

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RİZE İL MERKEZİNDE BULUNAN TEMEL EĞİTİM
MÜDÜRLÜĞÜNE BAĞLI OKULLARDA ELEKTROMANYETİK
ALAN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

KÜBRA MEMİŞOĞLU

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ NİLÜFER AS
TEZ JÜRİLERİ
PROF. DR. İSMAİL HAKKI ÇAVDAR
DR. ÖĞR. ÜYESİ SERDAR DİZMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

RİZE-2019
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RİZE İL MERKEZİNDE BULUNAN TEMEL EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜNE
BAĞLI OKULLARDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS danışmanlığında, Kübra MEMİŞOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 12/07/2019 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN

İmzası

[Handwritten signatures of the jury members]

[Handwritten signature of Ferhat Kalaycı]
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

“Rize İl Merkezinde Bulunan Temel Eğitim Müdürlüğüne Bağlı Okullarda Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konunun seçilmesinde, çalışmaların planlanmasında ve verilerin değerlendirilmesinde her türlü desteğini gördüğüm ve çalışmanın tamamlanabilmesi için her türlü imkânı sunan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS’a ve tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Yasin KARAN’a ve Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ölçümler için SRM 3006 cihazının kullanılmasına olanak sağlayan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Elektromanyetik Uygulama ve Araştırma Merkezi’ne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın ve akademik hayatımın her anında, her türlü maddi ve manevi destekleriyle bana her zaman güç veren değerli eşime, canım oğluma ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Kübra MEMİŞOĞLU

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Rize İl Merkezinde Bulunan Temel Eğitim Müdürlüğüne Bağlı Okullarda Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Belirlenmesi” başlıklı bu tezin Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 19/06/2019


Kübra MEMİŞOĞLU

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

RİZE İL MERKEZİNDE BULUNAN TEMEL EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜNE BAĞLI OKULLARDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Kübra MEMİŞOĞLU

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS

Hayatımızın önemli parçası olan yeni teknoloji ürünleri, elektromanyetik kirliliğin temel nedeni haline gelmiştir. Uluslararası bilim kuruluşları ve toplulukları konunun önemine istinaden, bu kapsamda sınır değerler ve standartlar oluşturmuştur. Bu tez çalışmasında, Rize il merkezindeki anaokulları ve kreşlerdeki elektromanyetik alan seviyeleri incelenmiştir. Bu kapsamda, günün farklı saat dilimlerinde, 22 farklı temel eğitim müdürlüğüne bağlı okulda elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sırasında; 400 MHz-3 GHz bant aralığında çalışan kompakt bir spektrum analiz cihazı olan SRM 3006 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Germany), üç eksenli bir anten ile birlikte kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları, Bilgi Teknolojileri Kurumu tarafından ilan edilen standart değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elektromanyetik alan ölçümlerinde yüksek değerler tespit edilse de sınır değerleri aşan veriler bulunmamıştır.

2019, 83 sayfa

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Alan Yoğunluğu, Elektromanyetik Alan, Elektromanyetik Alan Şiddeti, Elektrik Alan, Rize.

ABSTRACT

DETERMINATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS IN SCHOOLS CONNECTED TO BASIC EDUCATION DIRECTORATE IN RİZE PROVINCE

Kübra MEMİŞOĞLU

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Master Thesis
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nilüfer AS**

New technology products that are parts of our lives have become the main cause of electromagnetic pollution. International scientific organizations and communities have taken this issue under the spotlight; in this context, the limit values and standards were established. In this thesis, electromagnetic pollution in the kindergartens and day nurses at Central of Rize was examined. In this context, at certain times of the day, electromagnetic pollution measurements were taken at 22 different schools connected to basic education directorate. During these measurements, a compact spectrum analyzer device (Narda Safety Test Solutions GmbH, Germany) working in the range of 400 MHz to 3 GHz band was used together with its three-axis antenna. The results of these measurements have been compared with the standard values, which were declared by the Information Technology Authority. Electromagnetic pollution rate has not been found in a dangerous level.

2019, 83 pages

Keywords: Electromagnetic Field Intensity, Electromagnetic Field, Electromagnetic Fields Strength, Electric Field, Rize.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti.....	3
1.3. Dalga Hareketi	7
1.3.1. Enine Dalga.....	9
1.3.2. Boyuna Dalga.....	9
1.4. Elektromanyetik Dalga.....	10
1.4.1. Elektromanyetik Alan.....	11
1.4.1.1. Elektrik Alan.....	11
1.4.1.2. Manyetik Alan	11
1.4.1.3. Elektromanyetik Alan.....	12
1.4.2. Elektromanyetik Dalga Denklemi.....	13
1.4.3. Maxwell Denklemleri.....	14
1.5. Elektromanyetik Alan Kavramları	15
1.5.1. Elektromanyetik Girişim (EMI).....	15
1.5.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC).....	16
1.5.3. Elektromanyetik Enerji (Poynting Vektörü).....	17
1.5.4. SAR Değeri.....	18
1.6. Elektromanyetik Alanların Zayıflatılması ve Yakın Alan Uzak Alan Kavramları	19
1.7. Elektromanyetik Spektrum	23
1.7.1. İyonlaştırmayan Radyasyon Bölgeleri	24
1.7.1.1. Radyo Dalgaları	24
1.7.1.2. Mikrodalgalar.....	25

1.7.1.3. IR (Infrared) Bölgesi	25
1.7.2. İyonlaştıran Radyasyon Bölgeleri	26
1.7.2.1. Gama (γ) Işınları	26
1.7.2.2. X-Işınları	26
1.7.2.3. UV (Ultraviyole)	27
1.8. Elektromanyetik Alan Kaynakları ve GSM Sistemleri	27
1.9. Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri	32
1.10. Halk Sağlığı İçin Sınır Değerler ve Uluslararası Kuruluşlar	35
1.11. Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği	38
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
2.1. Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihaz	40
2.1.1. Sonuç Tipinin Seçilmesi	42
2.1.2. Ölçüm Verilerinin ve Ekran Görüntülerinin Kaydedilmesi	43
2.2. Ölçüm Metodu	43
3. BULGULAR	45
3.1. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri	45
3.2. Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları	49
3.2.1. Yeşil Deniz Eğitim Kurumları	49
3.2.2. Ali Saruhan Anaokulu	49
3.2.3. Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi	50
3.2.4. Şevket Yardımcı İlkokulu	50
3.2.5. Gülbahar Hatun Anaokulu	51
3.2.6. Çaykur Ortaokulu	51
3.2.7. Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi	52
3.2.8. Hacere Usta Anaokulu	52
3.2.9. Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi	53
3.2.10. Çay Ortaokulu	53
3.2.11. Doğuş Çay İlkokulu	54
3.2.12. Yeşil Doğa Koleji	54
3.2.13. Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi	55
3.2.14. Kurtuluş İlkokulu	55
3.2.15. Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi	56
3.2.16. Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi	57

3.2.17.	Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi	57
3.2.18.	Atatürk Ortaokulu	58
3.2.19.	Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu.....	58
3.2.20.	Bilge Anaokulu	58
3.2.21.	TOBB İlkokulu	59
3.2.22.	Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu	59
3.3.	Ölçüm ve Hesaplama Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi	63
3.4.	Ölçüm Yapılan Noktalardan Alınan Verilerin Spektrum, Data Tablosu ve Bar Grafiğı Şeklinde Gösterilmesi	69
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR	72
5.	ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR.....		79
ÖZGEÇMİŞ.....		83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dalga gösterimi.....	8
Şekil 2. Enine dalga gösterimi.....	9
Şekil 3. Boyuna dalga gösterimi.....	9
Şekil 4. Elektromanyetik dalga gösterimi.....	10
Şekil 5. Elektromanyetik dalganın enerji yayılımı.....	18
Şekil 6. Alan kaynağına uzaklık ile elektromanyetik alan gücünün değişimi.....	20
Şekil 7. Yakın alan uzak alan gösterimi.....	21
Şekil 8. FM yayıncısının yakın alanındaki yoğunluk dağılımı (100 MHz).....	22
Şekil 9. Elektromanyetik spektrum.....	23
Şekil 10. Elektromanyetik alan kaynakları.....	28
Şekil 11. Baz istasyonlarının çalışma prensibi.....	28
Şekil 12. Baz istasyonunun hücre yapısı.....	29
Şekil 13. Uplink – Downlink.....	29
Şekil 14. Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı.....	30
Şekil 15. Baca görünümlü baz istasyonu.....	31
Şekil 16. Totem içerisine gizlenmiş baz istasyonları.....	31
Şekil 17. Baca görünümlü baz istasyonları.....	31
Şekil 18. Vücut absorpsiyon eğrisi.....	33
Şekil 19. ICNIRP alan ve güç yoğunluğu sınır değerleri.....	35
Şekil 20. Narda SRM 3006 Cihazı.....	40
Şekil 21. SRM 3006 cihazında 3 farklı görünüm; (a) Spektrum görünümü, (b) Data tablosu ve (c) Bar grafiği.....	41
Şekil 22. Ölçüm yapılan okulların Rize il merkezi haritası üzerindeki konumları.....	45
Şekil 23. Bilge Anaokulu'nda SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği.....	47
Şekil 24. Şirinler Gündüz Bakımevi'nde SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği.....	48
Şekil 25. Umut Anaokulu'nda SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği.....	48
Şekil 26. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi.....	63
Şekil 27. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum ortalama değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi.....	63
Şekil 28. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatlerine göre değişimi.....	64
Şekil 29. Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişimi.....	64

Şekil 30. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi	64
Şekil 31. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum ortalama değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi.....	65
Şekil 32. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatlerine göre değişimi.....	65
Şekil 33. Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişimi	65
Şekil 34. Elektrik alan maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri.....	66
Şekil 35. Manyetik alan maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri.....	66
Şekil 36. Güç yoğunluğu maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri.....	66
Şekil 37. 2018 yılı öğleden sonra Çay Ortaokulu’nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü.....	69
Şekil 38. 2018 yılı öğleden sonra Çaykur Ortaokulu’nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü.....	69
Şekil 39. 2018 yılı öğleden sonra Hacere Usta Anaokulu’nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü.....	70
Şekil 40. 2018 yılı öğleden sonra Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi’nde yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü.....	70
Şekil 41. 2018 yılı öğleden sonra Atatürk Ortaokulu'nda yapılan ölçümlere ait verilerin tablo görüntüsü	71
Şekil 42. 2018 yılı öğlen TOBB İlkokulu'nda yapılan ölçümlere ait verilerin bar grafiği görünümü	71

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Maxwell denklemleri	15
Tablo 2. Elektromanyetik alan gücünün kaynağa uzaklıkla değişimi	20
Tablo 3. Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinin tanımlayıcı büyüklükleri...	24
Tablo 4. ICNIRP limit değerleri.....	36
Tablo 5. Ortam ve tek bir cihaz için BTK tarafından belirlenen limit değerler	37
Tablo 6. Hücresel sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri.....	38
Tablo 7. Sonuç tipleri.....	42
Tablo 8. Frekans aralıklarının ifade ettiği kanallar.....	44
Tablo 9. Ölçüm yapılan okullara ait bilgiler	46
Tablo 10. Yeşil Deniz Eğitim Kurumu'na ait ölçüm verileri	49
Tablo 11. Ali Saruhan Anaokulu'na ait ölçüm verileri.....	50
Tablo 12. Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	50
Tablo 13. Şevket Yardımcı İlkokulu'na ait ölçüm verileri.....	51
Tablo 14. Gülbahar Hatun Anaokulu'na ait ölçüm verileri.....	51
Tablo 15. Çaykur Ortaokulu'na ait ölçüm verileri.....	52
Tablo 16. Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	52
Tablo 17. Hacere Usta Anaokulu'na ait ölçüm verileri	53
Tablo 18. Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	53
Tablo 19. Çay Ortaokulu'na ait ölçüm verileri.....	54
Tablo 20. Doğuş Çay İlkokulu'na ait ölçüm verileri	54
Tablo 21. Yeşil Doğa Koleji'ne ait ölçüm verileri.....	55
Tablo 22. Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	55
Tablo 23. Kurtuluş İlkokulu'na ait ölçüm verileri	56
Tablo 24. Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri.....	56
Tablo 25. Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	57
Tablo 26. Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri	57
Tablo 27. Atatürk Ortaokulu'na ait ölçüm verileri	58
Tablo 28. Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'na ait ölçüm verileri.....	58
Tablo 29. Bilge Anaokulu'na ait ölçüm verileri	59
Tablo 30. TOBB İlkokulu'na ait ölçüm verileri	59
Tablo 31. Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'na ait ölçüm verileri.....	60

Tablo 32. Uygulama Anaokulu'na ait 2018 yılı verilerindeki frekans bantları maksimum değerleri.....	61
Tablo 33. Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'na ait 2019 yılı verilerindeki frekans bantları maksimum değerleri.....	62
Tablo 34. Frekans bant aralığında alınan maksimum verilerin okul ve ölçüm zamanı..	67
Tablo 35. Ölçümler sonucu bulunan maksimum elektrik alan değerlerinin frekans bant aralıkları.....	68



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

D	Elektrik Akı Yoğunluğu
ε	Elektriksel Geçirgenlik
E	Elektrik Alan Şiddeti (V/M)
H	Manyetik Alan Şiddeti (A/M)
B	Manyetik Akı Yoğunluğu (Wb/M ²)
S	Güç Yoğunluğu (W/M ²)
f	Frekans
G	Gauss
T	Tesla
μ	Manyetik Geçirgenlik
q	Parçacık Yüğü
V	Parçacığın Hızı
W	Açısal Frekans
k	Dalga Sayısı
c	Işık Hızı
Z	Dalga Empedansı
λ	Dalga Boyu
H	Manyetik Alan Şiddeti
dB	Desibel
m	Metre
γ	Gama
V/m	Volt/Metre
A/m	Amper/Metre
W/m ²	Watt/Metre Kare
Max. Inst.	Maksimum Anlık Değer
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
S.	Sabah
Ö.	Öğle
Ö.S.	Öğleden Sonra

RF	Radyo Frekans
HF	Yüksek Frekans
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağları
EMA	Elektromanyetik Alan
ELF	Çok Düşük Frekans
KBB	Kulak Burun Boğaz
DECT	Telsiz Telefon
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EKG	Elektrokardiyografi
EMI	Elektromanyetik Girişim
YGH	Yüksek Gerilim Hatları
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk
SAR	Özgül Soğurma Oranı
IR	Infrared Işıma
UV	Ultraviyole Işıma
UHF	Ultra Yüksek Frekans
VHF	Çok Yüksek Frekans
AVRG	Ortalama
EM	Elektromanyetik
GSM	Hücresel Telefon Sistemleri
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
ICNIRP	Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
ILO	Dünya Çalışma Örgütü
FCC	Federal Komünikasyon Komisyonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
SRM	Selektif Radyasyon Metre
BTS	Baz İstasyonu
ERP	Etkin Yayılım Gücü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kablosuz haberleşme sistemlerinin hızla artması ve elektromanyetik alanların sağlık riski oluşturma endişesi halkın ilgi odağı olmuştur. Çevredeki radyo frekans (RF) ve yüksek frekanslı (HF) elektromanyetik alan artışı, bilim insanlarını bu alanda araştırmalar yapmaya yönlendirmiştir. Bu alanların ölçülmesi ve değerlendirilmesi halk sağlığı otoritelerinin sorumluluğu alanındadır.

