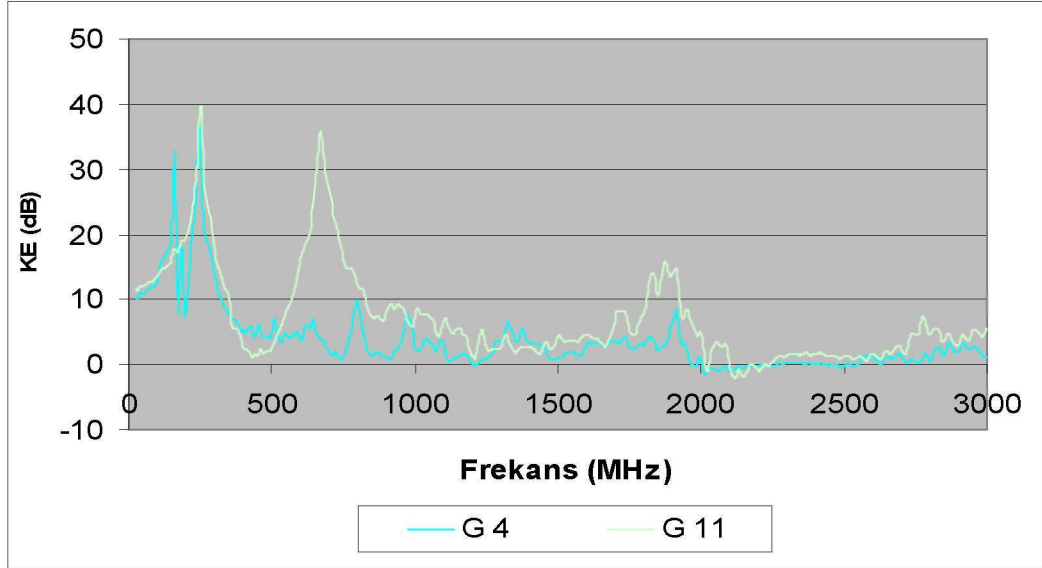
Şekil 4.9. 27-3000 MHz frekans aralığında G2 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri



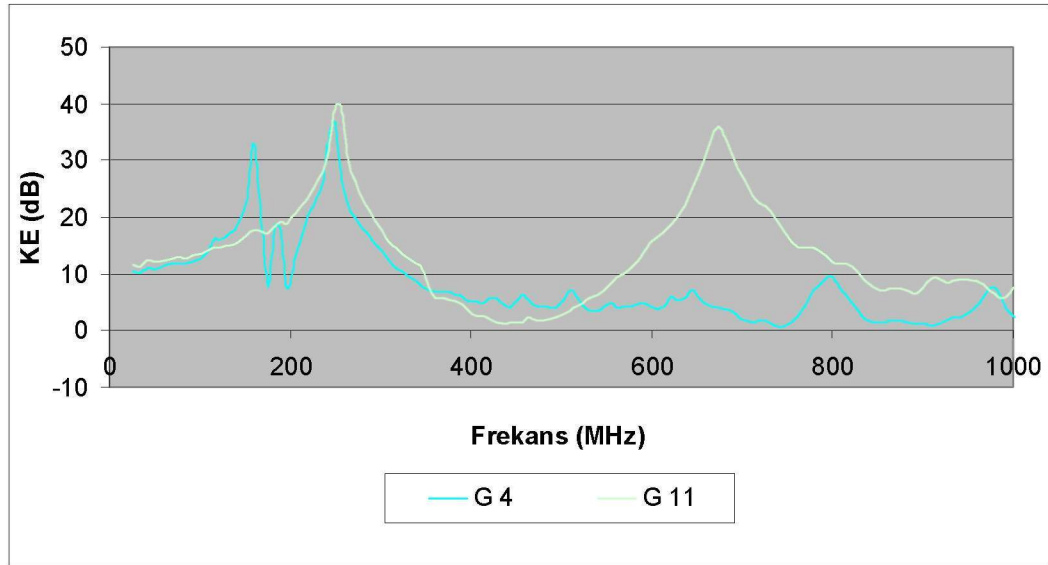
Şekil 4.10. 27-500 MHz frekans aralığında G2 ve G12 numunelerine ait EMKE değerleri

Atkı yatırımı 1x1 rib ve 1x1 rib yapılarının EM koruma performanslarının incelenmesi amacıyla, G4 (rib yapısı) ve G11 (atkı yatırımı rib) numuneleri karşılaştırılmıştır. 500 MHz'den sonraki frekanslarda G11 numunesi dışındaki tüm numuneler koruma performansları açısından bir düşüş gösterirken, G11 numunesi 600-750 MHz frekans aralığında 20 dB koruma sağlamış ve hatta 650-700 MHz gibi çok kısa bir frekans aralığında 30 dB koruma sağlamıştır (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Bu durum G11 numunesinin (atkı yatırımı rib) 600-750 MHz frekans aralığında çalışan cihazlar için en iyi koruma performansına sahip yapı olduğunu göstermektedir. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'den de görüldüğü üzere, 1x1 rib ve atkı

yatırımlı 1x1 rib yapıları; 600-850 MHz frekans aralığı hariç diğer frekanslarda benzer EM koruma performansı göstermişlerdir. 600-850 MHz frekans aralığında ise atkı yatırımı 1x1 rib yapısı (G11) daha iyi EM koruma performansı sergilemiştir. Buradan çıkan sonuçlara göre, kumaşlarda tüm frekanslar için atkı yatırımının EMKE performansını artırdığına ilişkin kesin bir sonuca varılamamıştır.



Şekil 4.11. 27-3000 MHz frekans aralığında G4 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri

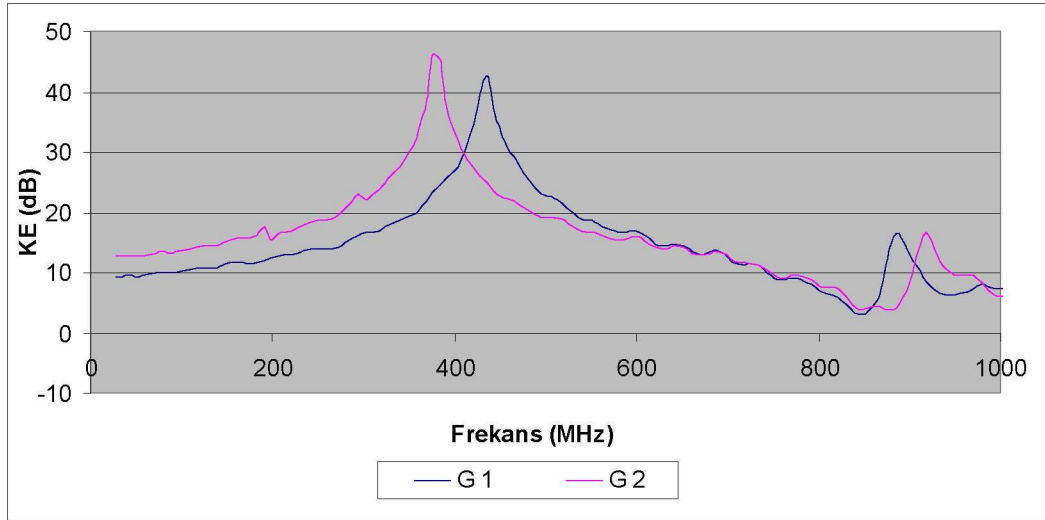


Şekil 4.12. 27-1000 MHz frekans aralığında G4 ve G11 numunelerine ait EMKE değerleri

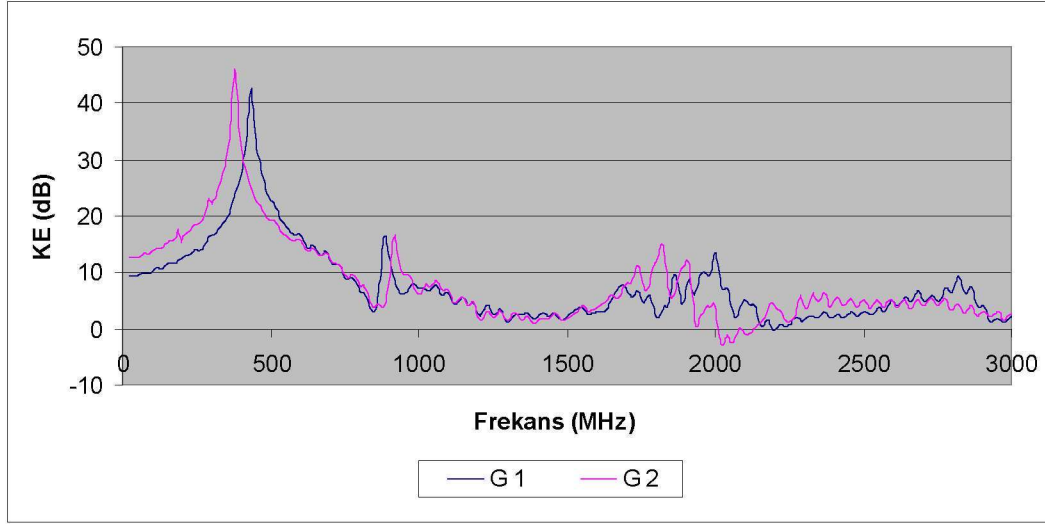
4.1.2. Kumaşlarda İletken Miktarının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Örme kumaş numunelerinde, iletken çapının elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla G1 ve G2 numuneleri karşılaştırılmıştır. G1 numunesi 0.10 mm bakır tel kullanılan düz örgü kumaş numunesi iken, G2 numunesi 0.15 mm bakır tel kullanılan düz örgü kumaş numunesidir (Bkz. Çizelge 3.2).

Yapılan ölçümler sonucunda Şekil 4.13'den de görüldüğü üzere, 27-400 MHz frekans aralığında G2 numunesi daha yüksek elektromanyetik koruma değerleri gösterirken, 400-700 MHz frekans aralığında ise G1 numunesi daha yüksek koruma değerleri göstermiştir. 700 MHz'den sonra ise, bazı frekanslarda G1 numunesi daha etkin iken bazı frekanslarda ise G2 numunesi daha etkin olarak gözlenmiştir (Şekil 4.14). Bu durum, düşük frekanslarda iletken çapındaki artışın numunenin EMKE değerini artırırken, yüksek frekanslarda iletken çapındaki artışın numunenin EMKE değerine yüksek oranda etkide bulunmadığını göstermektedir.