Tez çalışmasında kablosuz haberleşmede ve radyo televizyon alıcılarında kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar ile çalışılmıştır. Bu alanlar iyonizasyona sebep olmayan (non-ionizing) alanlar olarak adlandırılmaktadır. İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik alanlar ile yaşantımızın her anında etkileşmekteyiz. Kullandığımız elektrikli aletler, enerji nakil hatları, radyo, TV, telsiz verici antenleri, uydu iletişim ve radar sistemleri, tüm mobil iletişim sistemleri ve mikrodalga sistemlerinden yayılan elektromanyetik dalgalar çevremizi sardığından canlı organizmalar bu durumdan olumsuz etkilenebilmektedir. Elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinde yer alan ve mobil iletişimde kullanılan elektromanyetik dalgalar, günümüzde artan kullanım alanları sebebiyle çevrede elektromanyetik alan kirliliği olarak adlandırılan etkiye sebep olmaktadır.

Çevremizde sürekli var olan geniş bir dalga boyu aralığını kapsayan, ısı, ışık, parçacık gibi dalga özelliklerine sahip elektromanyetik dalgalar bir enerji taşırlar ve uzayda yayılırken karşılaştıkları cisimlere enerji aktarırlar. Elektromanyetik dalgaların taşıdığı enerji su molekülleri tarafından iyi soğurulduğundan dörtte üçü su olan vücut hücrelerimizde ısı artışına sebep olmaktadır. Özellikle kan dolaşımı daha az olan göz, üreme hücreleri vb. bölgeler ısıl olarak daha çok etkilenmektedir. Birçok laboratuvar çalışması ve epidemiyolojik araştırma elektromanyetik alanlara maruziyet ile ciddi sağlık problemleri arasındaki ilişkiyi rapor etmektedir (İlhan, 2008). Organizmada en çok bağışıklık, sinir, nöroendokrin, üreme, kalp-damar sistemi ve kan parametreleri elektromanyetik alanlardan etkilenmektedir.

Cep telefonları ve baz istasyonları bireysel olarak ölçülebilir düzeyde olmasada, toplum düzeyinde çok ciddi sağlık riskleri oluşturabileceğinden önemli sağlık sorunlarının uzun yıllar sonra ortaya çıkabileceği göz önüne alınmalıdır. Konu ile ilgili olarak tıp fakültelerinde denekler üzerinde yapılmış görülen semptomlar ve hastalık ilişkilerinin istatistiksel olarak değerlendirildiği birçok yayın bulunmaktadır (İlhan, 2008).

Günümüzde haberleşme teknolojileri ve bilişim teknolojileri bir arada devasa bir ilerleme göstermektedir. Son yıllarda hayatımıza karşı konulmaz bir hızla giren birçok yeni terim ve teknolojik alet mevcuttur. Hepimizin kullandığı kablosuz yerel alan ağları (WLAN), Bluetooth, MMS, SMS, Video Call gibi terimler bunlardan birkaçıdır. GSM kullanımı ise maksimum seviyeye ulaşmış durumdadır. Bunlar gibi hayatı kolaylaştıran ve evimizde günlük ihtiyaçlarımız için kullandığımız birçok elektrikli ev aleti ise içinde bulunduğumuz her ortamda var olan EMA'nın (Elektromanyetik Alan) etkilerini arttırmaktadır (Morgül, 2000).

Çevre kirliliğinin birçok sebebinin olduğu günümüzde, elektromanyetik alanlarının çevre kirliliğine etkisi tartışılmaktadır. Günlük hayatımızda sürekli maruz kaldığımız elektromanyetik alanlardan kaynaklı yoğunluk doğanın bize sağladığı dengeli sistemi bozmaktadır. Hayatımızı kolaylaştıran tüm aletler (iş yerimizdeki kablolu ve kablosuz ağlar evimizde radyo, televizyon, bilgisayar, mikrodalga fırın vb.) farklı ölçülerde elektromanyetik kirliliğe katkı sağlamaktadır.

Yapılan tez çalışmasının çıkış noktası olan ve amacını oluşturan, elektromanyetik alanların çocuklara maruziyeti durumunda oluşabilecek sonuçlar her zaman merak konusu olmuştur. Bağışıklık sistemleri zayıf olan çocukları bu maruziyetten korumak amacıyla, ülkemizde ve dünyada çeşitli çalışmalar ve bu bağlamda birtakım tedbirler alınmaktadır. Ülkemizde 2018 yılında Resmi Gazete'de yayınlanan yönetmelikle birlikte, çocuk nüfusunun yüksek olduğu anaokulları, kreşler ve gündüz bakımevleri gibi kurum ve kuruluşların, bina dışı ve bina içinden elektromanyetik alan maruziyetini en aza indirmek amaçlanarak gerekli tedbirler alınmıştır.

Teknolojik gelişmeler insan yaşamının kalitesini arttırmasına rağmen, doğru kullanılmaması veya gerekli tedbirlerin alınmaması halinde insan yaşamında ciddi risklere de yol açabilmektedir.

1.2. Literatür Özeti

Elektromanyetik alan konusu, etkilerinin tam olarak bilinmemesi ve öngörülememesi nedeniyle dünyada ve ülkemizde sık tartışılan ve araştırılan konulardan biri olarak güncelliğini korumaktadır. Elektromanyetik alan ölçümleri ve elektromanyetik yoğunluğun canlılar üzerine etkileri kapsamında çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Çalışmalara göre elektromanyetik dalgaların özellikle sinir sistemi, dolaşım ve üreme sistemleri üzerine etkileri bulunmakla beraber araştırmacılar elektromanyetik dalgaları özellikle alzheimer, lösemi ve diğer kanser türü hastalıklarla ilişkilendirmektedir. Bu çalışmalardan bazıları incelenerek aşağıda özetlenmiştir.

Grunner, 1972 yılında Rusya’da elektromanyetik alanların etkileri üzerine bir araştırma yaparak, halsizlik ve baş ağrısı ile elektromanyetik dalgaların ilişkili olabileceğini bildirmiştir (Grunner, 1980).

Sobel vd., 1996 yılında ABD’de yaptıkları araştırmalar sonucunda mesleki elektromanyetik alan maruziyetinin kişilerde amiloid beta aminoasitlerinin artışına neden olduğunu, bununla alzheimer hastalığının 3-4 kat daha fazla görülmesine sebep olduğunu bildirmişlerdir (Sobel vd.,1996).

2007’de Japonya’da bulunan bir hastanede elektrik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm frekans aralığı 30MHz-3GHz olarak ayarlanmıştır. 2. ölçümde frekans aralığı 300MHz-3GHz olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında yükseklik arttıkça hastaneye gelen radyo dalga sayısında artış gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmaya göre hastaneye iletilen radyo dalgalarının kaynağının 3,2 kilometre mesafedeki Fukuoka Havalimanı olduğu anlaşılmıştır (Hanada, 2007).

Frey, 1994 yılında son derece düşük frekans (ELF) elektromanyetik alanların biyolojik etkileri üzerine çalışmalar yapmıştır. Biyolog olan Frey, çeşitli organizmalardaki canlı hücreler üzerinde çalışarak doğum ve üreme anomalileri, davranış değişiklikleri ve nöroendokrin sistemde değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir (Frey, 1994).

Kheifets vd., 2007 yılında elektromanyetik dalgalara maruz kalan sağlık çalışanlarında, baş dönmesi, bulantı, metalik tat, kan basıncı ve nabızda değişiklik, ektopik astım ve göz-el eşgüdümlü çalışmasında bozulma saptamışlardır (Kheifets vd., 2007).

Reiter, 1997 yılında yaptığı çalışma sonucunda elektromanyetik alanlara maruziyetin vücutta melatonin hormonunun salınımını azalttığını, azalan melatoninin vücudun biyoritminin bozulmasına neden olduğu, ayrıca melatonin meme kanseri oluşumunda koruyucu role sahip olduğundan elektromanyetik alanların meme kanserinin ortaya çıkmasını hızlandığını bildirmiştir (Reiter, 1997).

1998 yılında İsveç ve Norveç'te yaşayan cep telefonu kullanıcıları üzerinde cep telefonlarından kaynaklanan elektromanyetik alanın sağlık etkileri hakkında bir araştırma yapılmıştır ve uzun süre cep telefonu ile konuşanlarda yorgunluk, baş ağrısı ve deride yanma hissi belirtilerinin ortaya çıktığını bildirilmiştir (Balıkçı, 2004).

Arece, 1998 yılında elektromanyetik alanların insan hafızası üzerine etkilerini araştırmak maksadıyla elektrikli ev aytıklarının yaydığı elektromanyetik alanı oluşturacak iki elektrikli bobini gönüllü insanların başları üzerine yerleştirmek suretiyle çalışmalarını gerçekleştirmiştir. İnsanların maruziyet sonrası hafıza testlerine tabi tutulduğu çalışmada; elektromanyetik alana maruz kalan kişilerin geçici hafıza kaybına uğradıklarını bildirmiştir (Arece, 1998).

Wijngaarden vd., 2000 yılına kadar yaptıkları araştırmalarda 536 adet ölüm vakasını incelemiş ve mesleki elektromanyetik alan maruziyetine kalan kişiler ile intihar olayları arasında bir bağ olduğunun tespit edildiğini bildirmişlerdir (Wijngaarden vd., 2000).

Lee, 2002 yılında yüksek gerilim hatlarının sağlık etkilerine yönelik bir araştırma yapmış olup araştırma sonucunda gerilim hatlarına 100 metre uzaklık içerisinde yaşayan yetişkin insanların lösemiye yakalanma oranının gerilim hatlarından uzakta yaşayan insanlardan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir (Lee, 2002).

Podd vd., 2002 yılında yaşları 20 ile 28 arasında değişen 24 gönüllü üzerinde 50 hertz frekansında 100 μ T elektromanyetik enerji uygulayarak gerçekleştirdikleri araştırma sonucunda, tepki zamanlarında bir değişiklik olmadığını fakat maruziyetin hafıza üzerinde olumsuz etkiler yarattığını bildirmişlerdir (Podd vd., 2002).

Franco vd., 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yaptıkları bir çalışma sonucunda elektromanyetik alanların akut kalp krizi ile ilişkili olabileceğini, ancak kronik kalp hastalıkları ile ilişkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Franco vd., 2008).

Nordström vd., 2004 yılında İsveç'te 542 yüksek gerilim işçisi üzerinde yaptıkları araştırmada, bu kişilerin çocuklarının hastane kayıtlarını incelemişler ve 26 tanesinde doğumsal anomali tespit edilmiştir. Sonuç olarak yüksek gerilimin doğumsal anomali sayısını arttırdığını bildirmişlerdir (Nordström vd., 2004).

Lai vd., 2004 yılında ELF alanların etkileri üzerine çalışma yapmışlardır ve 60 Hertz'deki ELF alanların DNA kırılmalarına neden olduğunu ve fare beyininde hasara yol açtığını bildirmişlerdir (Lai vd., 2004).

Elhasoğlu, 2006 yılında tamamlamış olduğu “Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri” isimli tezinde, yüksek gerilim hatlarına yakın mesafede yaşayan insanların sağlık sorunlarının tespiti için 265 kişi üzerinde 11 soruluk anket uygulamış olup elektromanyetik kirliliğin bazı rahatsızlıkların oluşumunda etkili olabileceğini bildirmiştir (Elhasoğlu, 2006).

Şeker vd., 1994 yılında yaptıkları araştırmalarında video, bilgisayar ve monitör gibi elektrikli aygıtların kullanımının kadınlarda düşük yapma oranını yükseltebileceğini bildirmişlerdir (Şeker vd., 1994).

Yıldız, 2009 yılında tamamladığı “İzmir’de iki Ayrı Sağlık Merkezi Bölgesindeki Süt Çocuklarının Yaşadığı Ortamda Elektromanyetik Alan Ölçümü” adlı tezinde iki ayrı bölgeden toplam 151 çocuğa ait yaşam alanlarında ölçüm yaparak sınır değerlerin üzerinde ölçüm yapılmadığını kaydetmiş olup elde edilen değerlerin Amerika ve Avrupa’da elde edilen değerlerle karşılaştırdığında İzmir’de elde edilen sonuçların listede üst sıralarda olduğunu bildirmiştir (Yıldız, 2009).

Düzgün, 2009 yılında “Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri” konulu tezinde elektromanyetik alana uzun süreli maruziyette meydana gelebilecek sağlık problemlerini saptamaya yönelik araştırma gerçekleştirmiştir. Yüksek gerilim hatlarının baş ağrısına, romatizmaya, sinirsel veya psikolojik bozukluklara, kalp rahatsızlıklarına, astım-bronşit gibi solunum yolu rahatsızlıklarına, hipertansiyon veya hipotansiyona, kist oluşumuna (beyin-yumurtalık-kasık-tiroit-guatr), lösemi ve akdeniz anemisine, göz ve KBB (kulak-burun-boğaz) hastalıklarına neden olabileceğini bildirmiştir (Düzgün, 2009).

Çerezci vd., 2012 yılında “Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri” üzerine yapmış oldukları çalışmalarında, Bursa ili Nilüfer ilçesinde alt bant ve üst bant ölçümleri yapmış olup üst bantta limit değerlerin üzerinde değer tespit edilmezken alt bantta limit değerlerin üzerinde tespitler yapılmıştır. Çalışmada elektromanyetik alanın sağlık etkileri üzerine değinilerek çözüm önerileri sunulmuştur (Çerezci vd.,2012).

Sarıkahya, bir okul içerisinde elektromanyetik alan şiddeti belirleme çalışması yapmıştır. Kablosuz internet erişim sistemleri (WLAN), telsiz telefon (DECT), iki adet dizüstü bilgisayar, tablet, radyo, TV, tasarruflu ampul, kamera sistemi, fotokopi cihazı, hoparlör sistemi, alarm sistemi, masaüstü bilgisayar, pos cihazı, faks ve 3G akıllı telefonların bulunduğu müdür muavini odasında elde edilen toplam bileşke elektrik alan değeri olan 61,63 V/m hariç, diğer odaların yönetmelikte belirtilen sınır değerlere uygun olduğunu belirtmiştir (Sarıkahya, 2014).

2014 yılında yapılan bir çalışmada; bir hastanede elektromanyetik ölçüm çalışması yapılmıştır. Yalnızca hastane çevresinde bulunan yüksek gerilim hatlarından kaynaklanan elektromanyetik alan değerlerinin güvenlik limitlerini aştığı tespit edilmiş

ve insanların oradan uzak tutulması için çit örülmesi tavsiye edilmiştir (Çerezci vd., 2014).

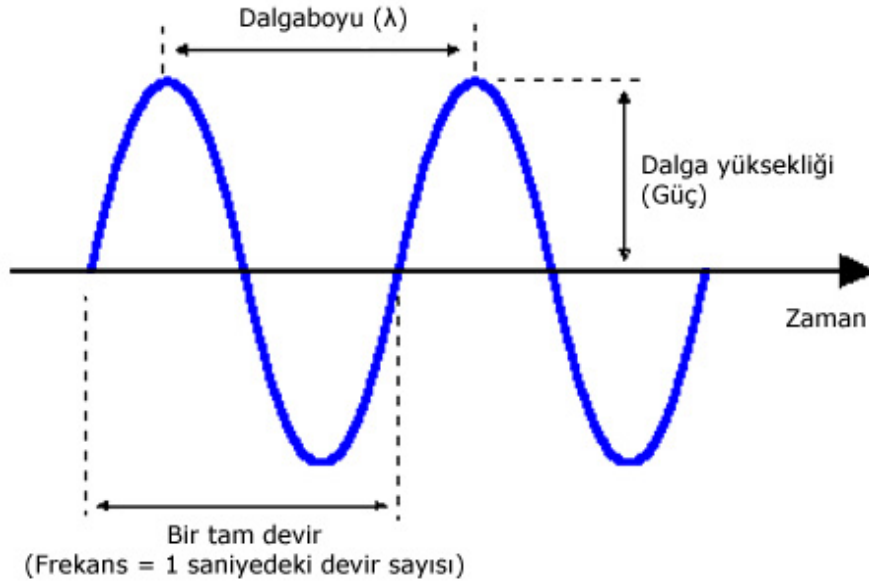
2016 yılında, Samsun'da bulunan bir alışveriş merkezinde kısa ve uzun süreli elektromanyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı sayısının yoğun olduğu akşam saatlerinde E değerinde %82'lere varan bir artış olmuştur. Bant seçici ölçümler sonucu elde edilen bilgilere göre elektromanyetik kirliliğin temel nedeninin %65,64 oran ile 2100 MHz frekans bandını kullanan iletişim sistemleri olduğuna dikkat çekilmiştir (Kurnaz vd., 2016).

2018 yılında yapılmış olan bir çalışmada, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü ve tıp fakültesi hastanesinde ölçülen en yüksek E değeri gün ortasında kampüste elde edilmiştir. Kullanıcı sayısındaki değişimin E değerini etkilediği görülmüştür. Öğrencilerin kampüsten ayrılmalarından sonra E değerinde düşüşler olmuştur. Daha sonra yapılan bant seçici ölçümler sonucunda ise en büyük kaynağın 2100 Mhz frekans bandını kullanan iletişim sistemleri olduğu görülmüştür (Kurnaz, 2018).

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO)'ne göre 2007'de gönüllüler üzerinde yapılan çalışmalarda elektromanyetik alanın elektrokardiyografi (EKG) ve kalp hızını az da olsa etkilediği gösterilmiştir (WHO, 2007).

1.3. Dalga Hareketi

Herhangi bir kuvvet etkisiyle oluşturulan titreşim hareketinin, ortamda tanecikten taneciğe aktarılması sonucu oluşan periyodik harekete dalga hareketi denir. Dalga yapısı basit haliyle Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Dalga gösterimi

Dalga hareketi, dalgaboyu, dalga yüksekliği, frekans, periyot gibi belirli fiziksel özelliklere sahiptir.

Dalgaboyu: Art arda gelen iki dalga tepesi veya iki dalga çukuru arasındaki uzaysal mesafeye dalga boyu denir. Dalgaboyu birimi metredir. Dalgaboyu kaynağa ve ortama bağlıdır. “ λ ” ile gösterilir.

Dalga yüksekliği (genlik): Bir dalganın başlangıç konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir.

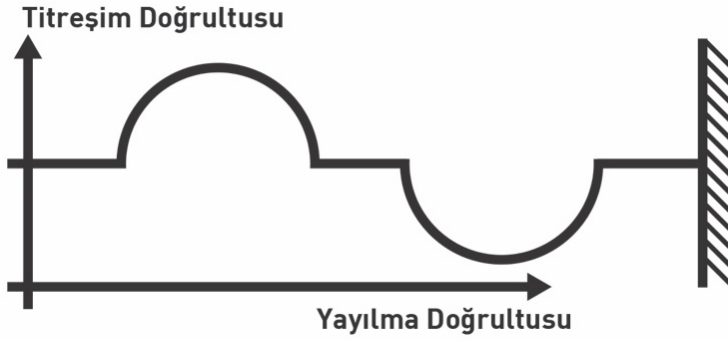
Frekans: Birim zamanda oluşan dalga sayısına frekans denir. Frekans birimi Hertz (Hz) veya 1/s dir. Frekans dalgayı oluşturan kaynağa bağlıdır. “f” ile gösterilir.

Periyot: Bir tam dalga oluşması için geçen süreye denir. Birimi saniyedir. Periyot dalgayı oluşturan kaynağa bağlıdır. “T” ile gösterilir.

Dalga hareketi titreşim ve yayılma özelliklerine göre ikiye ayrılır.

1.3.1. Enine Dalga

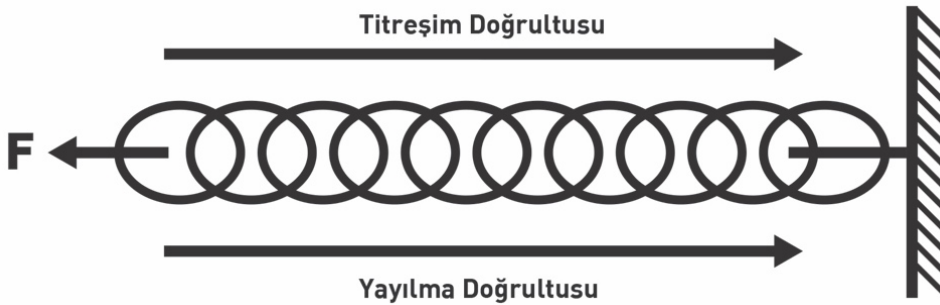
Yayılma doğrultusu ile titreşim doğrultusu birbirlerine dik olan dalgalara enine dalgalar denir. Enine dalgalar, yayılmak için ortama ihtiyaç duymazlar, boşluk dahil her ortamda yayılırlar. En iyi örnek elektromanyetik dalgalardır ve ileriki bölümde anlatılacaktır. Bazı durumlarda su, yay ve deprem dalgaları enine dalga özelliği gösterirler.



Şekil 2. Enine dalga gösterimi

1.3.2. Boyuna Dalga

Yayılma doğrultusu ile titreşim doğrultusunun birbirine paralel olduğu dalgalara boyuna dalgalar denir. Boyuna dalgalar etki kuvvetine bağlı olarak zaman zaman enine davranış sergileyebilirler ancak enine dalgalar boyuna davranış göstermezler. Boyuna dalgalar, yayılabilmek için madde ortamına ihtiyaç duyarlar. Aynı zamanda mekanik dalgalar olarakta bilinirler. Yay, su, ses, deprem dalgaları örnek olarak verilebilir.



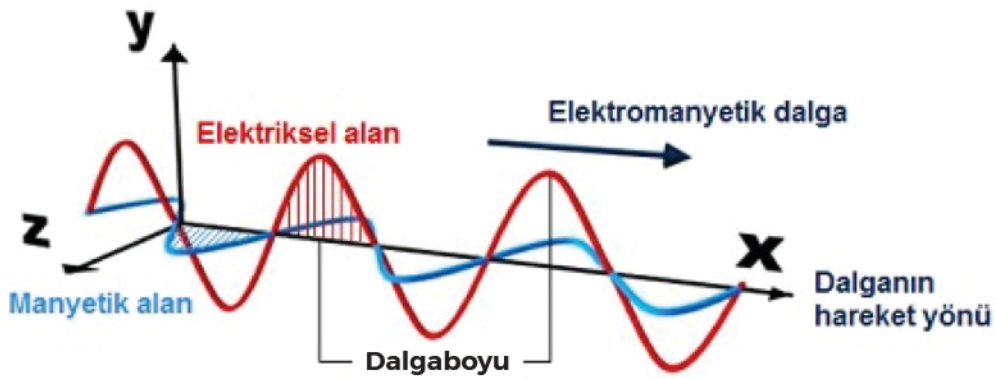
Şekil 3. Boyuna dalga gösterimi

1.4. Elektromanyetik Dalga

Birbirlerine ve ilerleme yönüne dik olarak iki düzlem üzerinde hareket eden elektrik ve manyetik alanlardan oluşan dalgalara elektromanyetik dalgalar denir. Elektromanyetik dalgalar birbirine dik doğrultularda titreşerek hareket eden elektrik ve manyetik alan bileşenlerinden oluşur. Dalga gösterimi Şekil 4'te verilmektedir. Bu titreşimler periyodik olup dalganın yayılma doğrultusu her iki dalga bileşenine de dik olan üçüncü doğrultudur. Burada, elektrik dalgası ve manyetik dalga ışık hızında birlikte yer değiştirirler. Elektromanyetik dalgaların belirgin özelliği frekansları ve dalga boylarıdır. Elektromanyetik dalgalar enerjisini paketler halinde taşır, sadece dalga boyuyla değil aynı zamanda frekansı veya enerjisiyle de tanımlanabilir. Tüm elektromanyetik dalgalar normal harmonik dalgaların özelliklerini taşırlar. Elektromanyetik dalga uzayda ışık hızıyla hareket eder. Diğer ortamlardaki hızı yayıldığı ortamın dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerine bağlıdır ve ışık hızından daha küçüktür, v ile gösterilir.

Elektromanyetik dalganın elektrik ve manyetik bileşenleri birbirine bağlıdır. Bunlardan birinin değişimi diğer bileşenin değişimine sebep olur. Elektromanyetik dalgalar Maxwell denklemleriyle ifade edilirler.

Elektromanyetik dalgalar yayılırken sahip oldukları elektrik ve manyetik alan bileşenleri sebebiyle çevrelerinde elektromanyetik alan (EMA) oluştururlar. Aynı zamanda çevrelerindeki yüklü parçacıklar üzerinde kuvvet etkisi oluştururlar.



Şekil 4. Elektromanyetik dalga gösterimi

1.4.1. Elektromanyetik Alan

1.4.1.1. Elektrik Alan

Elektrik yüklü bir cismin, elektrik yüklü başka bir cisme uyguladığı çekme veya itme kuvveti, uzaklığın karesi ile ters orantılıdır ve azalarak sonsuza dek devam eder. Dolayısıyla belli bir uzaklıktan sonra etki ölçülemeyecek kadar az olur. O halde bir yükün etkisini gösterdiği bölgeye o yükün elektrik alanı denir. Elektrik alan büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Her elektrik yükü bir elektrik alan oluşturur. Yani yük elektrik alan kaynağıdır. Elektrik alanın birimi V/m'dir. Madde ortamında elektrik alan, elektrik akı yoğunluğuyla ifade edilir. Elektrik akı yoğunluğu (D) elektrik alan ve malzemenin elektriksel geçirgenliğine (ϵ) bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad (1)$$

Burada akı yoğunluğu vektörü D ile gösterilir, elektrik alan vektörü ile aynı yöne sahiptir ve şiddeti elektrik alanı oluşturan yük ile orantılıdır. Elektrik akı yoğunluğunun birimi Coulomb/metre-kare (C/m^2)'dir. Elektriksel geçirgenlik ise bir malzeme içinde sınırlanmış yüklerin sayısının bir ölçütüdür. Elektriksel geçirgenlik " ϵ " ile gösterilir. Birimi Farad/metre (F/m)'dir. Elektriksel geçirgenlik, serbest uzayın elektriksel geçirgenliği (ϵ_0) ile malzemenin bağıl geçirgenliği ya da dielektrik sabiti olarak ifade edilen (ϵ_r) nin çarpımına eşittir ve bu eşitlik aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$\epsilon_0 = 10^{-9}/36\pi = 8.854 \times 10^{-12} \text{ (F/m)} \quad (2)$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \quad (3)$$

ϵ_r , malzemenin bağıl geçirgenliği yada dielektrik sabitidir.

ϵ_0 , serbest uzayın elektriksel geçirgenliğidir.

1.4.1.2. Manyetik Alan

Elektrik yükleri potansiyel fark altında yer değiştiğinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan "H" ile gösterilir ve birimi Amper/metre (A/m)'dir. Bir diğer manyetik alan birimi ise Gauss (G)'tur ($1T=10^4G$). Manyetik alan şiddeti mesafe arttıkça azalır.

Manyetik akı, bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının ölçüsüdür. Madde ortamında manyetik alan manyetik akı yoğunluğu ile ifade edilir. Manyetik akı yoğunluğu (B) manyetik alan ve malzemenin manyetik geçirgenliğe (μ) bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki gibi ifade edilmektedir

$$B = \mu H \quad (4)$$

Burada B ile gösterilen manyetik akı yoğunluğudur ve birimi Tesla (T) veya Weber/metre (Wb/m²) olarak ifade edilir. Manyetik geçirgenlik ise “ μ ” ile gösterilir. Malzemenin cinsine bağlı olup birimi Henry/metre (H/m)’dir. Manyetik geçirgenlik, bağlı manyetik geçirgenlik (μ_r) ve serbest uzayın manyetik geçirgenliği (μ_0) cinsinden ifade edilir. Ayrıca serbest uzayın bağlı manyetik geçirgenliği 1’dir. Serbest uzayın manyetik geçirgenliği;

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (H/m)} \quad (5)$$

olup, herhangi bir malzemeye ait manyetik geçirgenlik değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \quad (6)$$

μ_r , ortamın bağlı geçirgenliğidir.

μ_0 , serbest uzayın manyetik geçirgenliğidir.