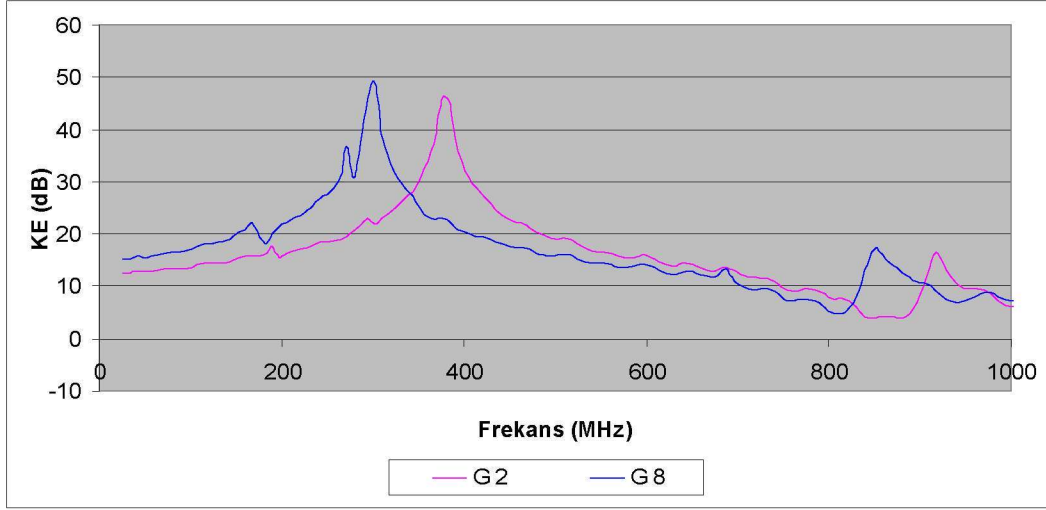
Şekil 4.13. 27-1000 MHz frekans aralığında G1 ve G2 no'lu numunelere ait EMKE değerleri



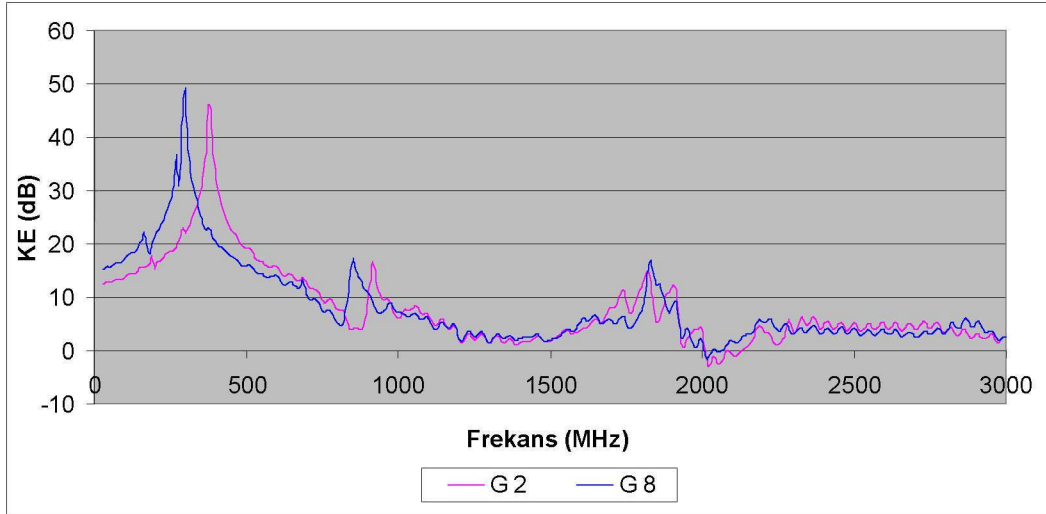
Şekil 4.14. 27-3000 MHz frekans aralığında G1 ve G2 numunelerine ait EMKE değerleri

Örme kumaş numunelerinde iletken miktarının elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla ise, G2 ve G8 numuneleri karşılaştırılmıştır. G2 numunesi için bir adet 0.15 mm bakır tel kullanılırken, G8 numunesi için iki adet 0.15 mm bakır tel kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 3.2).

İki adet tel kullanılan G8 numunesinin 27-350 MHz frekans aralığında G2 numunesine göre daha etkin olduğu ancak 350-800 MHz frekans aralığında tek iletken kullanılan numunenin daha etkin olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). 800-3000 MHz frekans aralığında ise her iki numune de elektromanyetik koruma etkinliği açısından aynı performansı göstermişlerdir (Şekil 4.16). Elde edilen bu sonuç, G1 ve G2 numuneleri ile yapılan karşılaştırma sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla, iletken miktarının etkili olduğu frekans aralığı 27-800 MHz olarak gözlenmiştir. 800 MHz'den daha yüksek frekanslarda, iletken çapı ve iletken adedindeki artış numunenin elektromanyetik koruma performansı üzerinde etkili olamamaktadır.



Şekil 4.15. 27-1000 MHz frekans aralığında G2 ve G8 numunelerine ait EMKE değerleri



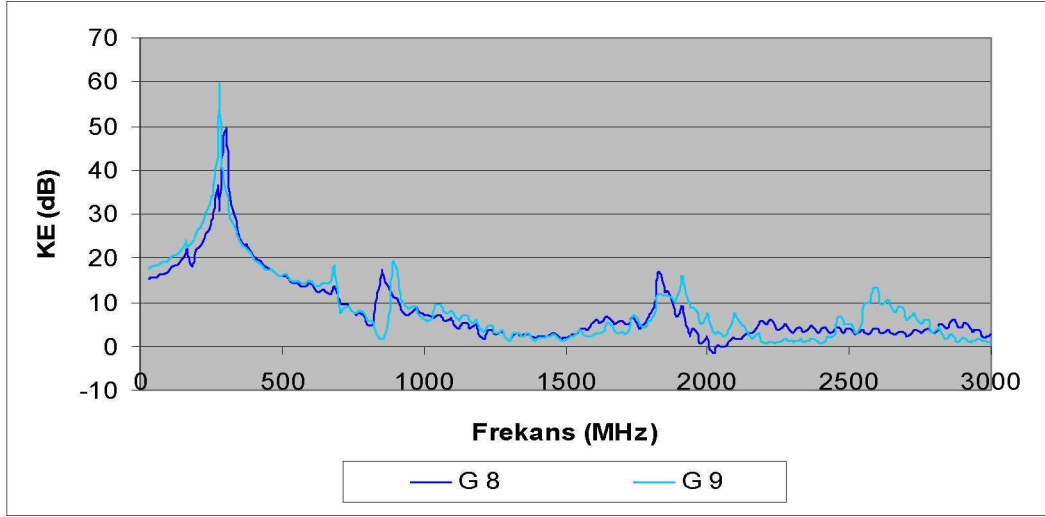
Şekil 4.16. 27-3000 MHz frekans aralığında G2 ve G8 numunelerine ait EMKE değerleri

4.1.3. Kumaşlarda Sıklığın Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

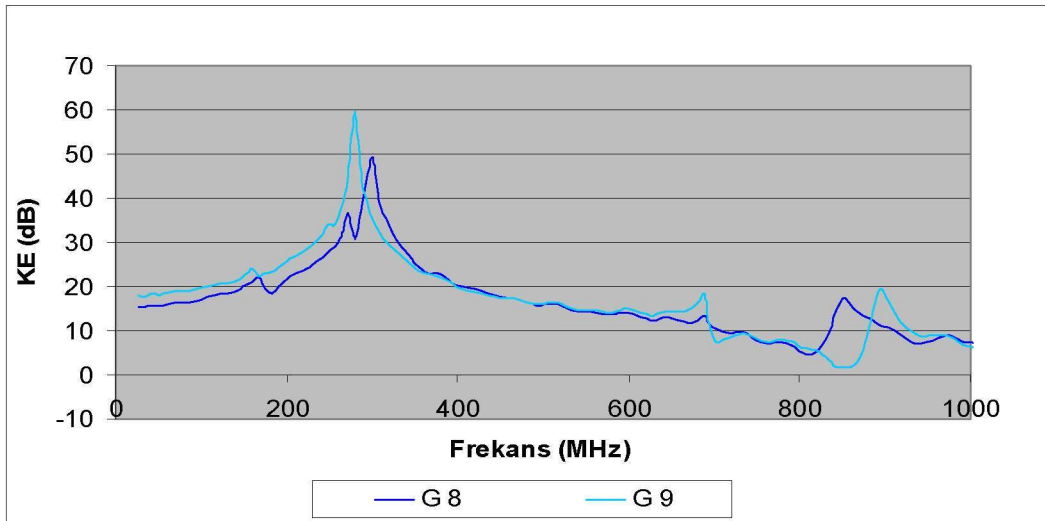
Örgü sıklığının elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla G8 ve G9 numuneleri karşılaştırılmıştır (Bkz. Çizelge.3.2). Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'e bakıldığında daha sıkı olan G9 numunesinin 27-300 MHz frekans aralığında çok yüksek olmasa da daha etkin EM korumaya sahip olduğu

görülmektedir. Ancak 300-3000 MHz frekans aralığında örgü sıklığı, EM koruma etkinliği üzerinde etkin değildir (Şekil 4.19). örgü sıklığının etkisinin kesin olarak belirlenebilmesi için daha yüksek değerlerde sıklığa sahip örgü numuneleri ile karşılaştırmaya gerek vardır. Bu çalışmada makine inceliğinin sabit olması nedeniyle daha yüksek sıklıklarda kumaş örülmesine imkan vermemiştir.

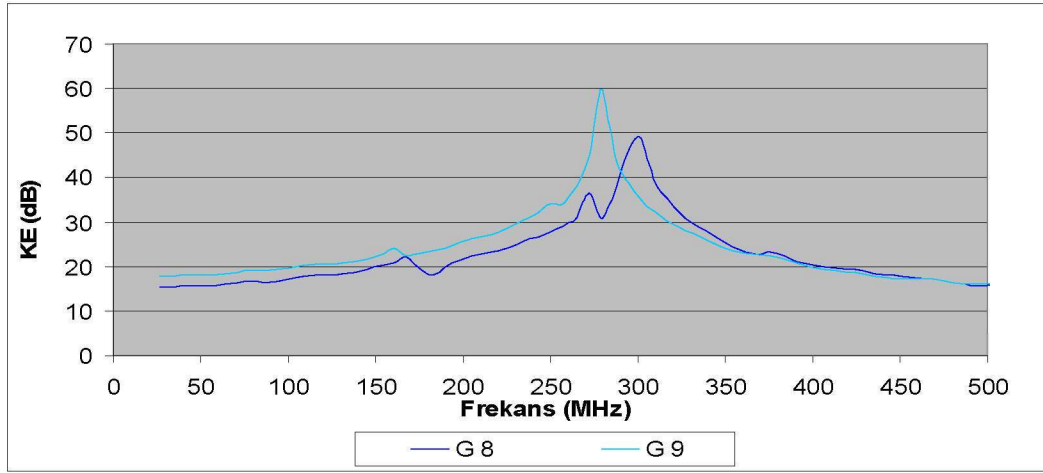
Literatürde sıklığın, dokuma kumaşların EM koruma etkinliği üzerinde olumlu bir etkiye neden olduğu yer almaktadır (Pocai ve Bottari, 2003; Cheng vd.,2003). Örme kumaşlarda ise sıklıkla ilgili net bir etkiden söz edilememektedir. Bu etki kullanılan örgü tipi, makine inceliği, iplik tipi gibi pek çok faktöre bağlıdır.



Şekil 4.17. 27-3000 MHz frekans aralığında G8 ve G9 no'lu numunelere ait EMKE değerleri



Şekil 4.18. 27-1000 MHz frekans aralığında G8 ve G9 numunelerine ait EMKE değerleri



Şekil 4.19. 27-500 MHz frekans aralığında G8 ve G9 numunelerine ait EMKE değerleri

4.2. İletken Kompozitlerde Elektromanyetik Koruma Etkinliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere, kompozitlerde EMKE'ni belirlemeye yönelik olarak; kompoziti oluşturan kumaşın örgü yapısı, kumaş kat adedi, laminasyon açısı ve iletken miktarı parametreleri incelenmiştir. Kompozitlerin EMKE'ni belirlemek amacıyla materyal metod kısmında açıklanmış olan yöntemlerle kompozit numuneler elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 3.3).

Kat adedinin etkisini belirlemeye yönelik olarak iki ve dört kattan oluşan kompozitler hazırlanmıştır. Bunlar, kompozitlerde örgü yapısının da etkisini incelemek amacıyla farklı örgü yapıları kullanılarak ayrı numuneler halinde hazırlanmıştır. Laminasyon açısının etkisini belirlemeye yönelik olarak ise dört kat kumaştan oluşan kompozitlerde $0^0/45^0/0^0/45^0$, $0^0/90^0/0^0/90^0$ ve iki kat kumaştan oluşan kompozitlerde $0^0/90^0$ lik kumaş yerleşim açılarından oluşan kompozitler elde edilmiştir.

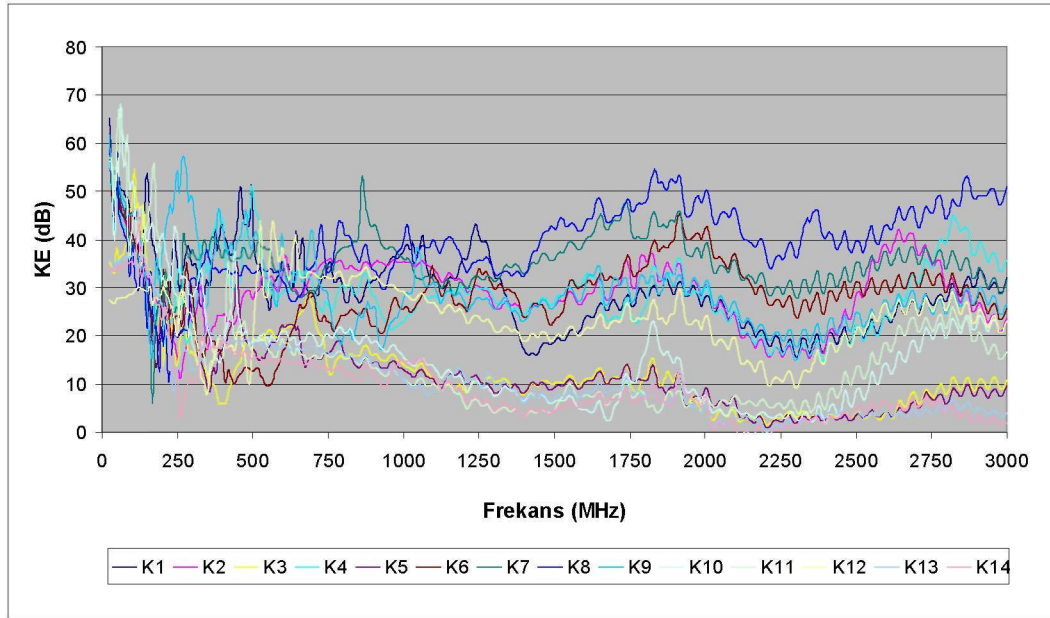
Kompozitlere yapılan EMKE testleri sonucunda, kumaşlardan elde edilen sonuçlara kıyasla oldukça yüksek EMKE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin bir kısmı aşağıda Çizelge 4.3'de özetlenmiştir. Şekil 4.20'de ise kompozit numunelerin 27-3000 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları verilmiştir. Şekil 4.20'den de

görüldüğü üzere örme kumaş destekli kompozitler 10 dB'den 50 dB'ye kadar değişen koruma değerlerine sahiptirler. Bu durum, numunelerin sahip oldukları örgü yapısı, kat adedi ve laminasyon açılarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Kompozit numuneler, 300 MHz frekansa kadar kararsız bir davranış sergilerken 300 MHz'den sonraki frekanslarda kararlı ve sabit bir davranış sergilemişlerdir (Şekil 4.20), (Şekil 4.21). Bölüm 4.1'de anlatıldığı üzere örme kumaşlar yüksek frekanslarda düşük frekanslardaki kadar iyi koruma değerleri vermemişlerdi. Ancak kompozitler, örme kumaşlardan farklı olarak yüksek frekanslarda da yüksek koruma değerleri (10-50 dB) vermişlerdir. Kim vd. (2002), polypyrrole/naylon 6 dokuma kumaş destekli kompozitlerle yaptıkları çalışmada 5-40 dB EM koruma değerleri elde etmişlerdir. Buna benzer olarak Lozano vd. (2004), carbon nanolif/LCP dokuma kumaş destekli kompozitler ile yaptıkları çalışmada ise en yüksek 41 dB koruma elde etmişlerdir. Buradan yola çıkılarak örme kumaş destekli kompozit yapıların EM korumaya yönelik uygulamalar için ne derece umut verici olduğu sonucuna varılabilir.

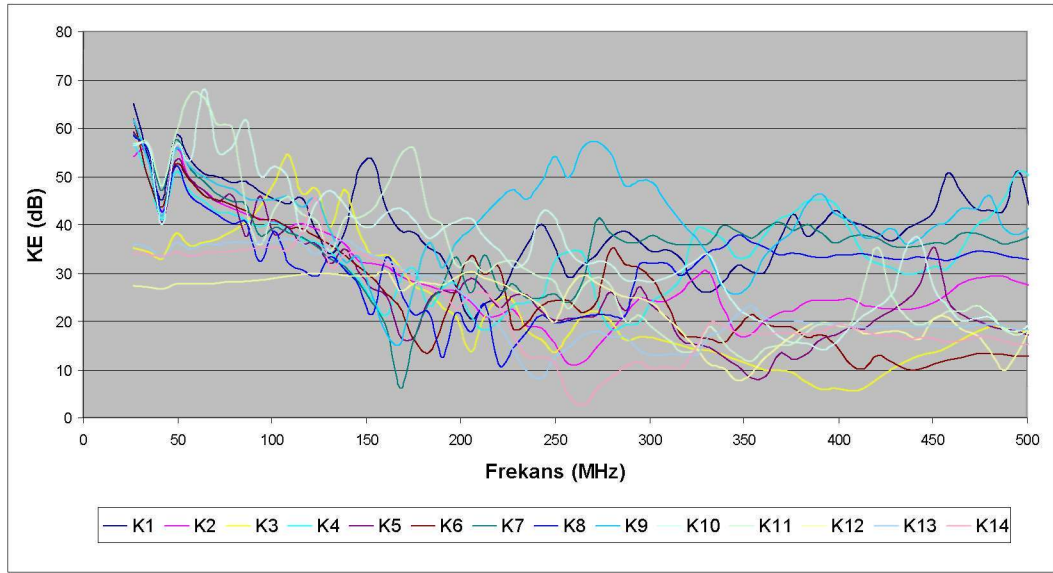
Örgü yapılarına göre, iletken kumaş ve bunlarla desteklenmiş kompozitlerinin ikili olarak karşılaştırılmaları bir sonraki alt bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tüm kompozit numuneler içinde en iyi EMKE'ni yaklaşık olarak 50 dB ile K8 numunesi sağlarken, en kötü EMKE'ni yaklaşık olarak 10 dB ile K14 numunesi sağlamıştır (Bkz. Şekil 4.20).

Çizelge 4.3. Kompozit numunelere ait EMKE değerleri

Frekans (MHz)	K1 dB	K2 dB	K3 dB	K4 dB	K5 dB	K6 dB	K7 dB	K8 dB	K9 dB	K10 dB	K11 dB	K12 dB	K13 dB	K14 dB
27	65,10	54,17	35,15	57,06	59,15	61,83	58,67	58,34	61,53	56,27	56,80	27,26	36,03	34,05
30	53,92	55,63	34,41	49,82	53,32	49,55	55,60	55,30	53,22	56,30	56,87	26,98	35,27	33,94
60	53,28	49,11	35,49	46,73	49,35	49,15	51,43	45,88	51,87	53,35	67,03	27,70	35,03	33,61
100	45,15	40,58	48,61	40,43	37,89	41,01	39,37	38,69	45,29	52,20	43,27	28,84	36,62	35,44
120	38,61	39,24	47,54	36,28	35,86	37,65	35,47	29,25	45,38	44,45	40,77	29,95	34,02	45,50
150	53,53	31,92	33,83	24,58	26,97	29,02	23,94	21,48	25,47	39,53	42,98	29,22	33,66	32,92
180	35,22	27,23	26,15	23,10	24,44	13,52	23,87	21,88	36,22	37,19	42,18	27,95	29,40	26,47
250	35,39	15,45	13,60	32,52	20,15	24,16	25,75	19,62	54,20	41,35	28,03	19,76	12,54	11,33
300	34,43	24,26	16,53	24,16	23,06	28,51	37,74	31,84	48,63	28,17	18,66	23,61	12,83	10,16
350	31,60	17,23	11,88	33,04	10,72	18,64	38,52	37,83	25,69	22,90	12,88	7,69	21,40	17,62
450	42,75	23,78	13,58	31,27	35,38	11,21	36,09	33,01	39,53	26,88	20,44	20,68	18,90	16,32
600	35,28	32,23	21,15	28,80	22,12	16,41	33,60	31,67	41,22	20,89	19,29	38,50	17,82	15,20
750	33,69	35,56	14,36	26,79	16,42	23,05	34,44	33,20	29,15	20,53	15,82	32,18	16,62	13,33
900	31,14	34,40	15,87	28,77	14,11	21,99	42,59	33,83	25,55	18,40	13,23	31,81	14,07	12,44
1060	40,46	35,47	14,20	28,32	13,02	28,08	31,65	38,71	33,42	15,38	11,09	28,91	9,79	15,32
1250	40,57	30,15	10,17	29,76	10,83	33,87	32,07	35,68	27,91	9,87	6,07	23,72	9,44	6,62
1500	18,70	25,86	10,02	26,83	9,13	22,89	35,74	42,28	25,88	6,22	4,43	19,16	6,84	4,39
1800	27,82	35,61	11,16	26,10	10,50	34,40	40,16	47,81	31,06	16,72	6,39	23,31	7,26	6,75
2100	24,81	23,79	3,53	24,92	6,15	36,71	35,53	46,09	26,68	4,93	7,58	19,14	2,86	1,06
2500	22,11	28,48	4,03	22,11	3,59	31,29	35,18	39,66	24,83	8,46	13,27	21,26	4,16	5,21
3000	31,94	23,50	10,75	35,60	9,53	25,55	31,37	50,83	26,56	23,01	16,57	22,99	4,02	1,87



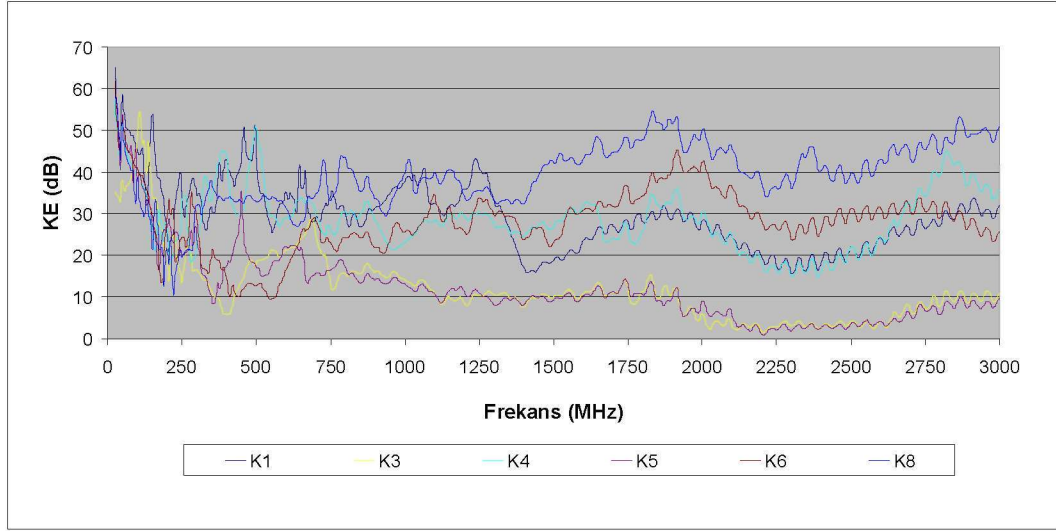
Şekil 4.20. 27-3000 MHz frekans aralığında kompozit numunelerin EMKE dağılımları



Şekil 4.21. 27-500 MHz frekans aralığında kompozit numunelerin EMKE dağılımları

4.2.1. Kompozitlerde Örgü Yapısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Kompozitlerde kullanılan örgü türünün etkisinin incelenmesi amacıyla, K1, K2, K3, K4, K5, K6 ve K8 numuneleri incelenmiştir. Aşağıda Şekil 4.22’den de görüldüğü üzere K8 numunesi tüm numuneler arasında en iyi EMKE’ni veren numunedir. Bu numune atkı yatırımı düz örgü yapısındadır (Bkz. Çizelge 3.3). Giysilik kumaş numunelerinde ise atkı yatırımı düz örgü kumaş numunesinin diğer numunelere göre 0-250 MHz frekans aralığında daha üstün olduğunu ancak bundan sonraki frekanslar için aynı şeyin söylenemeyeceği daha önce belirtilmişti (Bkz. Şekil 4.3), (Bkz. Şekil 4.4). Sonuç olarak atkı yatırımı düz örgü kumaş numunesi tek başına yalnızca belirli frekans aralığında etkin iken $0^0/90^0/0^0/90^0$ laminasyon açılarından oluşmuş dört katlı kompozit formu ise hemen hemen tüm frekanslarda etkindir. K8 numunesi, örgü yapısı itibarıyla diğer yapılara göre örtücülüğü en yüksek örgü yapısından (atki yatırımı örgü) oluşmaktadır. Bununla birlikte, bu numunede, atkı yatırım ipliği ilmekler arasında kalan boşlukları kapatmıştır (Bkz. Şekil 3.11). Bu durum da, K8 numunesinin EMKE performansını diğer yapılarla desteklenmiş kompozit numunelere göre daha yüksek kılmıştır.