1.4.1.3. Elektromanyetik Alan

Zamana göre değişen bir elektrik alan (mesela hareketli bir yüklü parçacık nedeniyle oluşur) yerel manyetik alana sebep olur. Zamanla değişen bir manyetik alanda elektrik alana sebebiyet verir. Bu, elektrik ve manyetik alanların birbirinden bağımsız olmadığını gösterir; elektrik ve manyetik alanların bu şekilde birbirlerini indükleyerek oluşturduğu birleşik değişim elektromanyetik alan oluşturur. Bu nedenle elektrik ve manyetik alanlardan ayrı ayrı bahsetmek yerine bu ikisi “elektromanyetik alan” olarak birlikte incelenir.

Elektromanyetik alan, ivmeli hareket eden elektrik yüklü parçacıkların çevrelerinde oluşur ve bu parçacıkların diğer yüklü parçacıklar üzerinde kuvvet

uygulamalarına neden olan doğal bir etkidir. Bu kuvvet çekme, itme veya aradaki doğruya dik yönde olabilir. Elektromanyetik alan belli bir frekansta salınan ve birbirleri arasında belli bir mesafe olan bir dizi dalga şeklinde tanımlanabilir.

Elektromanyetik alandaki yüklü parçacığa etki eden kuvvet Lorentz Kuvveti olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mathbf{F} = q \cdot [\mathbf{E} + (\mathbf{v} \times \mathbf{B})] \quad (7)$$

$\mathbf{E}$, elektrik alan vektörü

$\mathbf{B}$, manyetik alan vektörü

q , parçacık yükü

$\mathbf{v}$, parçacığın hız vektörüdür.

Elektrik alan, kuvvetin elektrik yükü hareketinden bağımsız olan bölümü ile ilgilidir. Manyetik alan elektrik yükünün hareketi ile ilgilidir. Statik manyetik alanlar hareketli elektrik yükleri üzerine kuvvet uygularken değişen manyetik alanlar da durgun elektrik yükleri üzerine kuvvet uygular. Durgun yükler üzerindeki kuvvetler elektrik alanla ölçülür. Değişen manyetik alanlar elektrik alanları, değişen elektrik alanlar da manyetik alanları indükler.

Elektromanyetik alanın elektrik ve manyetik alan bileşenlerinin birbirleri ve madde ile etkileşimleri Maxwell denklemleri adı verilen bir denklem seti ile incelenir.

1.4.2. Elektromanyetik Dalga Denklemi

Elektromanyetik dalga denklemi, elektromanyetik dalgaların ortam boyunca ya da bir vakum ortamı içerisinde yayılmasını açıklar. Dalga hareketinin zamanla değişen kısmını konumla değişen kısma bağlayan, ikinci dereceden kısmi diferansiyel denklemdir.

Elektrik ve manyetik alana ait periyodik alan denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$E = E_0 \sin (kx - \omega t) \quad (8)$$

$$B = B_0 \sin (kx - \omega t) \quad (9)$$

burada E_0 ve B_0 Elektrik ve manyetik alanın en büyük değerleri (dalga genliği) ve $k=2\pi/\lambda$ dalga sayısıdır.

Alan denklemlerinin uzaysal ve zamansal değişim ilişkisi bir denklem dizisi ile birbirine bağıntılanmıştır. Denklem, elektrik alan E , ya da manyetik alan B , cinsinden yazılan homojen formları şöyledir:

$$(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t^2}) \mathbf{E} = (\nabla^2 - \mu\epsilon \frac{\partial}{\partial t^2}) \mathbf{E} = 0 \quad (10)$$

$$(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t^2}) \mathbf{B} = (\nabla^2 - \mu\epsilon \frac{\partial}{\partial t^2}) \mathbf{B} = 0 \quad (11)$$

Buradan hareketle dalganın yayılma hızı zamana bağlı kısmın konuma bağlı kısmına oranı olarak tanımlanır ve şöyle ifade edilir.

$$v = 1/\sqrt{\epsilon/\mu} \quad (12)$$

ϵ ve μ , ortamın elektrik ve manyetik geçirgenlikleridir. Elektromanyetik dalga uzayda ışık hızıyla hareket eder. Diğer ortamlardaki hızı yayıldığı ortamın dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerine bağlıdır ve ışık hızından daha küçüktür.

Boşluğa ait değerlerle bu hız $c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} = 3.10^8$ m/s olarak ışık hızına eşittir.

$$c = E_0/B_0 \quad ; \quad E_0 \text{ ve } B_0 \text{ alanların maksimum şiddetleri}$$

$c = w/k$; w , açısal frekans ve k , dalga sayısı ifadeleri de ışık hızını tanımlayabilir.

1.4.3. Maxwell Denklemleri

Maxwell'in yaptığı çalışmalar sonucunda, elektrik ve manyetik alan kuvvetlerine ait yasaları birleştirip yeni denklemler elde etmiştir. Bu denklemler elektromanyetik teorisinin dolayısıyla haberleşmenin önünü açmıştır. James Clerk Maxwell'in formüle etmesi nedeniyle Maxwell denklemleri olarak bilinen bu

denklemler, herhangi bir dielektrik ve manyetik malzemenin olmadığı ortamda, yani serbest uzayda aşağıda verilen şekliyle ifade edilir ve Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Maxwell denklemleri

	Maxwell Denklemleri’nin Diferansiyel Formu	Maxwell Denklemleri’nin İntegral Formu
1-	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	1- $\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = \int_V \rho_v \cdot dv$
2-	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	2- $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s}$
3-	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	3- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
4-	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right]$	4- $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right] \cdot d\vec{s}$

1. Gauss Yasası, herhangi kapalı bir yüzeyden geçen toplam elektrik akısının bu yüzey içindeki net yükün ϵ_0 ’a bölümüne eşit olduğunu ifade eder.

2. Faraday Yasası, değişen bir manyetik alanın oluşturduğu elektrik alanını tanımlar.

3. Manyetik Gauss Yasası, kapalı bir yüzeyden geçen net manyetik akının sıfır olduğunu belirtir.

4. Ampere Yasası, değişen elektrik alanı ve elektrik akımları tarafından oluşturulan manyetik alanın oluşumunu tanımlar.

Bu yasalar elektromanyetik teoremin temelini oluşturmaktadır.

Elektromanyetik teori, elektrik ve manyetik kökenli etkileşimleri birleştirerek elektromanyetik etkileşme adının verildiği ve bu etkileşmeyi içeren olayları inceleyen ve 1894’de James Clerk Maxwell’in geliştirdiği bilim dalıdır. 19. yüzyıla kadar ayrı bir bilim dalı olan optik, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu kanıtlanınca, elektromanyetik teoremin kapsamına girmiştir.

1.5. Elektromanyetik Alan Kavramları

1.5.1. Elektromanyetik Girişim (EMI)

EMI, bir elektriksel sinyalin üstüne yüksek frekanslı bir sinyalin girişi ya da binmesidir. Elektronik cihazların ve elektriğin performansında bozulmalara ya da hatalı

işlemeye neden olan, radyo frekanslarında insan kaynaklı ya da doğal tüm bozucu etkiler ya da işaretler şeklinde tanımlanmaktadır. EMI konusu elektronik sistemlerin ortaya çıkışıyla fark edilip giderek önem kazanmıştır. Neredeyse her yere yayılan elektronik devreler EMI problemlerini ortaya çıkarmıştır. Özellikle askeri sistemlerde kullanılan elektronik devrelerin girişim problemleri veya askeri sistemlere yönelik bilinçli bozucu etkenler oluşturulması EMI problemlerine karşı önlemler alınmasını zorunlu hale getirmiştir.

Günlük hayatta karşılaşılan bazı elektromanyetik girişim örnekleri aşağıda verilmiştir.

- Bilgisayar çalışırken ya da müzik sistemlerinden müzik dinlerken cep telefonun çalması, bilgisayar ekranında parazitlere veya müzik sistemlerinin hoparlöründe cızırtılara yol açması
- Ortak şebeke enerji hattı kullanımında gürültü üreten motorların diğer sistemleri etkilemesi
- Havaalanındaki radar sistemlerinin ve uçakta çalıştırılan taşınabilir bilgisayarların ya da cep telefonlarının ekranını bozması ve karşılıklı olarak uçuş kontrol sisteminin bozularak uçuş güvenliğini tehdit etmesi
- Yüksek Gerilim Hatları (YGH)'nın yakınından geçerken arabanın radyosunun parazit yapması ya da bozulması
- Telsizlerin hastane gibi hassas ortamlardaki diğer medikal cihazlarla etkileşmesi gibi olaylar günlük hayatta karşılaşılan elektromanyetik girişimlerdir (Yaman, 2011).

1.5.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)

Elektrikle çalışan bir cihaz veya sistemin amacı dışında herhangi bir frekans aralığında yayın yapmaksızın çalışması veya başka bir deyişle elektromanyetik girişime sebep olabilecek elektromanyetik dalgaların yaymadan çalışması ve aynı zamanda dış çevreden gelebilecek ve kendi iç ünitelerinden kaynaklanabilecek girişimlere karşı da korumalı olması durumu elektromanyetik uyumluluk olarak adlandırılır.

Elektromanyetik uyumluluk, elektromanyetik enerjinin oluşması, alınması ve iletilmesi durumlarında sağlanan ve elektromanyetik açıdan bir girişim meydana

getirmeyecek tüm etkilerdir. Oluşturulan standartların sonucunda bir elektronik ürünü pazarlamak için elektromanyetik uyum, oldukça önemli bir kriterdir. Bir ürün, herhangi bir ülkeye ait elektromanyetik uyum şartlarını taşımıyorsa, ürünü o ülkede satmak mümkün değildir. Teknolojinin gelişmesiyle elektronik sistem ya da cihaz tasarımında elektromanyetik uyumluluk, diğer tasarım kriterleri kadar önemli hale gelmiştir. 1996'dan beri EMC standartları, elektronik aletler için zorunludur. Bu nedenle ürünlerinin satılmasını isteyen üreticiler, pek çok testten geçerek cihazlarına “CE” işareti koymalıdır.

Elektromanyetik uyumluluğun olmadığı ortamlarda gerçekleşen bazı örnek durumlar aşağıda verilmektedir:

- Almanya'da otoyol yakınında bulunan 100 kW gücünde ve 1,5 MHz frekansında çalışan, 250-300 V/m'lik alan oluşturan bir AM radyo istasyonunun yakınından geçen elektronik ateşlemeli ve enjeksiyonlu modern araçların arızalandıkları görülmüştür.
- Tokyo'daki bir fabrikada elektromanyetik dalgalar robotlarda fonksiyon bozukluğu oluşturduğundan 10 kişinin ölümüne neden olmuştur (ÇVSGB, 2014).

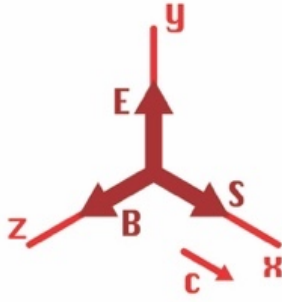
Buna benzer vakaların önüne geçmek için EMC gereklidir.

1.5.3. Elektromanyetik Enerji (Poynting Vektörü)

Çevremizde sürekli var olan geniş bir dalga boyu aralığını kapsayan ısı, ışık, parçacık gibi dalga özelliklerine sahip elektromanyetik dalgalar bir enerji taşırlar ve uzayda yayılırken karşılaştıkları cisimlere enerji aktarırlar. Elektromanyetik dalgalar enerjisini paketler halinde taşır ve dalga frekansı yükseldikçe dalga boyu kısalır alanda yayılan enerji yükselir.

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \quad (13)$$

Bir elektromanyetik dalganın akış yönüne dik olan birim yüzeyden geçen enerjinin geçiş hızı Poynting vektörü (S) ile tanımlanır. Birimi J/s.m²'dir. Bu nedenle poynting vektörünün büyüklüğü, birim yüzey başına gücü ifade eder. S vektörünün yönü, dalganın yayılma doğrultusu boyuncadır ve dalga yayılımı Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Elektromanyetik dalganın enerji yayılımı

Güç akı yoğunluğu olarak da ifade edilen Poynting vektörü, elektrik ve manyetik alan şiddetine bağlı olarak şu şekilde ifade edilir;

$$S = E \times H \quad (14)$$

$$H = E/377 \quad (15)$$

$$S = E \cdot H = E^2/377 \quad (16)$$

şeklinde ifade edilir. Poynting vektörünün bu denklemleri, zamanın her anında uygulanabilir ve enerjinin birim yüzeyden anlık geçme hızını ifade eder.

Denklem (13)'te ifade edilen 377 skaler değeri boşluğun direnci (Z_0) olarak tanımlanır ve elektromanyetik dalganın boşlukta yayılmasına karşı gösterilen dirençtir. Bir başka deyişle dalga empedansı veya serbest uzay empedansı olarak adlandırılır. Dalga empedansı “Z” ile gösterilir ve birimi ohm (Ω)’dur. Serbest uzayın bağıl manyetik geçirgenliği ve bağıl dielektrik katsayısı 1 olduğu için dalga empedansı;

$$Z = Z_0 = (\mu_0/\epsilon_0)^{1/2} = 120\pi = 377 \Omega \quad (17)$$

1.5.4. SAR Değeri

Canlı vücudunun elektromanyetik dalgadan soğurduğu enerji “Özgül Soğurma Oranı” (Specific Absorption Rate-SAR) ile verilmektir. Özgül Soğurma Oranı, ortalama bir insan vücudunun soğuracağı kg başına enerji miktarını temsil etmektedir.

SAR değerinin ölçülmesi oldukça kompleks olmakla birlikte Denklem (18) ile hesaplanabilir.

$$SAR = \sigma E^2 / \rho \quad [W/kg] \quad (18)$$

σ : İletkenlik EB/μ [S/m] E : Elektik alan [V/m] ρ : Yoğunluk [kg/m^3]

SAR değeri doğrudan ölçülemeyen bir parametre olduğu için uygulamada ya doğrudan elektrik alanının ya da elektrik alana dönüşümü mümkün olan güç akı yoğunluğu veya manyetik alan değerlerinden birinin ölçülmesi yeterli olmaktadır. Burada güç akı yoğunluğu, elektromanyetik dalganın akış yönüne dik birim yüzeyden geçen enerji akısını göstermektedir ve Denklem (19) ile verilmektedir.

$$S = EB/\mu \quad [W/m^2] \quad (19)$$

Yapılan araştırmalarda ortalama ağırlıkta bir insanın vücut sıcaklığının $1^\circ C$ artması için, $SAR = 4 W/kg$ değerinde bir maruziyetin gerektiği bulunmuş ve bu ısı artışı ölçüsü üzerinden sınır değerlerin belirlenmesi yoluna girilmiştir.

Güç akı yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılan formül Maxwell denklemleri kullanılarak bulunmuştur.