Şekil 4.22. K1, K3, K4, K5, K6 ve K8 numunelerinin 27-3000 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları

Kompozit numunelerin elde edildikleri örgü yapılarına göre EMKE davranışları açısından gösterdikleri performans, üç frekans bandına bölünmüştür (Şekil 4.22). Bunlar; 27-500 MHz, 500-1250 MHz ve 1250-3000 MHz frekans aralıklarıdır.

1250-3000 MHz frekans aralığı için kompozit numunelerde örgü yapısının etkisi ile ilgili olarak aşağıdaki belirlemeler tespit edilmiştir.

K8 numunesinden sonra ikinci en etkin numune K6 numunesidir. Bu numune de, atkı yatırımı 1x1 rib yapısının kullanıldığı numunedir. Atkı yatırımı 1x1 rib örgü yapısının yüksek hava geçirgenliğine sahip yapılardan biri olması bu numunenin ilmekler arası boşluğunun ne derece yüksek olduğunu göstermektedir (Bkz. Şekil 4.2). Ancak bu yapıdan oluşan $0^0/90^0/0^0/90^0$ laminasyon açılarına sahip kompozit numunenin ikinci en iyi EMKE performansının gösteren yapı olması oldukça şaşırtıcı bir sonuçtur.

Ayrıca, atkı yatırımı düz örme kumaş destekli kompozit numunesi (K8), atkı yatırımı olmayan düz örme kumaş destekli kompozit numunesine göre (K1), atkı yatırımı 1x1 rib kumaş destekli kompozit numunesi (K6), atkı yatırımı olmayan 1x1 rib kumaş destekli kompozit numunesine daha etkin elektromanyetik korumaya sahiptir. Bu da göstermektedir ki atkı yatırım ipliği, kompozit numunelerin EMKE değerlerinde ciddi bir artış sağlamıştır. Atkı yatırımı düz örme kumaş destekli

kompozit numunesi (K8) 40-50 dB EM koruma sağlarken, atkı yatırımsız kompozit numune (K1) 20-30 dB koruma sağlamıştır. Benzer şekilde atkı yatırımlı 1x1 rib örgü destekli kompozit numune (K6) 30-40 dB koruma sağlarken, atkı yatırımsız numune (K5) 0-10 dB koruma sağlamıştır (Bkz. Şekil 4.22).

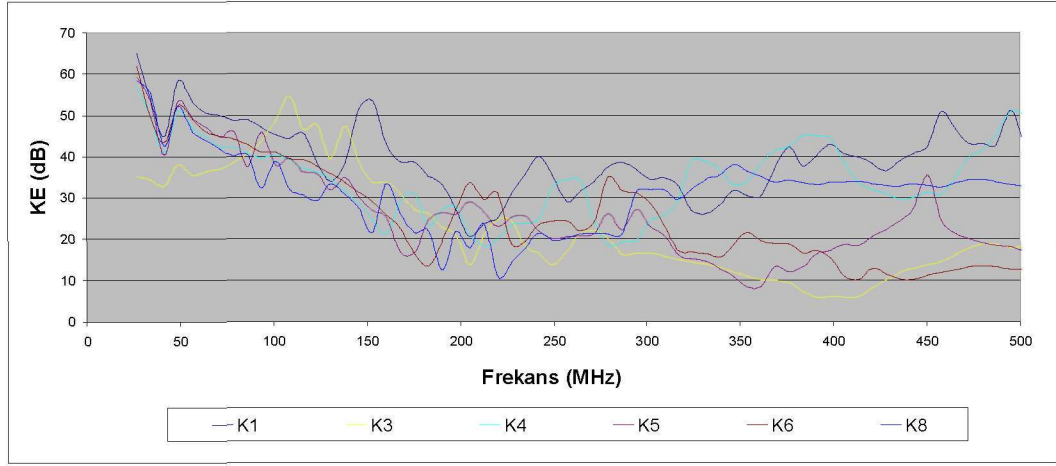
K5 ve K3 numuneleri ise en kötü EMKE performansını gösteren yapılardır (Bkz. Şekil 4.22). K5 numunesi 1x1 rib örgü yapısından ve K3 numunesi de yarım selanik örgü yapısından oluşmuş kompozitlerdir. Bu numunelerde kullanılan örgü yapılarının hava geçirgenliği değerlerine bakıldığında en yüksek geçirgenliğe sahip yapılar oldukları görülebilir (Bkz. Şekil 4.2). Ayrıca bu iki yapı tüm yapılar içerisinde elastik özellikleri en yüksek olan yapılardır. Dolayısıyla bu yapılarda ilmekler arası boşluklar oldukça fazladır ve EMKE değerlerinin düşük çıkmış olması beklenen bir sonuçtur.

K1 ve K4 kompozit yapıları ise bu frekans aralığında EMKE açısından birbirlerine yakın bir dağılım sergilemişlerdir (Bkz. Şekil 4.22). Her ikisi de bu frekans aralığında 20-30 dB koruma etkinliğine sahiptirler ancak K4 numunesi 2500-3000 MHz frekans aralığında 20-45 dB koruma değerine sahiptir.

500-1250 MHz frekans aralığı için kompozit numunelerde örgü yapısının etkisi ile ilgili olarak aşağıdaki belirlemeler tespit edilmiştir.

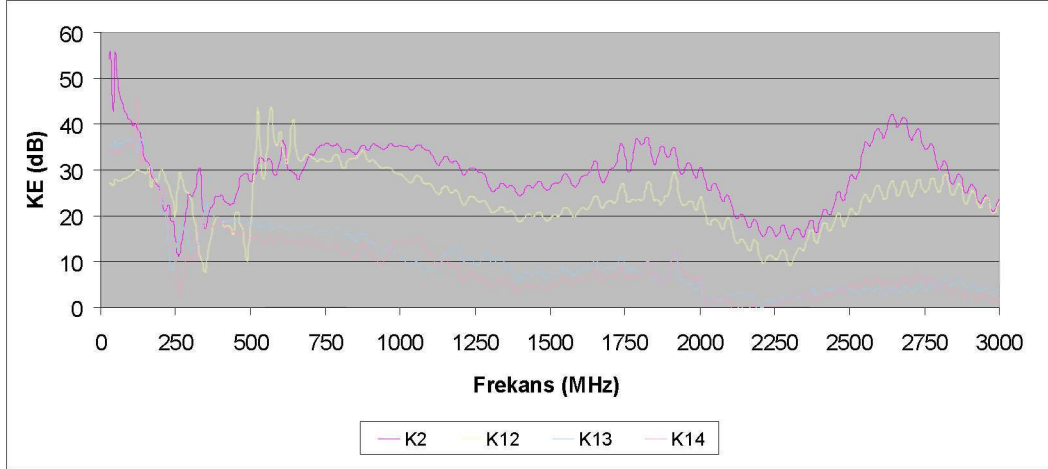
Bu frekans aralığında da K8 numunesi en etkin numune olmakla beraber, K1 numunesi ile yakın performansa sahiptirler. Benzer şekilde K4, K6 numuneleri ve K5, K3 numuneleri ikili olarak kendi aralarında birbirlerine çok yakın performans sergilemişlerdir (Bkz. Şekil 4.22).

27-500 MHz frekans aralığı ise numunelerin genel olarak 60 dB koruma değerleri ile başlayıp 250-300 MHz frekansta 10-30 dB değerlerine düştüğü bir aralıktır. Bu frekans aralığında en etkin yapı K1 yapısı olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. K1, K3, K4, K5, K6 ve K8 numunelerinin 27-500 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları

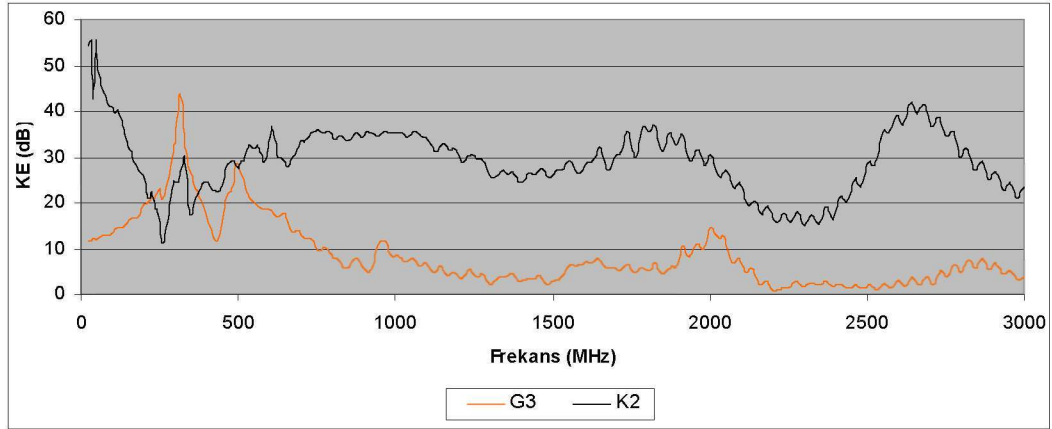
Bu çalışmada özellikle boşluklu kumaş yapısından oluşturulan kompozit formların EMKE performansları merak edilmekteydi. Çünkü bu yapı diğer yapılardan farklı olarak örgü yapısından kaynaklanan iki kat yapıya ve bu iki yapı arasında iplik yatırımlarının olduğu bir yapıdır. Dolayısıyla bu yapı çift ekranlama özelliği gösterebilecek bir yapıdır. Boşluklu kumaş yapısı ile desteklenmiş kompozit yapının EMKE performansının, diğer yapılarla desteklenen kompozitlerin EMKE performansları ile karşılaştırabilmek amacıyla iki kat kumaşlardan oluşan K2, K12, K13 ve K14 numuneleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.24). Boşluklu kumaş yapısı ile desteklenmiş kompozit yapı (K2), presleme esnasındaki teknik yetersizlikten dolayı iki kat olarak basılmak zorunda kalmış ve bu nedenle bu yapının dört kat desteklenmiş formu elde edilememiştir. Bu nedenle bu yapı iki kattan oluşan yapılarla kıyaslanmak zorunda kalmıştır.



Şekil 4.24. K2, K12, K13 ve K14 numunelerinin 27-3000 MHz frekans aralığındaki EMKE dağılımları

Yapılan EMKE ölçümleri sonucunda boşluklu kumaş yapısı ile desteklenmiş kompozit numunesi beklenildiği gibi, tüm frekanslarda diğer yapılarla desteklenmiş kompozit numunelere göre 30-40 dB ile en etkin yapı olarak belirlenmiştir. Oysa boşluklu kumaş yapısının diğer yapılarla olan karşılaştırmalarında sadece bazı frekanslarda en etkin yapı olduğu belirlenmişti. Sonuçta, boşluklu kumaş yapısının kendisi ve bu yapı ile desteklenmiş kompozit formu arasında EMKE davranışı açısından oldukça önemli sayılabilecek bir fark vardır.

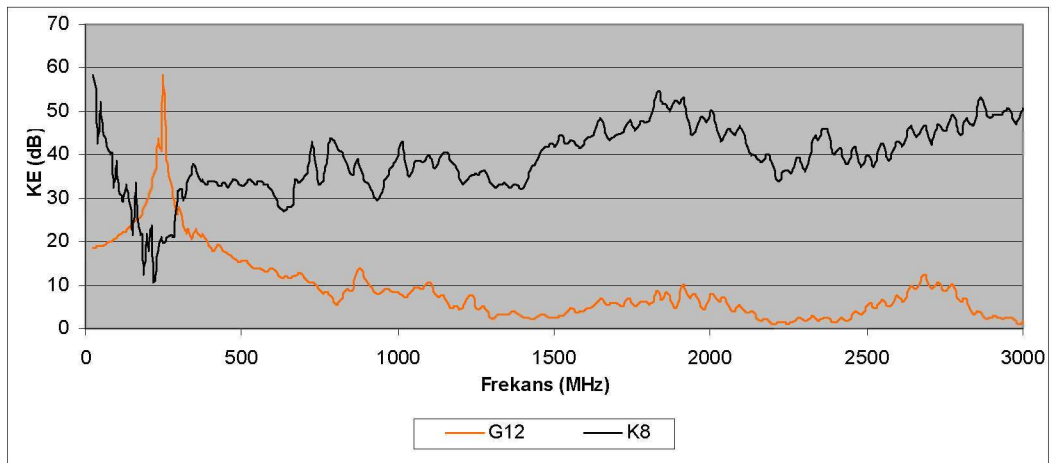
Boşluklu örgü yapısının (G3), kompozit formu (K2) ile EMKE açısından karşılaştırılması Şekil 4.25’de yapılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi, kompozit formun 20-55 dB ile kumaşa göre (0-40 dB) daha üstün bir performans sergilediği belirlenmiştir.



Şekil 4.25. G3 ve K2 numunelerinin EMKE dağılımları

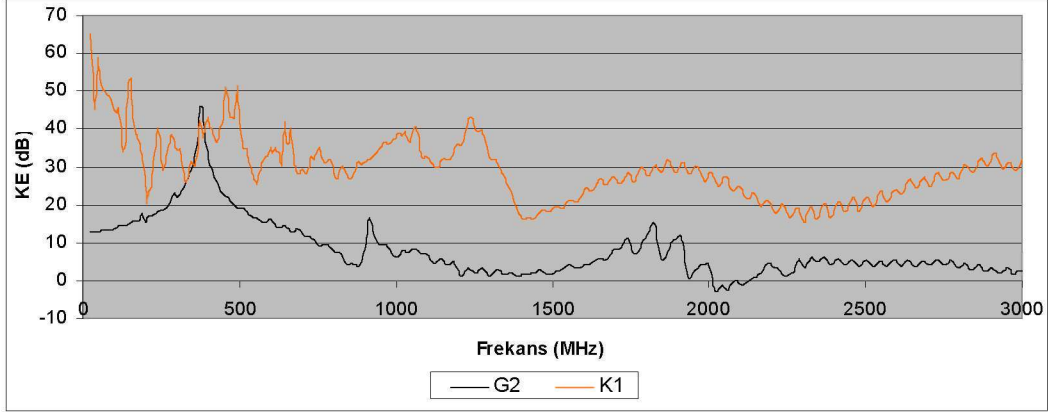
Diğer örgü kumaş yapılarının sergiledikleri EMKE performansları ile bu yapılarla desteklenmiş kompozit formlarının EMKE performanslarını karşılaştırmak amacıyla da G2-K1, G4-K5, G5-K3, G7-K4, G11-K6, G12-K8 VE G8-K7 numuneleri ikili olarak karşılaştırılmışlardır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen belirlemeler aşağıda verilmiştir.

Atkı yatırılmış düz örgü ve bununla desteklenmiş kompozit yapısının göstermiş oldukları EMKE dağılımlarının karşılaştırılması aşağıda Şekil 4.26'da verilmiştir. 500 MHz ve sonrası için atkı yatırılmış düz örgü kumaş numunesi (0-10dB), kompozit formuna (30-50 dB) göre daha düşük EMKE'ne sahiptir (Şekil 4.26). Düşük frekanslarda atkı yatırılmış düz örme kumaş ile kompozit formu tam ters bir davranış sergilemişlerdir. Bu durum oldukça şaşırtıcı bir durumdur.



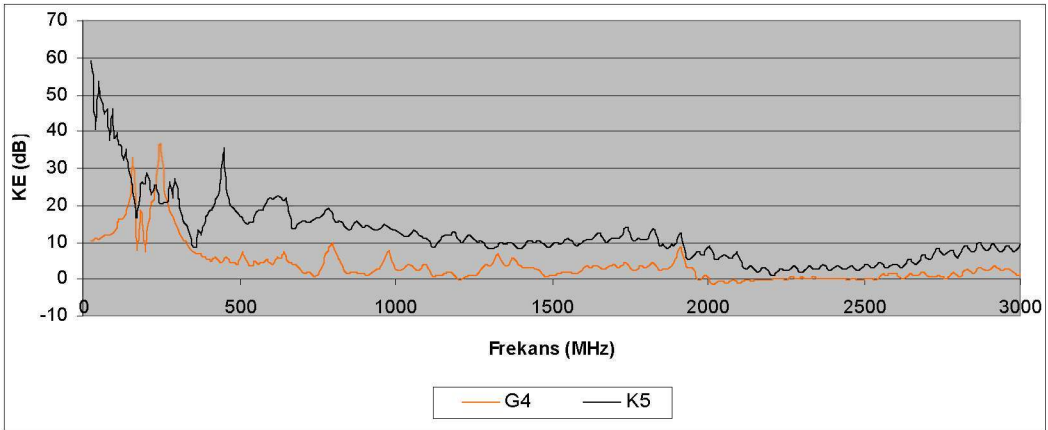
Şekil 4.26. G12 ve K8 numunelerinin EMKE dağılımları

Düz örgü ve bununla desteklenmiş kompozit yapısının göstermiş oldukları EMKE dağılımlarının karşılaştırılması da aşağıda Şekil 4.27’de verilmiştir. Kompozit form, tüm frekans aralığı boyunca ortalama 20-50 dB aralığında değerlere sahip iken, düz örme kumaş numunesi 800 MHz’e kadar ortalama 10 dB, bu frekanstan sonra ise 10 dB’nin altında kalmaya sahiptir.



Şekil 4.27. G2 ve K1 numunelerinin EMKE dağılımları

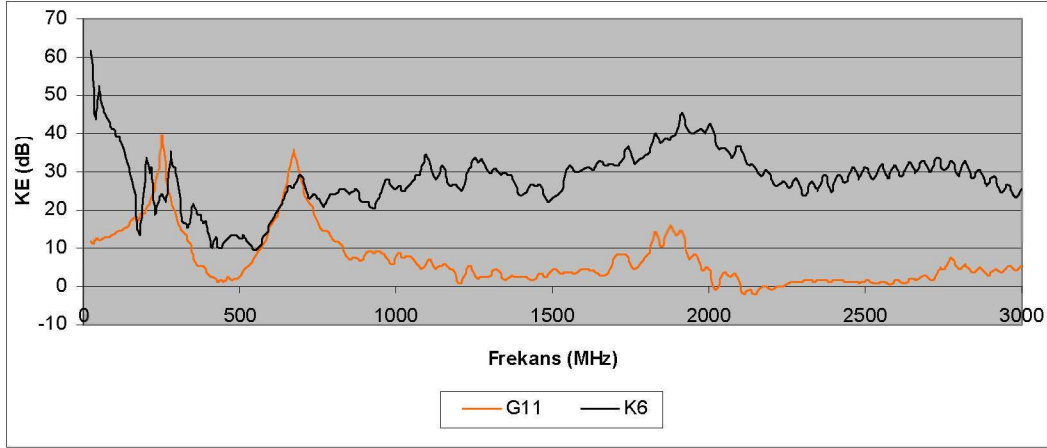
1x1 örgü yapısı ve bundan oluşan kompozit formunun EMKE dağılımları Şekil 4.28’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, kompozit formun kumaşa göre tüm frekanslar için daha iyi değerlere sahip olduğu ancak bu iki numunenin sahip olduğu değerlerin arasında çok büyük farklılığın bulunmadığı görülebilir.



Şekil 4.28. G4 ve K5 numunelerinin EMKE dağılımları

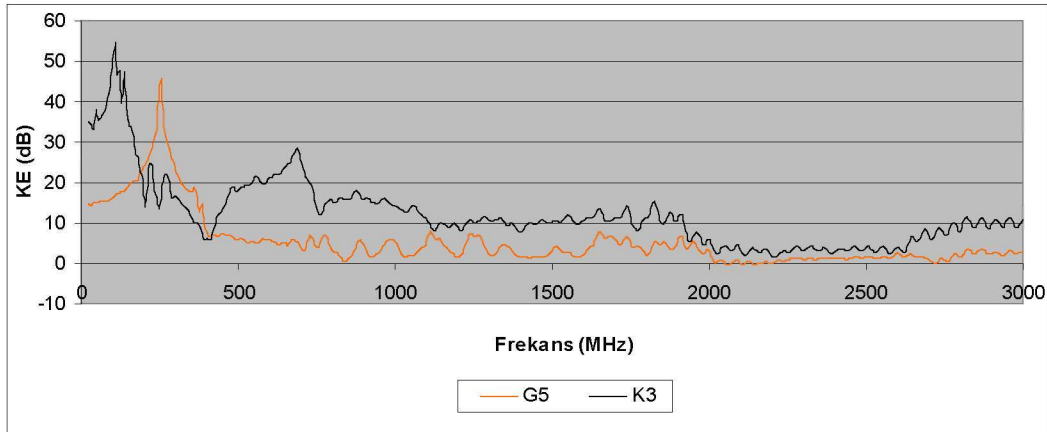
Atkı yatırımlı 1x1 rib örgü yapısı ve bu yapıyla desteklenmiş kompozitin sahip oldukları EMKE değerleri dağılımı Şekil 4.29’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde,

kompozit formun (20-50) kumaş karşısında (0-10), özellikle 750 MHz'den sonraki frekanslarda sağladığı üstün performans görülebilir.