1,0 SAR değerinin üzerindeki değerlerin yüksek risk taşıdığı uzmanlar tarafından söylenmektedir. Amerika’da yasal SAR değeri sınırı $1,6 W/kg$ ’dır. $1,6 W/kg$ değerini aşan telefonların Amerika’da satışı yasaktır. Avrupa’nın belirlediği üst sınır ise $2,0 W/kg$ ’dır. Ülkemizde de bu değer $2,0 W/kg$ olarak belirlenmiştir.

1.6. Elektromanyetik Alanların Zayıflatılması ve Yakın Alan Uzak Alan Kavramları

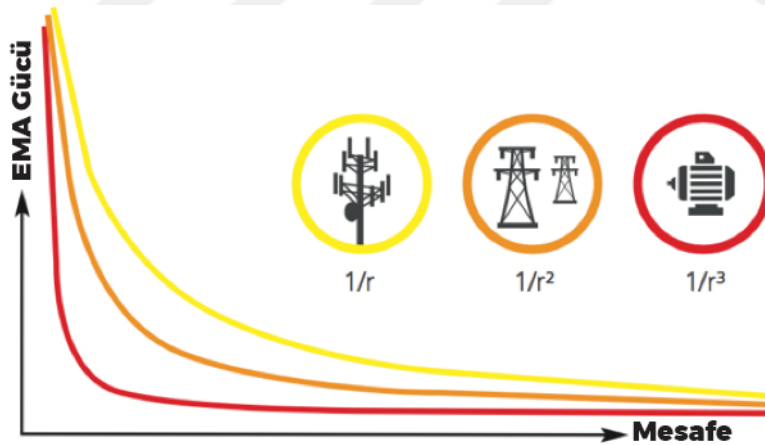
Elektromanyetik alan şiddeti, alan kaynağına olan uzaklık arttıkça hızla azalır, bu yüzden kaynağa olan mesafeyi korumak en basit koruma şeklidir. Elektromanyetik alan gücünün kaynağa uzaklıkla değişimi Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Elektromanyetik alan gücünün kaynağa uzaklıkla değişimi

Antene Olan Uzaklık*	Elektromanyetik Alan Gücü
1 m	100 V/m
2 m	50 V/m
3 m	33,3 V/m
10 m	10 V/m

* 900 Mhz dipol anten

Elektrik alandan korunmak kolaydır. Örneğin, güçlü RF ve mikro dalga alanlarının varlığında çalışılması gerektiğinde engelleyici olarak ince, topraklanmış metal bir folyo veya koruyucu bir elbise kullanılabilir. Fakat, düşük frekanslı manyetik alanlar, engelsiz materyallerin çoğuna nüfuz edecektir. Düşük frekanslı manyetik alanlardan korunmak, oldukça maliyetlidir. Alan kaynağına uzaklık ile elektromanyetik alan gücünün değişimi Şekil 6’da verilmektedir.



Şekil 6. Alan kaynağına uzaklık ile elektromanyetik alan gücünün değişimi

r: alan kaynağına olan uzaklık

1/r: Tek iletkenli sistemler, uzak alandaki E ve H (genellikle GSM, çağrı cihazları, radyo, TV gibi tüm kablosuz iletişim)

1/r²: İki veya daha fazla iletkeni olan sistemler, yakın alanda B (genellikle binalardaki elektrik hatları ve iletim hatlarında)

1/r³: Bobinler, yakın alanda B (genel olarak güç aktarımında kullanılan transformatörler, elektrik motorları, jeneratörler) (NARDA, 2009)

Antenlerin maksimum ışıma doğrultuları, kazançları ve desenleri fiziksel yapılarına bağlı olarak frekansla değişim gösterir. Verici anteninde oluşturulan elektromanyetik enerjinin yayılım ortamına aktarılması ve iletilmesi sırasında anten ve yayılım ortamının iki ayrı iletkenlik değerine sahip olması nedeniyle verici anteninden itibaren dışa doğru bir süreksizlik veya geçiş bölgesi söz konusudur. Uzaklığı, yayın yapan kaynağa $2D^2/\lambda$ kadar olan bu alan yakın alan olarak ifade edilir. Bu yüzden yakın alan mesafesi Denklem (20)'de tanımlanmıştır. Yakın alan ve uzak alan kavramları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Yakın alan uzak alan gösterimi

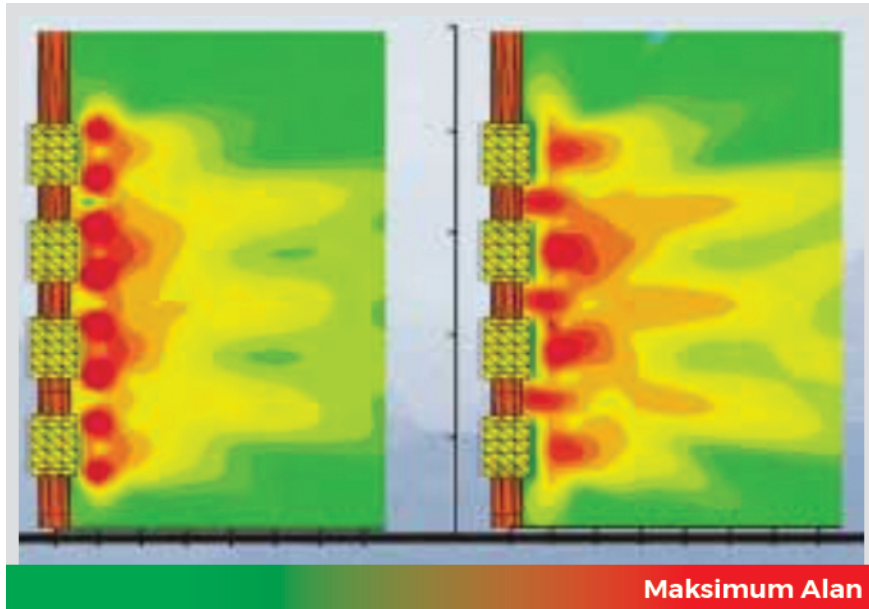
$$\text{Yakın Alan Mesafesi} = 2D^2/\lambda \quad (20)$$

D = Anten boyu (m), λ = Dalgaboyu (m)

Elektromanyetik dalganın, düzlem dalga özelliği gösterdiği ve antenden $2D^2/\lambda$ 'dan daha uzak olduğu mesafe de uzak alan olarak ifade edilir.

Bu değerden uzak olan noktalarda yapılan ölçümlerde, sadece elektrik alan bileşenin ölçülmesi yeterlidir. Elektromanyetik dalganın manyetik alan şiddeti H (A/m) uzak alanda Denklem (15) kullanılarak hesap edilir.

Yakın alanda elektrik ve manyetik alanların oranı, şekilden de anlaşılacağı gibi, sabit değildir. Özellikle antenin yakın çevresinde elektrik veya manyetik alanların yoğunlukları fazladır. Bu sebeple E ve H bileşenleri ayrı ayrı ölçülmelidir. FM yayıncısının yakın alanındaki yoğunluk dağılımı Şekil 8’de verilmektedir.



H alanında yerel maksimum alan dağılımı E alanında yerel maksimum alan dağılımı
Şekil 8. FM yayıncısının yakın alanındaki yoğunluk dağılımı (100 MHz)

Artan mesafelerde, elektrik ve manyetik alanların yoğunluğu azalmış olup büyüklükleri oranı sabit bir değere doğru yönelmektedir.

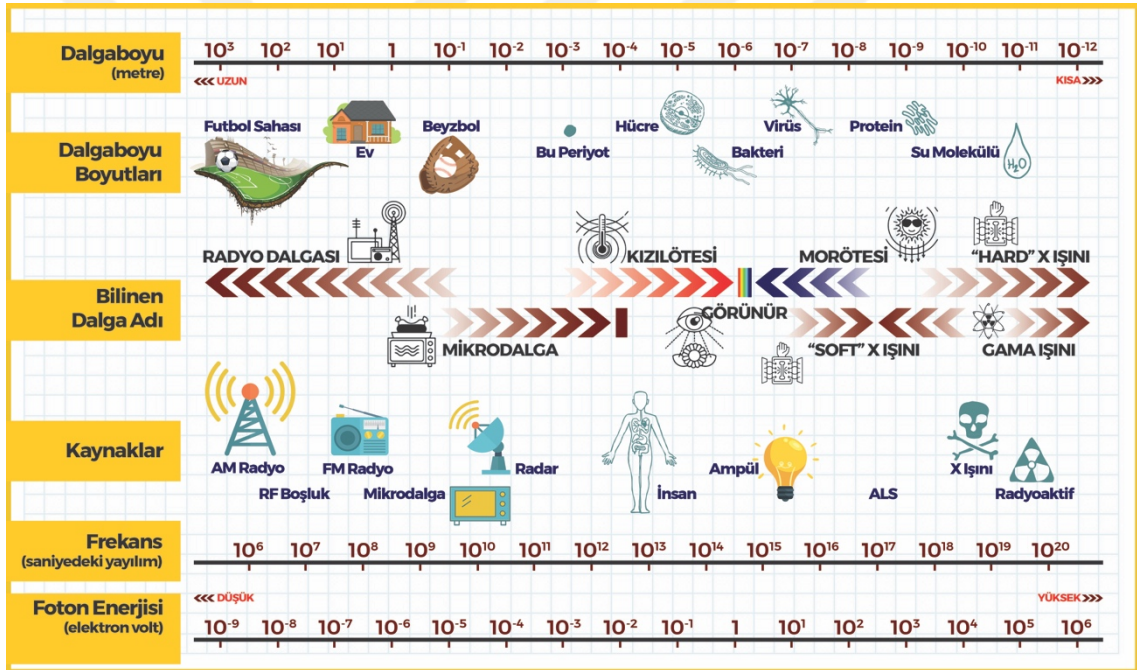
Tez kapsamında alınan ölçümlerin hepsi Temel Eğitim Müdürlüğü’ne bağlı okulların bahçe kapısı sınır kabul edilerek gerçekleştirildiğinden, bu bölgelere etki eden tüm RF dalga vericileri için ölçüm değerleri uzak alan şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Yakın alan şartları daha çok laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ölçümler için anlam içermektedir.

1.7. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik dalgaları enerji, dalga boyu ve frekans değerlerine göre sıralayan bir gösterim biçimidir. Elektromanyetik dalgalar sadece dalga boyuyla değil aynı zamanda frekansı veya enerjisiyle de tanımlanabilir.

Elektromanyetik spektrum üzerinde gama ve kozmik ışınlar gibi yüksek frekanslı ışıklardan, radyo dalgaları gibi düşük frekanslı ışıklara kadar tüm elektromanyetik ışımaları içermektedir. Elektromanyetik spektrumda görünür bölge (visible) olarak isimlendirilen bölge IR (Infrared) ve UV (Ultraviyole) arası ışıma bölgesidir. Elektromanyetik spektrum Şekil 9’da verilmektedir.



Şekil 9. Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik spektrum, iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan elektromanyetik dalga bölgeleri olarak ikiye ayrılır. Aralarındaki temel fark taşıdıkları enerji miktarıdır. İyonlaştırıcı radyasyon iyonlaştırıcı olmayan radyasyona göre daha fazla enerji taşır. İyonlaştırmayan elektromanyetik dalgalar arasında radyo, mikrodalga, kızılötesi ve görünür ışık bulunurken iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalar arasında morötesi ışınları ve gama ışınları bulunur. Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinin tanımlayıcı büyüklükleri Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinin tanımlayıcı büyüklükleri (URL-2)

	Dalgaboyu (m)	Frekans (Hz)	Enerji (J)
Radyo	$>1 \times 10^{-1}$	$<3 \times 10^9$	$<2 \times 10^{-24}$
Mikrodalga	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{-24} - 2 \times 10^{-22}$
Kızılötesi	$7 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{11} - 4 \times 10^{14}$	$2 \times 10^{-22} - 3 \times 10^{-19}$
Görünür	$4 \times 10^{-7} - 7 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$3 \times 10^{-19} - 5 \times 10^{-19}$
Morötesi	$1 \times 10^{-8} - 4 \times 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$	$5 \times 10^{-19} - 2 \times 10^{-17}$
X Işınları	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{16} - 3 \times 10^{19}$	$2 \times 10^{-17} - 2 \times 10^{-14}$
Gama Işınları	$<1 \times 10^{-11}$	$>3 \times 10^{19}$	$>2 \times 10^{-14}$

1.7.1. İyonlaştırmayan Radyasyon Bölgeleri

1.7.1.1. Radyo Dalgaları

Birkaç santimetreden altı futbol sahasından daha büyük uzunluğa kadar değişen aralıktaki dalga boylarına sahiptirler. Radyo dalgaları aynı zamanda yıldızlar ve uzaydaki gazlar tarafından da yayılır, bu yayınımalar sayesinde yıldızların ve bu gazların nelerden meydana geldiği konusunda bilgi sahibi olunur.

Radyo dalgaları elektromanyetik spektrumda düşük frekans bölgesindedirler ve daha çok iletişim alanında kullanılırlar. Dalgaboyuna bağlı olarak çeşitli tipteki vericilerle oluşturulur.

Radyo dalgaları bölümlere ayrılır: Uzun dalga, dalgaboyları yaklaşık 1~2 km'dir. Orta dalga, dalgaboyu yaklaşık 100 m'dir. VHF (Çok Yüksek Frekans) yaklaşık 2 m dalgaboyuna sahiptirler. UHF (Ultra Yüksek Frekans), bir metreden daha küçük dalgaboyuna sahiptirler. Radyo dalgaları, radyo haberleşmesinde, televizyon vericileri ve askeri hava araçlarında (askeri haberleşme artık genellikle dijital ve şifreli olsa da) kullanılır.

1.7.1.2. Mikrodalgalar

Radyo dalgalarının en kısa dalgaboyuna sahiptirler. Mikro dalgaların dalgaboyları 0,01 mm'ye kadar inmektedir. Mikrodalga frekansları genel olarak 300-300.000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar, radarlarda, mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz Internet erişiminde, Bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde, mikrodalga frekansları kullanılır. "Mikrodalga" sözü elektromanyetik dalganın dalgaboyunun 1 metreden kısa olduğu frekansları tanımlar. Dalgaboyunun 1 cm'den kısa olduğu frekanslara (30-300 GHz aralığı) "milimetrik" dalga ismi de verilir. Dalgaboyunun 1 mm'den kısa olduğu frekanslara (300-3000 GHz) "submilimetrik" dalga ismi verilir.