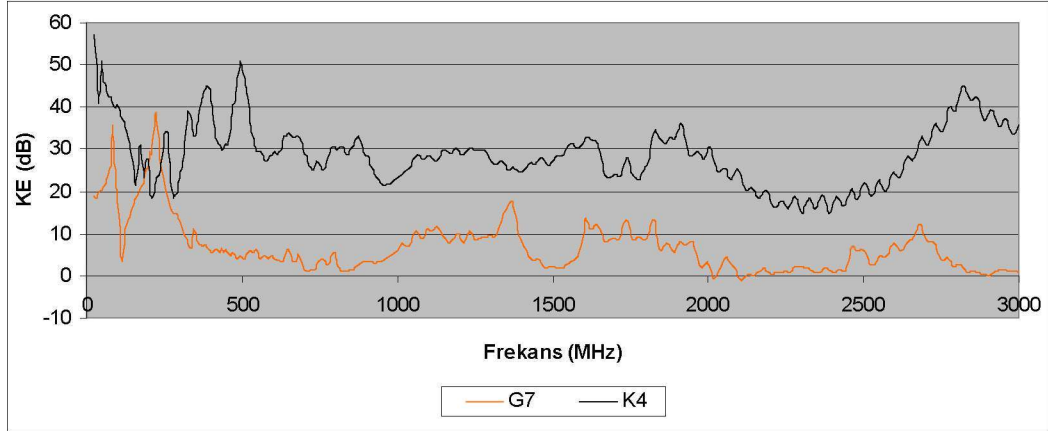
Şekil 4.29. G11 ve K6 numunelerinin EMKE dağılımları

Yarım selanik örgü yapısı ve bundan oluşan kompozit formunun EMKE dağılımları Şekil 4.30'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, kompozit formun kumaşa göre tüm frekanslar için daha iyi değerlere sahip olduğu ancak bu iki numunenin sahip olduğu değerlerin arasında çok büyük farklılığın bulunmadığı görülebilir. Benzer sonuç 1x1 rib örgü ve kompozitinin karşılaştırılması sırasında da elde edilmiştir.



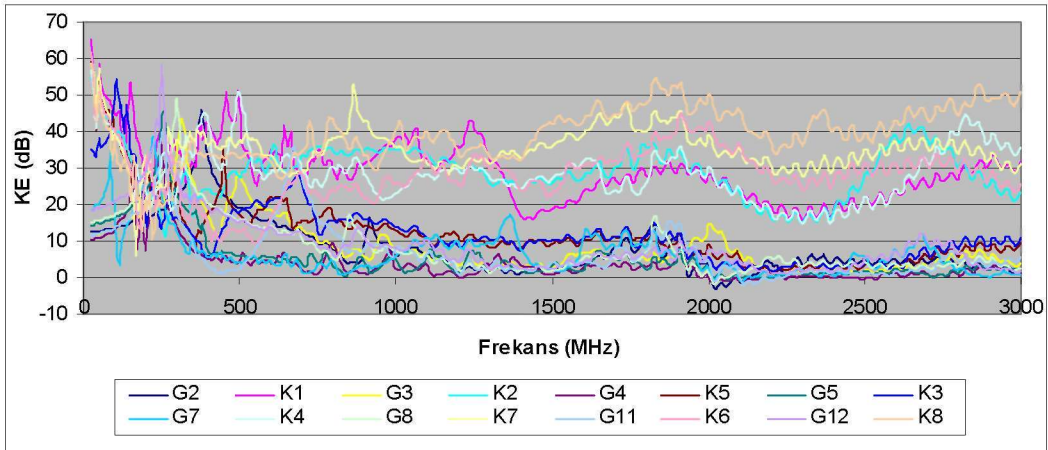
Şekil 4.30. G5 ve K3 numunelerinin EMKE dağılımları

Çift çelik örgü yapısı ve bu örgü yapısıyla desteklenmiş kompozit formunun EMKE dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 4.31'de verilmiştir. Bu yapının kompozit formu da kumaşa göre tüm frekanslarda daha üstün bir koruma sağlamıştır.



Şekil 4.31. G7 ve K4 numunelerinin EMKE dağılımları

Örgü yapılarına göre, kumaş numuneleri ve bu kumaşlarla desteklenmiş kompozit yapılarının EMKE dağılımları incelendiğinde elde edilen sonuç, kompozit yapıların genellikle daha üstün performans sergiledikleridir. Kumaşlar, düşük frekanslardan başlayarak önce artan sonra da azalarak sabit kalan bir davranış sergilemişlerdir. Kompozitler ise, düşük frekanslardan başlayarak belli bir frekansa kadar önce azalan sonra tekrar artan ve sonra küçük dalgalanmalarla sabit kalan bir EMKE davranışı sergilemişlerdir (Şekil 4.32).



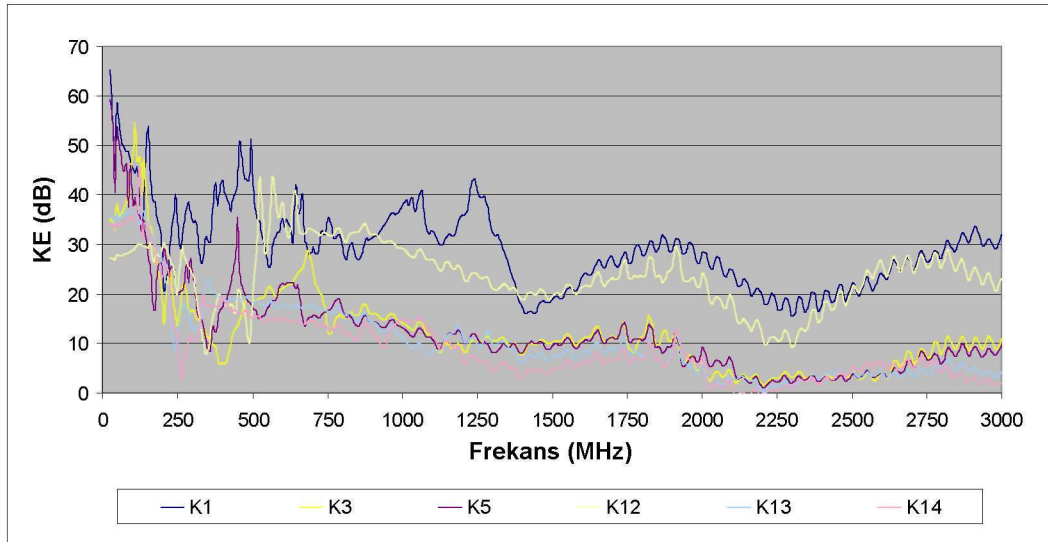
Şekil 4.32. Kumaş numuneleri ve kompozitlerinin karşılaştırmalı EMKE dağılımları

4.2.2. Kompozitlerde Kumaş Kat Adedinin Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Kompozit numunelerde kumaş kat adedinin elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin incelenmesi ile ilgili olarak K1-K12, K3-K13, K5-K14 numuneleri ikili olarak karşılaştırılmışlardır.

Düz örgü kumaş destekli kompozitlerde; EMKE değerleri, 4 kat olan K1 numunesinde 2 kat olan K12 numunesine göre daha yüksektir. Selanik örgü kumaş destekli kompozitlerde, 4 kat olan K3 numunesi ile 2 kat olan K13 numunesi aynı EMKE değerlerine sahiptirler. 1x1 rib örgü kumaş destekli kompozitlerde ise bazı frekanslarda 4 kat olan K5 numunesi 2 kat olan K14 numunesine göre daha yüksek performans sergilemiş olmasına karşın yakın değerlere sahiptirler (Şekil 4.33). Dolayısıyla örgü kumaş destekli kompozitlerde kat adedinin kesin etkisinden söz etmek mümkün değildir. Kat adedi artışına paralel olarak kompozitlerin EMKE'lerinde üstün bir etki gözlenmemiştir.

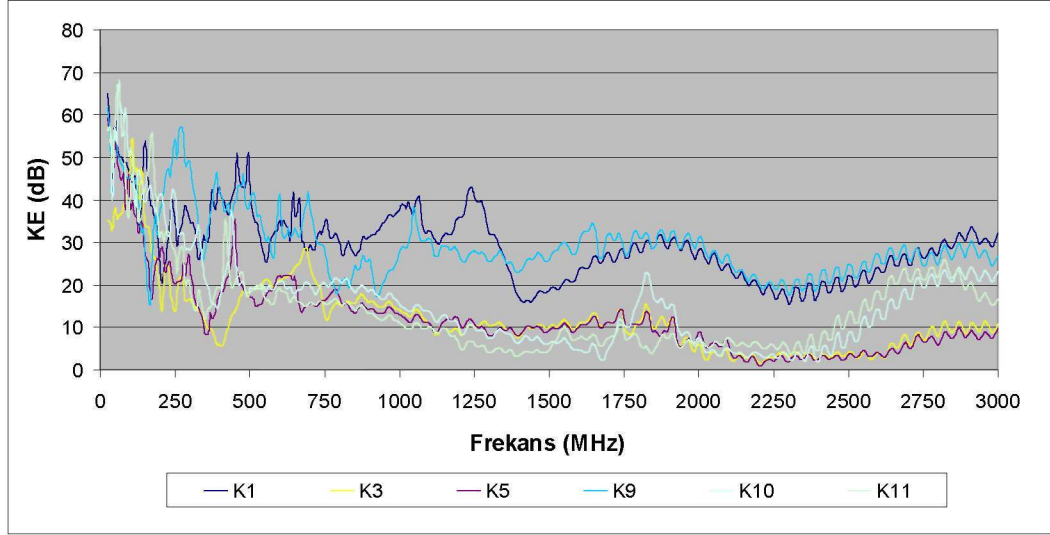
Literatürde de kumaş destekli kompozitlerle ilgili olarak, kat adedindeki artışla daha etkin EM korumaya sahip yapılar elde edildiği vurgulanmaktadır (Kim vd., 2002; Sudarshan vd., 2002; Jou, 2003; Chen vd. 2008).



Şekil 4.33. K1, K3, K5, K12, K13, K14 numunelerinin EMKE dağılımları

4.2.3. Kompozitlerde Laminasyon Açısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Kompozitlerde Laminasyon Açısının Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisinin incelenmesi amacıyla, K1-K9, K3-K10, K5-K11 numuneleri ikili olarak karşılaştırılmışlardır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. K1, K3, K5, K9, K10, K11 numunelerinin EMKE dağılımları

Düz örgü kumaş destekli kompozitlerde laminasyon açısının etkisinin incelenmesi amacıyla, K1 ve K9 numuneleri karşılaştırılmıştır. K1 numunesi 4 kat kumaşın $0^0/90^0/0^0/90^0$ laminasyon açılarıyla elde edilmesiyle oluşturulan bir kompozit numune iken, K9 numunesi 4 kat kumaşın $0^0/45^0/0^0/45^0$ laminasyon açılarıyla elde edilmesiyle oluşturulan kompozit numunedir. Bu iki numunenin EMKE dağılımları incelendiğinde düz örgü kumaşlarla desteklenmiş kompozitlerde laminasyon açısının baskın bir etkisinden de söz edilemez.

Selanik örgü kumaş destekli kompozitlerde laminasyon açısının etkisinin incelenmesi amacıyla K3 ve K10 numuneleri karşılaştırılmış ve numunelerin EMKE dağılımları incelendiğinde 2500 MHz frekansa kadar laminasyon açısının etkisinin olmadığı fakat 2500 MHz frekanstan sonra $0^0/45^0/0^0/45^0$ laminasyon açısına sahip K10 numunesinin daha etkin olduğu gözlenmiştir.

1x1 rib örgü kumaş destekli kompozitlerde laminasyon açısının etkisinin incelenmesi amacıyla K5 ve K11 numuneleri karşılaştırılmış ve numunelerin EMKE dağılımları

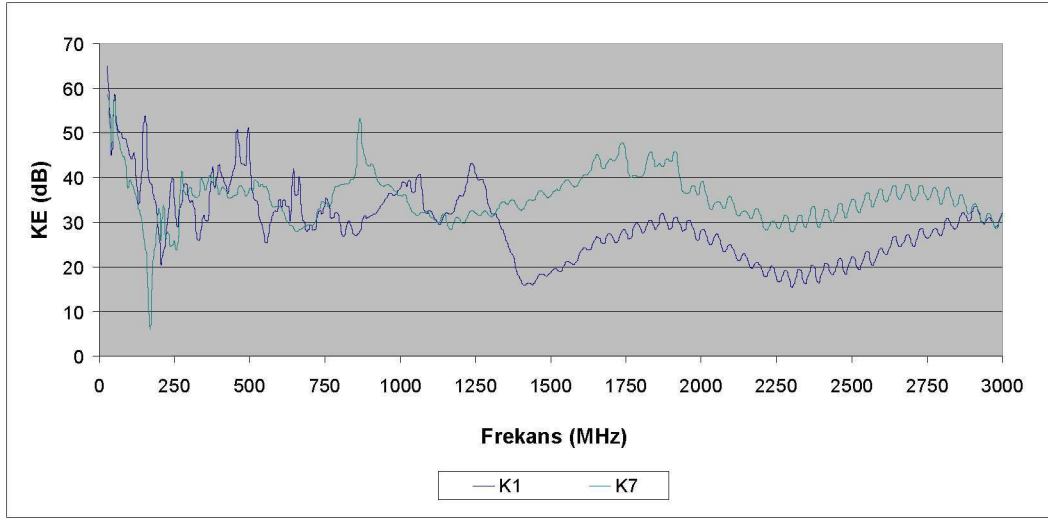
incelendiğinde selanik kumaş destekli kompozitlerde olduğu gibi 2500 MHz frekansa kadar laminasyon açısının etkisinin olmadığı fakat 2500 MHz frekanstan sonra $0^0/45^0/0^0/45^0$ laminasyon açısına sahip K11 numunesinin daha etkin olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.34). Dolayısıyla daha gözenekli olan 1x1 rib ve yarım selanik yapılarıyla desteklenmiş yapılarda açının küçülmesi boşlukların dolmasını sağlamış ve EMKE'nin artmasını sağlamıştır.

Literatürde küçük laminasyon açılara sahip kompozitlerin daha iyi EMKE değerleri verdikleri yer almaktadır (Chen vd., 2008). Dolayısıyla bu çalışma kapsamında laminasyon ile ilgili belirlemeler literatürle de uyumludur.

4.2.4. Kompozitlerde İletken Tel Adedinin Elektromanyetik Koruma Performansı Üzerine Etkisi

Kompozitlerde iletken tel adedinin elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla bir adet bakır tel kullanılan düz örgü kumaş destekli kompozit K1 numunesi ile iki adet bakır tel kullanılan düz örgü kumaş destekli kompozit K7 numunesi karşılaştırılmıştır. Bu iki numuneye ait verilerden oluşan dağılım grafiği Şekil 4.35'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, 1250 Mhz frekansa kadar baskın bir etkinin olmadığını ancak 1250 MHz frekanstan sonra iki adet bakır tel kullanılan K7 numunesinin daha üstün bir EMKE'ye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç giysilik numunelerde karşılaşılan sonucun tam tersidir. Giysilik numunelerde aynı örgü yapıları karşılaştırıldığında, iki iletkene sahip numune 27-350 MHz frekans aralığında tek iletkene sahip numuneye göre daha etkin, 350-800 MHz frekans aralığında tek iletken kullanılan numune daha etkin ve 800-3000 MHz frekans aralığında ise her iki numune de elektromanyetik koruma etkinliği açısından aynı performansa sahip olarak belirlenmişti (Bkz. Şekil 4.15). Dolayısıyla kompozit numunelerde, kullanılan iletken miktarı yüksek frekanslarda kayda değer bir etkiye sahip iken kumaş numunelerinde böyle bir etkinin olmadığı belirlenmiştir.

Literatürde, kullanılan iletken miktarındaki artışa paralel olarak materyallerin EMKE'nin arttığı görüşü hakimdir (Yang, 2005; Chen vd., 2008,).



Şekil 4.35. K1 ve K7 numunelerinin EMKE dağılımları

Belirli frekanslardaki en etkin EMKE'ne sahip örme kumaş ve kompozit numunelerin frekanslara göre etkinlikleri, maliyet analizleri de hesaplanarak Çizelge 4.4'de verilmiştir. Yalnızca sarf malzemeler dikkate alınarak belirlenen kumaş numunelerinin maliyeti 7-34 TL/m² arasında değişirken, kompozit numunelerin maliyeti 50-280 TL/m² arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Kompozit numunelerin maliyetlerinin daha yüksek olmasının sebebi ise kompozitlerde kullanılan aramid ipliğin fiyatının yüksek olmasındandır. Bilindiği gibi aramid lifleri yüksek sıcaklığa dayanıklı ve yüksek mukavemete sahip özel ve pahalı liflerdir.

Kompozit numunelerde en yüksek maliyete 280 TL/m² ile K8 numunesi, kumaş numunelerinde ise en yüksek maliyete 55 TL/m² ile K10 numunesi sahiptir.

Çizelge 4.4. Belirli frekanslardaki en etkin EMKE'ne sahip örme kumaş ve kompozit numunelerin frekanslara göre etkinlikleri ve maliyet analizleri

Frekans (MHz)	En Etkin Kumaş Numunesi	TL/m ²	En Etkin Kompozit Numunesi	TL/m ²
27-50	G7 (20-35 dB)	14	K1 (50-65 dB)	100
50-100	G7(20-35 dB)	14	K10(50-60 dB)	116
100-165	G12 (20-30 dB)	34	K3 (35-55 dB)	116
165-200	G12(20-30 dB)	34	K11 (30-55 dB)	104
200-225	G6 (30-40 dB)	12	K9 (40-55 dB)	100
225-260	G12(40-60 dB)	34	K9 (20-30 dB)	100
260-275	G9 (40-60 dB)	26	K9 (20-30 dB)	100
275-315	G8 (40-50 dB)	22	K9 (20-30 dB)	100
315-325	G10 (40-55 dB)	55	K9 (20-30 dB)	100
325-350	G12 (30-40 dB)	34	K9 (20-30 dB)	100
350-415	G2 (30-45 dB)	12	K4 (40-45 dB)	116
415-465	G1 (30-40 dB)	7	K1(35-50 dB)	100
465-515	G10 (25-30 dB)	55	K1 (40-50 dB)	100
515-625	G12 (15-30 dB)	34	K12 (30-45 dB)	50
625-700	G11 (10-35 dB)	13	K12 (35-40 dB)	50
700-800	G11 (10-35 dB)	13	K8 (35-45 dB)	280
800-850	G8 (5-20 dB)	22	K8 (40-45 dB)	280
850-1000	G2 (10-20 dB)	12	K7 (40-50 dB)	224
1000-1200	G7 (10-20 dB)	14	K8 (35-40 dB)	280
1200-1300	G7 (10-20 dB)	14	K1 (35-45 dB)	100
1300-1500	G7 (10-20 dB)	14	K8 (30-40 dB)	280
1500-3000	KARARSIZ	-	K8 (35-55 dB)	280

5. SONUÇ

Bazı atkılı örme kumaş yapıları ve bu yapılarla desteklenmiş kompozitlerin incelendiği bu çalışmada, kumaş yapıları ile ilgili olarak şu sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda bütün kumaş numunelerinin; 27-500 MHz frekans aralığında, 500-3000 MHz frekans aralığına göre daha yüksek koruma değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu da göstermektedir ki, atkılı örme yapılar düşük frekanslarda yüksek frekanslara oranla daha iyi elektromanyetik korumaya sahiptirler.

1000-3000 MHz frekans aralığında, örgü yapısının, elektromanyetik koruma performansı üzerine etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. 27-1000 MHz frekans aralığında ise numuneler, sahip oldukları örgü yapılarına göre farklı frekans aralıklarında etkindirler.

Çift çelik örgü yapısı, 27-100 MHz aralığında en iyi korumayı sağlamasına karşın tüm numuneler arasında en dar frekans aralığında etkin olan yapıdır. Etkin olduğu frekans aralığı 27-300 MHz'dir. Çift çelik örgü yapısı özellikle 27-100 MHz frekans aralığında çalışan fizyoterapi cihazları için, 20-30 dB'lik koruma ile hem hasta hem de bu cihazları kullanan kişiler için koruyucu materyal olarak kullanılabilir.

Yarım selanik örgü yapısının en etkin olduğu frekans aralığı, 200-300 MHz olarak belirlenmiş, bu aralıkta yapı 30-40 dB'lik koruma sağlamıştır. Bu örgü yapısı da, 200-300 MHz aralığında çalışan haberleşme cihazları ve medikal kanser radyoterapi cihazları için EM koruyucu olarak kullanılmaya elverişlidir. Ayrıca, bu iki yapı, daha sık görünümde olan diğer yapılara göre en düşük frekanslarda en yüksek korumayı sağlamışlardır. Bu durum; bu iki yapının, ilmek yapısı açısından bal-peteği görünümünde olmalarından kaynaklanmış olabileceğini akla getirmektedir.

900 MHz GSM bandı baz istasyonları ve test ölçüm merkezleri için en iyi ekranlamayı 10-35 dB değeri ile G12 kumaş numunesi ve 35-40 dB değeri ile K7 kompozit numunesi sağlamıştır. 1800 MHz GSM bandı baz istasyonları ve test ölçüm merkezleri için ise en iyi ekranlamayı 30-40 dB değeri ile K8 yapısının

sağladığı belirlenmiştir. Bu band için koruma etkinliği açısından kumaş numuneleri arasında bir fark gözlenmemiştir.

Boşluklu yapılar, 300-330 MHz frekans aralığında en etkin yapılardır ve bu frekans aralığında 30-40 dB EM koruma sağlayabilmektedirler. Dolayısıyla, bu yapıların da 300-330 MHz frekans aralığında çalışan haberleşme ve TV/telsiz verici cihazları için koruyucu olarak kullanılmaları uygundur.

Düz örgü yapılarıyla ilgili olarak; 27-300 MHz frekans aralığında 20-50 dB'lik koruma ile atkı yatırımı düz örgü kumaş numunesinin EM dalgalar karşısında düz örgü numunesine göre daha etkin olduğu gözlenmiştir. Ancak 400-3000 MHz frekans aralığında iki kumaş numunesi arasında, EM koruma etkinliği açısından bir fark görülmemiştir.

Rib ve atkı yatırımı rib yapıları; 600-850 MHz frekans aralığı hariç diğer frekanslarda benzer EM koruma performansı göstermişlerdir. 600-850 MHz frekans aralığında ise atkı yatırımı rib yapısı daha iyi EM koruma performansı sergilemiştir. Atkı yatırımı 1x1 rib yapısı, 600-750 MHz frekans aralığında çalışan UHF (ultra high frequency bandı) haberleşme cihazları için en iyi EM koruma performansına sahip yapı olarak gözlenmiştir.

Kumaş numunelerinin örgü yapılarına göre belirli frekans aralıklarında etkin olduğu ve etkinliğini tüm frekans bandı boyunca sürdüren bir örgü yapısının bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Örgü sıklığının, 27-300 MHz frekans aralığında etkili ancak 300-3000 MHz frekans aralığında etkili olmadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, 27 MHz bandında çalışan tıbbi fizyoterapi cihazları için daha iyi ekranlama verimliliğinin elde edilebilmesi amacıyla örgü materyallerde örgü sıklığına dikkat edilmelidir.

İletken çapındaki artışın, düşük frekanslarda numunenin EMKE değerini artırırken, yüksek frekanslarda numunenin EMKE değerine yüksek oranda etki bulunmadığı gözlenmiştir. İletken miktarının, elektromanyetik koruma performansı üzerinde etkili olduğu frekans aralığı 27-800 MHz olarak gözlenmiştir. Dolayısıyla, 800 MHz'den

daha yüksek frekanslarda iletken çapı ve iletken adedindeki artış numunenin elektromanyetik koruma performansı üzerinde etkili olamamaktadır.