Mikrodalgalar oldukça yüksek frekanslı radyo dalgalarıdır ve çeşitli tipteki vericilerle oluşturulabilir. Örneğin, günümüzde yaygın olarak mikrodalga fırınlarında birçok kısa radyo dalgası veren bir lamba ile mikrodalgalar yayılır. Pişirilecek madde üzerine gönderilen mikrodalgalar su moleküllerinin tabii dönme frekanslarının biriyle rezonansa gelir ve suya enerji aktarır. Böylece yiyecekler içten içe pişerler. Sürekli üzerimizde taşıdığımız cep telefonumuz, bir verici çip ve bir anten yardımıyla mikrodalga oluşturmaktadır. Ayrıca yıldızlar da mikrodalgalar yayınlar.

Mikrodalgalar, trafik hızını denetleyen kameralarda, hava araçları, gemiler, hava tahmin istasyonları vb. ait radarlarda kullanılır.

1.7.1.3. IR (Infrared) Bölgesi

1mm'den görünür ışığın en uzun dalgaboyu olan $7 \cdot 10^{-7}$ m'ye kadar değişen dalgaboylarına sahiptirler. Sıcak cisimler ve moleküller tarafından oluşturulan bu dalgalar, çoğu maddelerce kolaylıkla soğurulurlar. Atomlar tarafından emildiklerinde maddeyi ısıtırlar, onun için de ısı radyasyonu da denir. 37 °C sıcaklığa sahip olan vücudumuz 900 nanometrelik kızılötesi ışıma yapar.

Bir maddenin soğurduğu kızılötesi enerjisi ısı şeklinde kendini gösterir. Çünkü madde tarafından soğurulan bu enerji vasıtasıyla cismin atomları yerinden oynadığından,

onların titreşim ve öteleme hareketleri artar, dolayısıyla maddede bir sıcaklık artışı meydana gelir.

Kızılötesi dalgalar iki şekilde tanımlanır. Uzak kızılötesi dalgaları, ısısal özelliğe sahiptir. Güneşten, bir ateşten, bir radyatörden veya yaya kaldırımından hissettiğimiz sıcaklık kızılötesidir. Çok kısa yakın kızılötesi dalgaları sıcak değildirler, gerçekte onları hissedemeyiz. Bu kısa dalgaboyları, TV uzaktan kumanda sistemlerinde kullanılmaktadır.

1.7.2. İyonlaştıran Radyasyon Bölgeleri

1.7.2.1. Gama (γ) Işınları

Gama ışınları çekirdekteki enerji seviyelerindeki farklılıklardan meydana gelir. Çekirdek bir alfa veya bir beta parçacığı çıkarttıktan sonra genellikle kararlı olmaz. Fazla kalan çekirdek enerjisi bir elektromanyetik radyasyon halinde yayınlanır. Gama ışınları, beta ışınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha nüfuz edici ışınlardır. “ γ ” ile gösterilirler. Gama ve x ışınlarının, alfa ve beta parçacıklarına göre iyonlaşmaya sebep olma etkileri çok daha azdır.

1.7.2.2. X-Işınları

Röntgen ışınları olarak da adlandırılan X ışınları, görünür ışık dalgaları ve morötesi ışınları gibi dalga şeklindedir. Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk tabakasından elektronlar koparırlar ve kopan bu elektronun yerine daha üst tabakalardan elektronlar atlayarak kopan elektronun yerini doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X ışını şeklinde dışarı salınır.

Bu ışınların dalgaboyu 10^{-9} ile 10^{-11} cm arasındadır. Dalgaboyu görünür bölgeden daha kısa olduğu için gözle görünemezler.

1.7.2.3. UV (Ultraviyole)

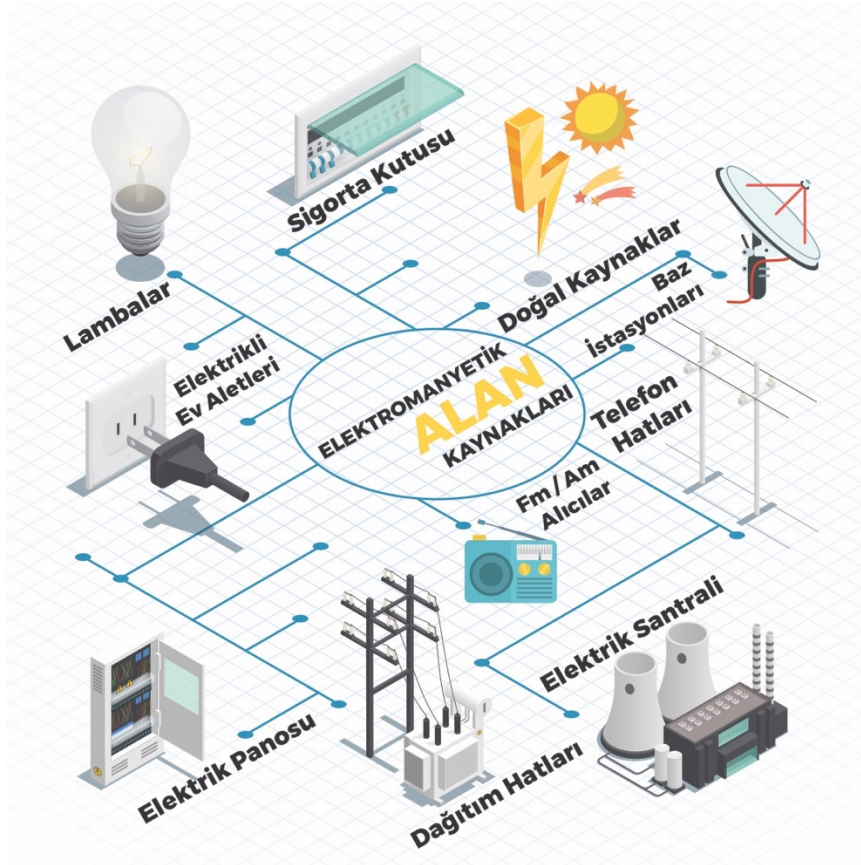
Morötesi ışınım, dalgaboyu 100 ile 400 nm arasındaki ışınımaya denir. Görebildiğimiz en küçük dalgaboylu ışınımı mor olarak algıladığımızdan, bundan daha küçük dalgaboyuna sahip olan ışınımaya "morötesi ışınım" adı verilir.

Bilim adamları UV ışınlarını; aynı karakteristiklere sahip olmadıkları ve canlılar üzerindeki etkilerinin farklı olması sebebiyle UV-A, UV-B ve UV-C olmak üzere üç kategoriye ayırmışlardır. UV-A: En yaygın ışınlardır. UV ışınlarının %95 ile en yaygın olanıdır. Ozon tabakası bu ışınların geçmesine izin verir. UV-B: Oldukça tehlikelidir. Bu ışınların büyük bir kısmı ozon tabakası tarafından engellenir. UV ışınlarının %5'ini oluşturur. UV-C: Sağlık için en tehlikeli ışınlardır. Ozon tabakası bu ışınların bizlere ulaşmasını önler.

1.8. Elektromanyetik Alan Kaynakları ve GSM Sistemleri

Elektromanyetik alan kaynakları; telekomünikasyon alanında doğrudan RF sinyalleri üzerinden haberleşme sağlamak için kullanılan cihazlardan yayılan dalgalar ile birlikte, amacı ortama herhangi bir elektromanyetik dalga yaymak olmayan ancak işleyişi için gerekli enerjinin kullanımı nedeniyle oluşan ve cihaz dışına yayılması önlenemeyen dalgaları yayan tüm cihazları içine alan, geniş bir tanım olarak karşımıza çıkmaktadır.

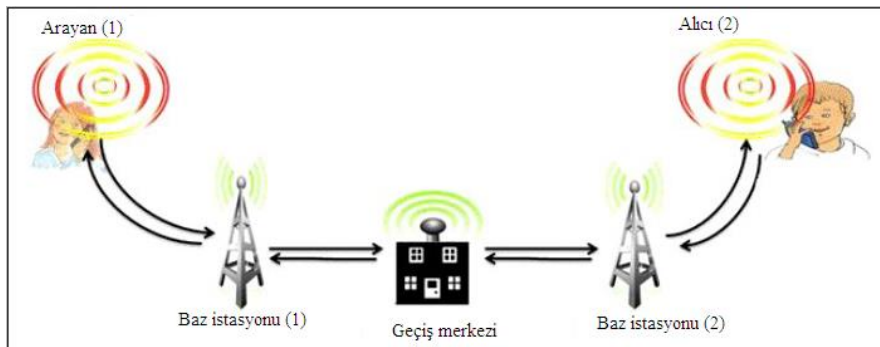
Doğal ve yapay kaynaklı elektromanyetik kaynaklar bulunmaktadır. Doğal EM kaynaklarına örnek olarak güneş, bazı uzak yıldızların ışımaları, yıldırımlar sayılabilirken, doğal olmayan EM kaynaklarına örnek olarak elektrik akımı taşıyan yeraltı ve yerüstü elektrik hatları, TV ve bilgisayarlar, elektrikli ev aletleri (elektrikli süpürge, saç kurutma, traş makinesi vb.), mikrodalga fırınlar, radyo ve TV vericileri telsiz haberleşme sistemleri, kordonsuz telefonlar, hücresel telefon sistemleri (GSM Baz istasyonları) sıralanabilir. Elektromanyetik alan kaynakları Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Elektromanyetik alan kaynakları

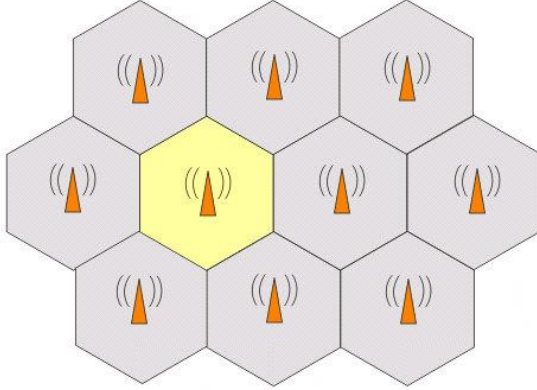
Yapılan tez çalışmasında, çevresel en çok EMA yoğunluğu oluşturan GSM sistemlerini ele alacağız.

Mobil haberleşme baz istasyonları aracılığıyla yapılır. Cep telefonları sinyal göndermek için radyo frekansı (RF) kullanır. Bu iletişim elektromanyetik dalgalarla sağlanır. Bunun sonucu olarak elektromanyetik dalgaların günlük hayatta kullanımı hızla artmaktadır. Baz istasyonlarının çalışma prensibi Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Baz istasyonlarının çalışma prensibi

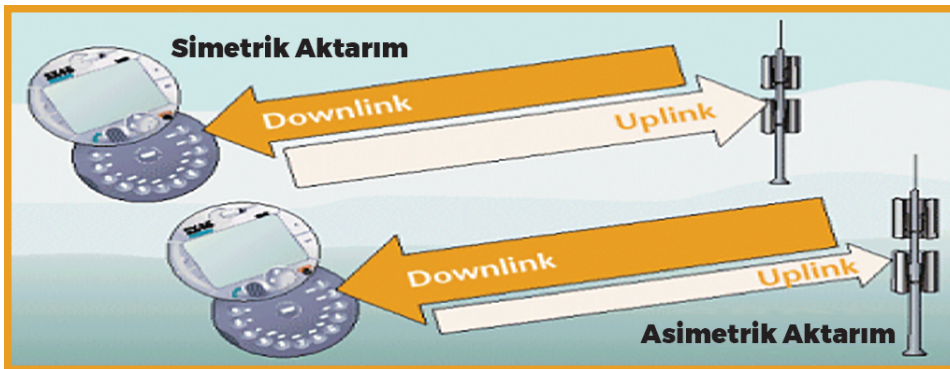
Teknolojileri gereği gücü düşük fakat çok sayıda baz istasyonunun bir araya gelmesiyle oluşan GSM sistemleri yaşam alanlarımız içinde sıkça görülmeye devam etmektedir. Baz istasyonları hücre sistemine göre çalışır ve şehrin her yerinde bulunması gereklidir. Baz istasyonunun hücre yapısı Şekil 12’de gösterilmiştir (Aygün, 2018).



Şekil 12. Baz istasyonunun hücre yapısı

Ülkemizde hücresel sistemler GSM 900, 1800 MHz VE UMTS 2100 MHz frekanslarda göstermekte olup, cihaz yayılım güçleri kullanılmakta oldukları bölgelere göre farklılık göstermektedir.

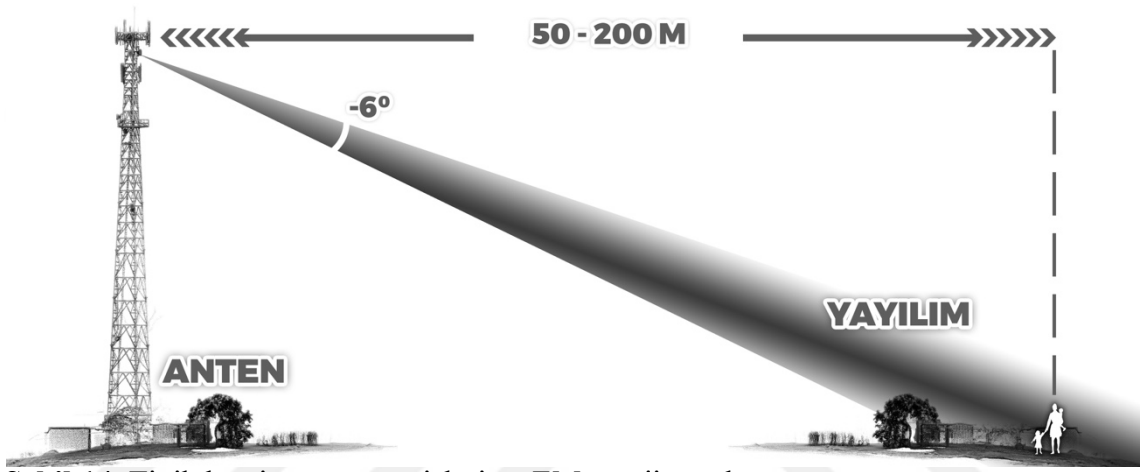
Baz istasyonundan cep telefonunuza doğru olan iletişim kanalına downlink, cep telefonunuzdan baz istasyonuna doğru olan iletişim kanalına ise uplink denir. Uplink ve downlink aktarımı Şekil 13’te gösterilmektedir.



Şekil 13. Uplink – Downlink

Kullanıcı sayısı arttıkça çevremizde baz istasyonlarının sayısının artması kaçınılmazdır. Baz istasyonları tipik olarak 10-30 m yüksekliğindeki kulelere yerleştirilir.

Genelde her kulede 120°'lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düşeyde tipik olarak 5-6°'lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzmeye yataydan biraz aşağı yönlendirilerek kuleye en yakın 50 m'de yere değer. Her anten birkaç konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16) sahiptir. Bir kule ile 30-40 km'lik yarı çaplı bir alanın kapsanabilmesi için her kanal ortalama 40-60 W çıkış gücüne ve antenler 15-18 dB kazançla sahiptir (Özdemir, 2001-2004). Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı Şekil 14'te gösterilmektedir.



Şekil 14. Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı

GSM şebekelerinin yaygınlaşması ve yeni hatların devreye sokulması, her yerde baz istasyonlarının kurulmaya başlaması son günlerde EM maruziyet etkileri tartışmalarını ön plana çıkarmıştır. Tartışmanın bilimsel temellere oturtulması, kavramların ve büyüklüklerin netleşmesi yaşanmaya başlanan kaosu bir ölçüde önleyecek ve olayların sağlıklı gelişimini sağlayacaktır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yeni baz istasyonları kurulmasına bir düzenleme getirmek üzere hazırladığı genelge ile valiliklere sorumluluk, TÜBİTAK ve üniversitelere de denetleme ve ölçme yetkisi vermektedir. Sağlık Bakanlığı konu üzerinde uzun süredir çalışmalarını sürdürmektedir. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) yıllardır standartların düzenlenmesi çalışmalarına eğilmektedir. Bunun dışında BTK (Bilgi Teknolojileri Kurumu) tarafından da Elektronik haberleşme cihazlarında güvenlik sertifikası düzenlenmesine ilişkin bir yönetmelik hazırlanıp yayınlanmıştır. Türkiye’de ölçüm yetkisi almak isteyen kurumlara da bu yetki BTK tarafından verilmektedir.

Baz istasyonları insanlarda korku yarattığı için artık kamufle edilerek yerleştirilmektedir. Bazen bir baca, reklam panosu, su deposu, saat kulesi, klima, güneş enerjisi, aydınlatma direği veya tabela görünümünde olabilmektedirler. Baca şeklinde kamufle edilmiş baz istasyonlarına örnek Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 15. Baca görünümlü baz istasyonu (URL-3)



Şekil 16. Totem içersine gizlenmiş baz istasyonları (URL-4)



Şekil 17. Baca görünümlü baz istasyonları (URL-5)

1.9. Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri

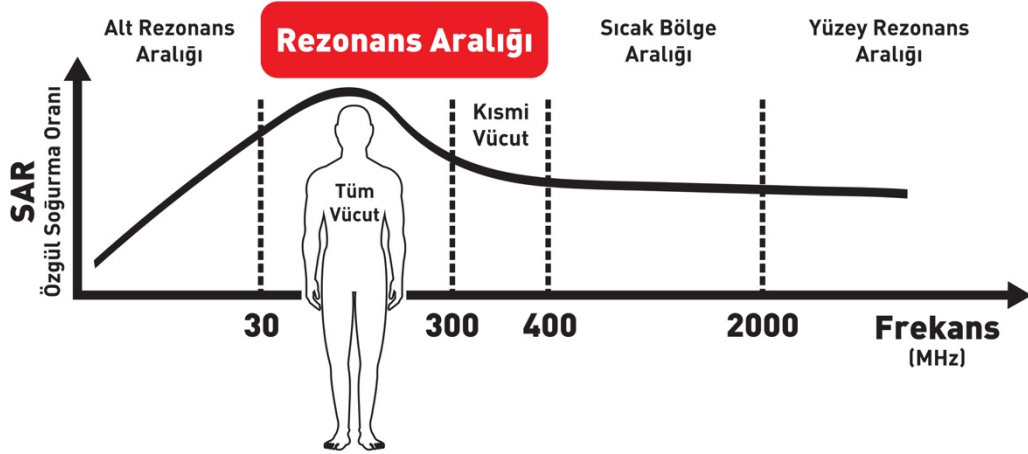
Elektromanyetik alanların insan sağılığı üzerinde zararlı olabilecek biyolojik etkileri olabilmektedir. Elektromanyetik alanların etkileri; Frekans, Alan gücü, maruz kalma süresi, maruz kalma ölçüsü (vücudun tamamı veya bir bölümü) sinyal şekline dayanır (Narda, 2009).

EMA'nın zararlı etkileri hakkındaki ilk bilgiler, 1930'larda radyo operatörlerinin baş ağrısı ve baş dönmesi, mide bulantısı, yorgunluk ve dikkat yoğunluğu kaybı gibi şikâyetlerle ortaya çıkmıştır. Takip eden yıllarda, radar operatörleri ve radyo istasyonlarında çalışanların katarakt, baş ağrısı, yorgunluk, kalp ve damar hastalıklarıyla sindirim ve sinir sistemi şikâyetleri manyetik alanla ilişkilendirilmiştir. Başlangıçta tüm bu şikâyetler radar hastalığı ya da mikrodalga hastalıkları başlığı altında toplanmıştır. 1970'li yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyet Cumhuriyetlerinde yüksek gerilim hatlarına yakın yerlerde yaşayan çocukların kan kanserine daha sık yakalanması, dikkatleri bu hatlar üzerinde toplamıştır (Narda, 2009).

EM dalgaların tüm spektrumunun canlılara etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak bu etki mekanizmasının spektrumun herbölgesi için aynı olmadığı, farklı etkileşimlerinin bulunduğu da bilinmektedir. Radar, radyo ve TV vericileri, baz istasyonları ve diğer çeşitli cihazlardan kaynaklanan iyonlaştırmayan ışımaya uzun süreli maruziyetin canlılarda kalıcı etkiler oluşturabileceği bilinmektedir. Örneğin; dokularda ısı artışına neden olması en önemli etkilerinden biridir. Ayrıca daha önce belirtildiği gibi, elektromanyetik radyasyon yayan cihazları kullanıldığında cihazla kullanan kişi arasındaki mesafe de maruz kalınan radyasyon miktarını etkileyebilir.

1 MHz ile 10 GHz arasındaki frekanslarda bulunan EM alanlar, vücut dokusuna işler ve emilen enerji sayesinde vücudu ısıtır. İşlemin derinliği yüksek frekanslarda azdır. Enerji işlemi düşük frekanslarda derin olabildiğinden deri yüzeyine yakın olan reseptörlerde kolayca hissedilmeyen daha derin sıcaklıklara sebep olacaktır. Vücut absorpsiyon eğrisi Şekil 18'de gösterilmektedir.

Bu tip etkiler, radyasyona normal günlük maruz kalma yoluyla gerçekleşmez; ancak bunlar örneğin güçlü radar sistemlerinin hemen yakınında oluşabilirler. Bazı tesisler genellikle geniş bir alanı kordon altına alırlar.



Şekil 18. Vücut absorpsiyon eğrisi

- **30 MHz Üstü:** Vücuda büyük miktarda emilmiş homojen olmayan dağılım girer.
- **30- 300 MHz:** Yankı çeşitliliği, dalga boyları insan boyutuna çok yakındır. Alan enerjisi büyük ölçüde emilir. Bu frekans alanında en düşük sınırlar bulunur.
- **300 MHz-10 GHz:** EMF'nin insan vücudu içindeki etki derinliği bu aralık içinde azalır.
- **10 GHz Üstü:** Vücut yüzeyinde sıcaklık artışı (Deri yanıkları mümkündür).

EM alanlarının dokuda neden olduğu enerji soğrulması, belirli soğurma oranı (SAR) kullanarak karakterize edilir. Bu, watt/kilogram [W/kg] birimi ile ölçülür. EM alanlarının sınırları SAR'a dayanır.

Düşük yoğunluklu EM radyasyonun uzun vadeli etkileri; Uluslararası EMF projesinin bir parçası olarak Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından desteklenen bir çalışma altında kullanılmaktadır. Önceki bilimsel çalışmalar; RF alanlara maruz kalma kansere daha olası neden olup olmayacağı üzerinde anlaşmaya yöneltmedi. Hücre, enzim aktivitesi, genler belirli koşullar altında (frekans, sinyal şekli, yoğunluğu) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu etkilerin insan sağlığına bir etkisi aslında halen belirsizdir. Araştırma bu alanda devam etmektedir.

Kan dolaşımı ve ısı iletkenlikte bir vücut parçasının ısı soğurması boyutu EM alanların bir sonucudur. Örneğin, diz kapağı ve gözlerimizdeki lenslerde az dolaşım vardır veya hiç dolaşım yoktur. Bunun aksine, kalp, akciğer ve deri onların dolaşımına çok duyarlı değildir.

Ancak, alanlar ikincil etkileri sağlığını dolaylı olarak etkileyebilir. Örneğin, cep telefonları uçaklardaki navigasyon cihazlarını etkileyebilir.

- **1 MHz ve 10 GHz arası:** Bu frekanslardaki EM alanları vücut dokusuna işler ve emilir enerji sayesinde vücudu ısıtır. İşlemin derinliği yüksek frekanslarda azdır. Enerji işlemi yüksek frekanslarda derin olabildiği için bu üstelik dış görünüşüne yakın olan reseptörlerde kolayca hissedilmeyen daha derin sıcaklıklara sebep olacaktır.

- **10 GHz üstü:** Bu EM alanları dış yüzeyde emilir. Enerjinin sadece küçük bir miktarı alt dokuya işler. Yüksek alan güçleri katarakt veya deri yanması gibi problemleri üretmede ihtiyaç duyulur. Radyasyona maruz kalma her gün gerçekleşmeyebilir ama güçlü radar sistemlerinin yakın çevresinde meydana gelebilir. Böyle tesisler genellikle geniş bir alana koordine edilir.

- **30 MHz üstü:** Vücuda büyük miktarda emilmiş homojen olmayan dağılım girer.

- **30-300 MHz:** Yankı çeşitliliği, dalga boyları insan boyutuna çok yakındır. Alan enerjisi büyük ölçüde emilir. Bu frekans alanında en düşük sınırlar bulunur.

- **300 MHz -10 GHz:** İnsan vücuduna alınan EMF miktarı bu alanda azalır.

- **10 GHz üstü:** Vücut sıcaklığı artar (Deri yanabilir).

Manyetik akım yoğunluğu (mA/m²);

- 1'in altında ise kesin etkileri yoktur, çoğu vücut organlarında çalışan doğal akım yoğunluğunun çeşitliliği

- 1-10 arasında ise hafif biyolojik etkiler, değişmiş kalsiyum akımı, melatonin üretiminin engellenmesi (günlük gecelik ritmi kontrol eden), kalp ve beyinin akım yoğunluğu

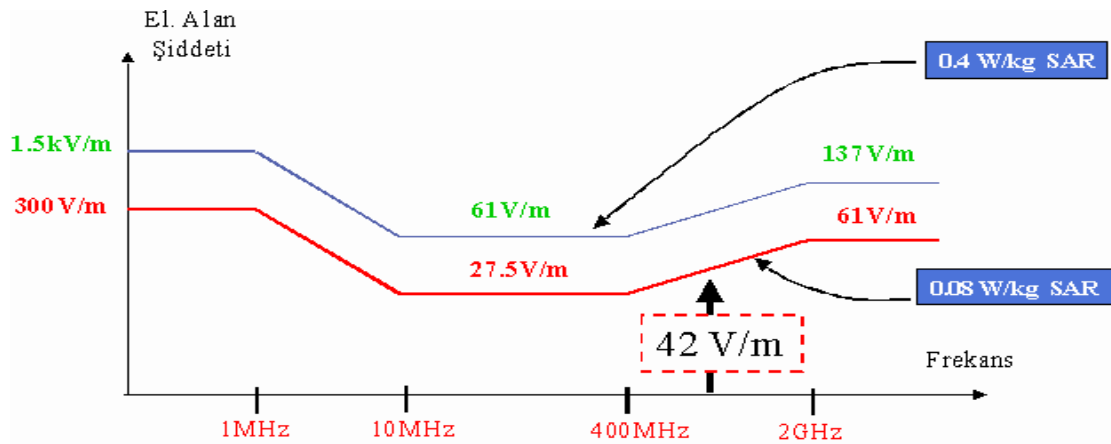
- 10-100 arasında ise onaylanmış etkileri, protein ve DNA sentezinde değişiklik, enzim aktivitesi, açık görüş ve mümkün sinir etkilerinde değişiklikler, kırık kemiklerdeki iyileşme süresinin hızlanması veya yavaşlaması

- 100-1000 arasında ise merkez sinir sisteminin hassaslığının değiştirilmesi, uyarıcı dokuların gözlemlenmesi
- 1000 üzeri ise kalp işlevinin bozularak sağlığa ciddi zarar vermesi gibi etkiler de görülmektedir.

Bir EM alana maruz kalma durumunda; akciğer, kalp, cilt ve iç organlarda zayıf soğurma; beyinde orta soğurma; lensler, metalik implantlar ve diz kapaklarında ise kuvvetli soğurma görülür (Narda, 2009).

1.10. Halk Sağlığı İçin Sınır Değerler ve Uluslararası Kuruluşlar

Elektromanyetik alanların halk sağlığına etkileri konusunda uluslararası standartlar ve sınır değerler vardır. Uluslararası alanda ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından resmen tanınan bağımsız bir araştırma kuruluşudur. ICNIRP Kılavuzu'nda (ICNIRP Guidelines) yer alan çalışmalar üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile iş birliği yapılarak, çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi ve ilgili başka bilim adamlarından oluşan disiplinler arası bir ekip tarafından yürütülmüştür (ICNIRP,1998). Şekil 19'da sınır değerlerinin gösterildiği grafik verilmektedir.



Şekil 19. ICNIRP alan ve güç yoğunluğu sınır değerleri

Amerika Birleşik Devletleri'nde bu sınır değerler FCC (Federal Communications Commission Federal Kominikasyon Komisyonu) tarafından belirlenmekte ve bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers–Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ve ANSI (American National Standarts Institute–Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) tarafından oluşturulan standart değerler temel olarak alınmaktadır. IEEE/ANSI standartları da sınır değerlerin belirlenmesinde yaygın olarak kabul gören ve temel alınan değerlerdir. ICNIRP'ın belirlediği limit değerler ise aşağıda bulunan Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. ICNIRP limit değerleri (ICNIRP, 1998)

Frekans Aralığı	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	Güç Yoğunluğu (W/m²)
2-300GHz	61	0,16	0,20	10
400-2000MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
10-400MHz	28	0,073	0,092	2
1-10MHz	$87/ f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
0,15-1MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
3-150kHz	87	5	6,25	-
0,8-3kHz	$250/f$	5	6,25	-
0,025-0,8kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
8-25Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
1-8Hz	10000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
<1Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri hakkında getirilen sınır değerler frekansa göre değişiklik gösterir. Örneğin, baz istasyonlarının çalışma frekanslarını içine alan 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için $1,375f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)); manyetik alan şiddeti için $0,0037f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için $f/200$ W/m² ifadeleriyle verilmiştir.