Atkılı örme kumaş destekli kompozit yapılarla ilgili olarak ise aşığıda belirtilen şu sonuçlar elde edilmiştir.

Kompozitler, örme kumaşlardan farklı olarak yüksek frekanslarda da yüksek koruma değerleri vermişlerdir. Tüm kompozit numuneler içinde en iyi EMKE'ne yaklaşık olarak 50 dB ile atkı yatırımı düz örme kumaş destekli kompozit numunenin sahip olduğu, en kötü EMKE'ne ise yaklaşık olarak 10 dB ile iki kat 1x1 rib kumaş destekli kompozit numunenin sahip olduğu belirlenmiştir.

Boşluklu kumaş yapısı ile desteklenmiş kompozit numune, tüm frekanslarda diğer yapılarla desteklenmiş kompozit numunelere göre 30-40 dB ile en etkin yapı olarak belirlenmiştir. Oysa boşluklu kumaş yapısının diğer yapılarla olan karşılaştırmalarında sadece bazı frekanslarda en etkin yapı olduğu belirlenmişti. Sonuçta, boşluklu kumaş yapısının kendisi ve bu yapı ile destelenmiş kompozit formu arasında EMKE davranışı açısından oldukça önemli sayılabilecek bir fark olduğu ortaya konmuştur.

Atkı yatırımının kompozit numunelerde EMKE değeri üzerinde etkili olduğu ve EMKE değerini artırdığı tespit edilmiştir.

Yüksek hava geçirgenliğine sahip örme yapılarıyla desteklenen kompozit numunelerin EMKE değerleri de düşük çıkmıştır.

500-1250 MHz frekans aralığı için kompozit numunelerde örgü yapısının etkisinin çok belirgin bir şekilde olmadığı ancak 1250 MHz'den sonra örgü yapısının kompozitlerin EMKE değerlerini etkilediğı saptanmıştır.

Kompozit numunelerde, kullanılan iletken miktarı yüksek frekanslarda EMKE üzerinde kayda değer bir etkiye sahip iken kumaş numunelerinde böyle bir etkiyle karşılaşılmamıştır.

Düz örgü kumaşlarla desteklenmiş kompozitlerde laminasyon açısının EMKE üzerinde baskın bir etkisine rastlanmazken, 1x1 rib ve yarım selanik kumaşlarla

desteklenmiş kompozitlerde $0^0/45^0/0^0/45^0$ laminasyon açısına sahip numunelerin daha etkin oldukları saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Adams, J.W., Vanzura, E.J., 1986. Shielding Effectiveness Measurements of Plastics. Nat. Bur. Stand. (U.S.) NBSIR 85-3035, January.
- Anand, S., 2003. Recent Advances in Knitting Technology and Knitted Structures For Technical Textiles Applications, Istek Uluslararası Isparta Tekstil Kongresi, 96-113.
- Araujo, M., Figueiro, R. And Hong, H., 2004. Modelling and Simulation of The Mechanical Behaviour of Weft-Knitted Fabrics For Technical Applications, Autex Research Journal, 4 (2), June 2004.
- Arı, N., Özen, Ş., 2008. Elektromanyetik Uyumluluk. Palme Yayıncılık, ISBN 978-9944-341-72-1, 224s. Ankara.
- Blanchard, J.P., Tesche, F.M., Sands, S.H., Vandre, R.H., 1988. Electromagnetic Shielding by Metalized Fabric Enclosure: Theory and Experiment. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 30 (3), 282-288.
- Chen, H.C., Lee, K.C., Lin, J.H., 2004. Electromagnetic and Electrostatic Shielding Properties of Co-Weaving-Knitting Fabrics Reinforced Composites. Composites Part A, 35, 1249-1256.
- Chen, H.C., Lin, J.H., Lee, K.C., 2008. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/Stainless Steel/Polyamide Fiber Co-Woven-Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 35 (2), 187-204.
- Cheng, K.B., 2000. Production and Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless Steel/ Polyester Fabrics. Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 53 (8), 56-60.
- Cheng, K.B., Cheng, T.W., Lee, K.C., Ueng, T.H., Hsing, W.H., 2003. Effects of Yarn Constitutions and Fabric Specifications on Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics. Composites Part A, 34, 971-978.

- Choi, W., 2005. Three Dimensional Seamless Garment Knitting on V-Bed Flat Knitting Machines. JTATM, 4 (3),.14-33.
- Chung D.D.L., 2001. Electromagnetic Interference shielding effectiveness of carbon materials. Carbon 2001, 39, 279-285.
- Çeken, F., 1999. Paris ITMA Fuarı ve Örne Makinaları Teknolojisindeki Gelişmeler. Tekstil Maraton, 3, 56-63.
- Demirkese, E., 1991. Kompozit Malzemeler. İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Yayınları, No:3, 158s. İstanbul.
- Dichen, L., Suqiao, D., 2000. The Study of Metal Meshes on Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness. Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics 2000, May 3-7, 326-332.
- Doğan, M., 2002. Teknik Tekstiller için Düz Örne Makinası. Tekstil Maraton Dergisi, 6, 67-80.
- Guy, A.W., Chou, C.K., Mcdougall, J.A., Sorensen, C., 1987. Measurement of Shielding Effectiveness of Microwave- Protective Suits. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 35 (11), 984-994.
- Henn, A.R., Cribb, M.R., 1992. Modelling the Shielding Effectiveness of Metallized Fabrics. IEEE, 283-286.
- Hoeft, L.O., Tokarsky, E.W., 2000. Measured Electromagnetic Shielding characteristics of Fabric made from Metal Clad Aramid yarn and Wire. IEEE, 883-886.
- Jou, W.S., 2003. The High Electromagnetic Shielding of Woven Carbon Fiber Composites Applied to Optoelectronic Devices. IEEE, 755-783.
- Joyner, H.K., Copeland, P.R., Macfarlane, I.P., 1989. An Evaluation of a Radiofrequency Protective Suit and Electrically Conductive Fabrics. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 31 (2), 129-137.

- Kim, M.S., Kim, H.K., Byun, S.W., Jeong, S.H., Hong, Y.K., Joo, J.S., Song, K.T., Kim, J.K., Lee, C.J., Lee, J.Y., 2002. PET Fabric/Polypyrrole Composite With High Electrical Conductivity for EMI Shielding. *Synthetic Metals*, 126, 233-239.
- Kim, M.S., Kim, H.K., Byun, S.W., Jeong, S.H., Hong, Y.K., Joo, J.S., Song, K.T., Kim, J.K., Lee, C.J., Lee, J.Y., 2002. PET Fabric/Polypyrrole Composite With High Electrical Conductivity for EMI Shielding. *Synthetic Metals*, 126, 233-239.
- Kinzingham, B.A., Yenni, D.M., 1988. Test Methods for Electromagnetic Shielding Materials. *IEEE*, 223-230.
- Kodali, P.V., 1996. Engineering Electromagnetic Compatibility, Principles, Measurements and Technologies, IEEE PRESS, ISBN: 0-7803-1117-5, pp.369, New Jersey.
- Koprowska, J., Pietranik, M., Stawski, W., 2004. New Type of Textiles with Shielding Properties. *Fibre and Textiles in Eastern Europe*, 12 (3), 39-42.
- Legner, M., 2005. Tıp Alanında Düz Örmek Teknolojisinin Uygulanması, II. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi 13-15 Temmuz, İstanbul.
- Lorrain, P., Corson, D., 1970. Electromagnetic Fields and Waves. W. H. Freeman and Company, ISBN 0-7167-0331-9, pp.706, USA.
- Lin J.H., Lou, C.W., Lu, C.K., Hsing, W.H., 2004. Functional Fabric of Hybrid Stainless Steel/ Polypropylene and the Electrical Properties of Thermoplastic Composites. *Journal of Advanced Materials*, 36 (1), 63-68.
- Ma, M.T., Kanda, M., 1986. Electromagnetic Compatibility and Interference Metrology. *Nat. Bur. Stand (U.S.) Tech. Note* 1099, July.
- Marmaralı, A., 2000. Atı Örmeciliğine Giriş. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, No:9, 113s. İzmir.

- Middleton, J., 1992. The Engineer's EMC Work Book. Marconi Instruments Ltd, The Nuffield Pres, ISBN 0-9504941, pp.200, Oxford.
- Muhl, T., Obolenski, B., 2004. Textiles and Electromagnetic Radiation (basics). Melliand Textilberichte, 85 (3), 190-192.
- Ott, H.V., 1988. Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, A Willey-Interscience Publication, ISBN 0-471-85068-3, pp.417, USA.
- Önal, L., 2004. Üç Boyutlu Sandviç Örme Kumaş Teknolojisinde Gelişmeler. Tekstil Maraton, 3, 52-55.
- Pocai, M.R., Bottari, E., 1999. Electromagnetic Characterization of Protective Clothing. Electromagnetic Compatibility, 1999 International Symposium, 516-519.
- Raz, S., 1993. Flat Knitting Technology. C.F.Rees GmbH, ISBN 89520, pp.542, Germany.
- Shanna, M., Smith, G., 2005. Three Dimensionally Knit Spacer Fabrics: A Review of Production Techniques and Applications. Journal of Textile and Apparel Technology and Management, 4 (4), 1-12.
- Spencer, D.J., 1998. Knitting Technology. Woodhead Publishing Limited, ISBN 1-85573-313-7, pp.357, England.
- Sudarshan, N., Chatterji, S.K., Suryanarayana, K., Rao, G.V., 2002. EM Shielding Effectiveness of Metal Sandwiched Composites. Proceedings of INCEMIC 2001-2002, 99-103.
- Şahin, Y., 2006. Kompozit Malzemelere Giriş. Seçkin Yayıncılık, ISBN 9750203283, 424s. Ankara.
- Tamburrano, A., Sarto, M.S., 2000. Electromagnetic Characterization of Innovative Shielding Materials in the Frequency Range Up To 8 Gigahertz. IEEE, 551-556.

- Wilson, P., Adams, J.W., Ma, T.M., 1986. Measurement of the Electromagnetic Shielding Capabilities of Materials. *Proceedings of the IEEE*, 74 (1), 112-115.
- Yang, S., Lozano, K., Lomeli, A., Foltz, H.D., Jones, R., 2005. Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness of Carbon Nanofiber/LCP Composites. *Composites:Part A*,36, 691-697.
- Yoshino R., Miyake, S., Morita, T., 1990. Study on Differences of the Electromagnetic Shielding Effectiveness Caused by Differences in Measuring Methods and Test Sample Area. *IEEE*, 473-477.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Devrim DEMİRAY SOYASLAN

Doğum Yeri ve Yılı : Şarkikaraağaç/Isparta - 1976

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu

Lise : Isparta Anadolu Lisesi / 1994

Lisans : Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü / 1998

Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı / 2003

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

1. Akkanat Holding, Beyteks AŞ./ 1999-2000
2. Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO /2000

Yayınları

1. Örme Kumaşlarda Boncuklanma Değerlerine Test Yöntemlerinin Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Konfeksiyon Teknoloji Dergisi, Ocak/Şubat Sayı:57, sayfa:64-80, 2007.
2. Şekle Göre Elde Edilen Üç Boyutlu Atkılı Örme Yapılar. Örme Dünyası, Ocak-Şubat 2008, Sayı 24, Sayfa 56-61.
3. Atkılı Örme Tekniğiyle Boşluklu Kumaş Üretimi. Tekstil Teknik Dergisi, Şubat 2008, sayı: 277, Sayfa:148-152