Bu ifadelerle verilen sınır değerler ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Ülkemizde kullanılan hücresel sistemler GSM 900, GSM 1800, UMTS 2100 LTE’dir.

Ülkemizde bu sınır değerler BTK (Bilgi ve Teknoloji Kurumu) tarafından ICNIRP’ın belirlemiş olduğu sınır değerler esas alınarak oluşturulmuştur. Ortam için izin verilen elektrik alan şiddet değeri, ICNIRP’nin belirlediği limit değerlerin %70’i hesaplanarak, bir cihaz için verilen elektrik alan şiddet değeri ise ICNIRP’nin belirlediği limit değerlerin %20’si hesaplanarak oluşturulmuştur. Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Ortam ve tek bir cihaz için BTK tarafından belirlenen limit değerler (f= frekans (MHz))

Frekans aralığı (MHz)	E-alan şiddeti(V/m)	
	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0,010-0,150	19,3	65,25
0,15-1	19,3	65,25
1-10	$19,3/f^{1/2}$	$65,25/f^{1/2}$
10-400	6,2	21
400-789	$0,305 f^{1/2}$	$1,03 f^{1/2}$
790-2000	$0,275 f^{1/2}$	$0,96 f^{1/2}$
2000-94000	12,3	42,93

Türkiye’de 16/05/2009 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesine İlişkin Yönetmelik” ile BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) tek yetkili kurum haline getirilmiştir (Resmi Gazete, 2009).

Elektromanyetik kirliliğin insan yaşamındaki etkilerinin en aza indirilmesi için Bilgi Teknolojileri Kurumu (BTK) tarafından gerekli teknik ve idari çalışmalar yapılmış olup 17/04/2018 gün ve 30394 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan yönetmeliğin 16. maddesine göre elektrik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve güç yoğunluğu,

ICNIRP' nin belirlediği limit değerin %70'ini aşmayacak şekilde belirlenmiştir. ICNIRP limitleri; 900 MHz için 41 V/m, 1800 MHz için 58 V/m'dir. Bu değerler, ABD ve Avrupa Birliği üyesi ülkeler dahil 42 ülke tarafından kabul edilmiş değerlerdir. Ülkemizde ise cihaz başına kabul edilen limit değerler standart değerin yaklaşık 1/4'üne karşılık GSM 900 için 8,25 V/m , GSM 1800 için 11,66 V/m , GSM 2200 için 12 V/m olarak kabul edilmiştir (Resmi Gazete, 2018).

BTK'nın 2018'de yayınladığı yönetmeliğe göre limit değerleri aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Hücresel sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)	
	Tek Cihaz Limit Değeri	Ortam Limit Değeri
GSM 900 (900 MHz)	8,25	28,8
GSM 1800 (1800 MHz)	11,66	40,72
UMTS 2100 (2100 MHz)	12,3	42,93
Wi-Fi (2450 MHz)	12,3	42,93
LTE (2600 MHz)	12,3	42,93

1.11. Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği

21/04/2011 tarihli ve 27912 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkında yönetmeliğin başlığı "Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği" şeklinde değiştirilmiştir (Resmi Gazete, 2018).

Yönetmelik içeriği ayrıntılı ve açıklamalı bilgiler içermekle beraber eklenen aşağıdaki maddeler tez çalışmamız dahilinde yapılan ölçümlerin konusunu belirlememizde yardımcı olmuştur.

- Umuma açık park ve bahçelerde, güvenlik mesafesi hesabında çocuk oyun alanlarının sınırları dikkate alınır.
- Baz istasyonları anten ve cihazları, çocuklar için ayrılmış oyun alan sınırlarından en az güvenlik mesafesi kadar uzakta bulunur.
- Okul öncesi eğitim ve temel eğitim kurumlarının çok katlı işyeri, alışveriş merkezi ve site gibi binalarda bulunması durumunda o eğitim kurumunun bulunduğu katlarda güvenlik sertifikası alınmasını gerektiren elektronik haberleşme cihazı kurulamaz.
- Okul öncesi ve temel eğitim kurumlarının herhangi bir kampüs alanında kurulmuş ve kampüs sınırları haricinde müstakil bahçe duvarının bulunmaması halinde güvenlik mesafesinin sınırı kurum tarafından yerinde inceleme yapılmak suretiyle belirlenir ve güvenlik sertifikası kurum başkanının onayı ile düzenlenir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

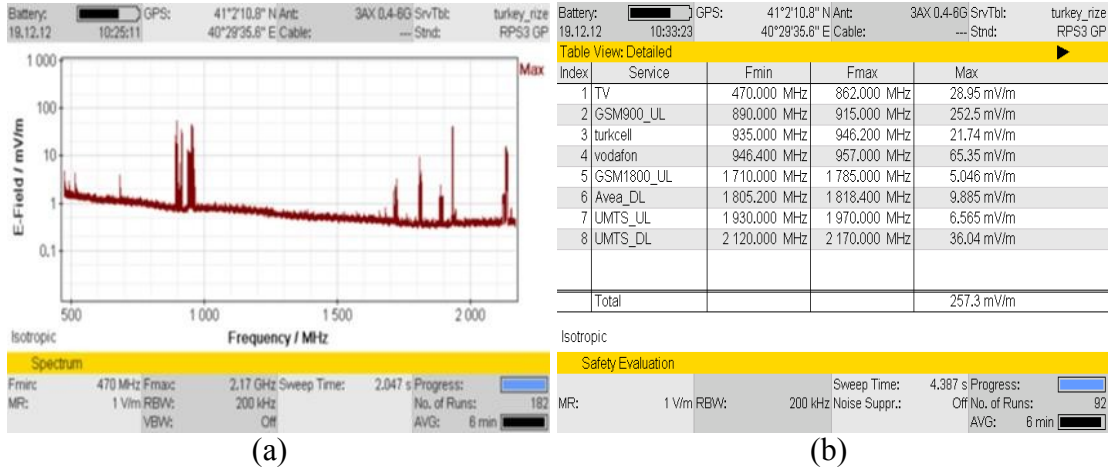
2.1. Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihaz



Şekil 20. Narda SRM 3006 Cihazı

Aldığımız ölçümlerde Narda SRM 3006 cihazını kullanılmıştır. SRM 3006 (Selektif Radyasyon Metre) 9 kHz ila 6 GHz frekans aralığında yüksek frekanslı elektromanyetik alanların güvenlik analizlerini ve çevresel ölçümlerini yapmaya yarayan elde taşınarak kullanılabilir büyüklükte bir frekans seçici ölçüm sistemidir. Bu büyüklükte frekansları olan sinyallerin dijital olarak örneklenmesi çok güç olduğundan, SRM 3006 hem analog hem de dijital sinyal işlemeyi birlikte kullanır. Radyo yayınları, TV, mobil iletişim, radar ve kablosuz iletişim gibi yüksek frekanslı elektromanyetik alanların mutlak ve sınır değerlerinin ölçümü için çok uygundur. Yapılan ölçümlerde her noktanın her saat dilimindeki ölçüm içinden elde edilen veriler, Şekil 21’de gösterildiği gibi 3 farklı görünümde kaydedilebilmektedir.

Cihazın ölçüm sisteminde elektrik ve manyetik alan değerleri, ortalama, aktüel ve maksimum olarak alınabilmektedir. Cihazın algıladığı alan değerinde doygunluğa ulaşması ve kararlı hale gelebilmesi için 1 dakikalık ölçüm zamanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ölçümler 1 dakikalık zaman dilimlerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 21. SRM 3006 cihazında 3 farklı görünüm; (a) Spektrum görünümü, (b) Data tablosu ve (c) Bar grafiği

- (a) Spektrum Görünümü: Bu görünümde elde ettiğimiz sonuçlarda her pik bir kaynaktan gelen sinyali temsil eder.
- (b) Data Tablosu Görünümü: Bu görünümde elde ettiğimiz sonuçlar sayısal değerlerin sıralanması şeklindedir.
- (c) Bar Grafiği Görünümü: Elde ettiğimiz verilerin sonuçlarını sütun şeklindeki grafik ile gösterilmesine sütun grafiği denir.

SRM 3006 cihazının standart setinde genellikle bir adet üç eksenli anten bulunmaktadır. Bu üç eksenli anten sayesinde, alanın ölçülecek olan üç mekânsal bileşenin otomatik olarak belirlenmesini sağlayan basit ve hızlı izotropik ölçümler yapılabilmektedir. Daha düşük frekanslı menzillerde yapılan elektrik ve manyetik alan ölçümleri için ayrıca tek ve üç eksenli antenler de sunmaktadır. Her Narda anteni RF kablusunun yanı sıra bir adet kontrol kablolu ile beraber gelir. Bu kablo da çok uçlu

konektör yardımıyla cihaza bağlanarak, (tip, seri numarası, kalibrasyon tarihi, anten faktörlerinin listesi gibi) anten faktörlerini cihaza aktarır; böylece SRM 3006 bu veriyi tanır ve kullanır.

Anten ile cihaz arasındaki bağlantı için Narda Safety Test Solutions iki adet kablo sağlamaktadır. Her iki kablo da 9 kHz ila 6 GHz arası frekanslar için uygundur. RF kablosu ile birlikte bir adet de kontrol kablosu verilmektedir. Kontrol kablosu cihaza çok uçlu bir konektör ile bağlanmakta olup, anten parametrelerinin (tip, seri numarası, kalibrasyon tarihi, zayıflatma faktörlerinin listesi) cihaza iletilmesini, böylece SRM 3006'nın bu verileri tanıyıp kullanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, izotropik sonucun her üç eksenin yaptığı birbirini izleyen ölçümlerin kontrol edilmesini veya yöneltme bilgilerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Anten ile cihaz arasındaki bağlantı için piyasadan sağlanan kablolar da kullanılabilir. Ancak, üç eksenli antenler bu tip kablolar ile kontrol edilemezler (Dilek, 2014).

2.1.1. Sonuç Tipinin Seçilmesi

Sonuç tipi, ölçülen verilerin nasıl değerlendirileceğini tanımlar. Her servis sağlayıcısı için her tipe bir değer bulunur. Aşağıdaki sonuç tipleri seçilerek değerlendirme yapılabilir. Sonuç tiplerinin açıklamaları Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Sonuç tipleri

Tip	Kısaltma	Açıklama
Aktüel	Akt	O anda ölçülen fiili değer
Maksimum	Max	Ölçülen en yüksek değer
Maksimum Ortalama	MxO	Tüm ortalama değerlerin en yüksek
Ortalama	Ort	Belirli bir sayıda ölçüm veya belirli bir sürede ölçülen değerlerin ortalaması
Minimum Ortalama	MnO	Tüm ortalama değerlerin en düşüğü
Minimum	Min	Ölçülen en düşük değer
Standart	Std	Ağırlıklandırılmamış kısıt eğrisi olarak izin verilmiş sınır değer

2.1.2. Ölçüm Verilerinin ve Ekran Görüntülerinin Kaydedilmesi

Ölçüm verileri ekran üzerinde birer dakikalık ölçüm süresi tamamlandığında sağ taraftaki kırmızı tuşun altındaki “SAVE” tuşuna basılarak kaydedilir. Ekran görüntülerinin kaydedilmesi için ekranın altında en baştaki tuşa arka arkaya iki kere basılmalıdır.

2.2. Ölçüm Metodu

Ölçümlere başlanmadan önce Rize il merkezinde bulunan ve Temel Eğitim Müdürlüğü’ne bağlı 22 eğitim kurumu belirlenmiştir. Bahçesi olan okulların bahçe kapısı sınır kabul edilerek bahçe kapısının dışında apartman dairesinde bulunan kreş veya gündüz bakımevlerinde ise bulunduğu bina kapısı sınır kabul edilerek, bina kapısının önünde ölçüm yapılacak noktalar belirlenmiştir.

Noktalar belirlendikten sonra 13/12/2018 - 15/12/2019 ve 01/04/2019 - 02/04/2019 tarihleri arasında sabah 09.00 - 10.00, öğlen 12.00 - 13.00 ve son olarak öğleden sonra 15.00 - 16.00 saatleri arasında spektrum ölçümü, tablo görünümü ve bar grafiği görünümü ölçüm olmak üzere ölçümler alınmış ve önceden belirlenen üç farklı saatte ölçümler tekrarlanmıştır. Kontrol noktalarında EMR cihazı ile 13/12/2018 tarihinden itibaren, bir kış mevsimi ve bir ilkbahar mevsiminde olmak üzere elektromanyetik alan ölçümleri yapılmış olup, 22 noktada 2 sabah, 2 öğlen ve 2 akşamüzeri olmak üzere her bir noktada 3 kez toplamda ise 396 kez statik yöntemle ölçüm yapılarak elektromanyetik alan ölçüm çalışması 03/04/2019 tarihinde tamamlanmıştır.

Ölçümlerde frekans aralığı 470 MHz - 2.16 GHz, bant genişliği 200 kHz olarak belirlenmiştir. Alınan bu ölçümler cihaza ait olan Narda 3006 SRM TOOLS yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. 22 ayrı noktanın tablo, spektrum ve bar grafiği görüntülerinin her biri için yapılan kayıtlar oldukça fazla veri bilgisi oluşturmuştur. Seçilen frekans aralığı bölgesi içinde gruplanan iletişim frekans aralıkları Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Frekans aralıklarının ifade ettiği kanallar

Frekans Aralıkları (MHz)	Kanallar
791 - 821	3Gpp Band 20 Down-LTE Band 20 Down
832 - 862	3Gpp Band 20 Up-LTE Band 20 Up
876 - 880	GSM-R Up
880 - 890	E-GSM Up-3Gpp Band 8 Up-3G Class 9 Up-LTE Band 8 Up
890 - 915	P-GSM Up-3Gpp Band 8 Up-3G Class 9 Up-LTE Band 8 Up
921 - 925	GSM-R Down
925 - 935	E-GSM Down-3Gpp Band 8 Down-3G Class 9 Down-LTE Band 8 Down
935 - 960	P-GSM Down-3Gpp Band 8 Down-3G Class 9 Down-LTE Band 8 Down
1710 - 1785	DCS 1800 Up-3Gpp Band III Up-3G Class 8 Up-LTE Band 3 Up
1805 - 1880	3Gpp Band III Down-DCS 1800 Down-3G Class 8 Down-LTE Band 3 Down
1920 - 1980	3Gpp Band I Up-LTE Band 1 Up
2010 - 2025	LTE Band 34
2110 - 2170	3Gpp Band I Down-LTE Band 1 Down

Çalışmanın devamında; elektrik alanın maksimum değerlerinin, elektrik alanın maksimum ortalama değerlerinin, manyetik alanın ve güç yoğunluğunun zamanla değişimleri ayrı ayrı grafiksel olarak gösterilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri

Elektromanyetik alan ölçüm çalışmaları Rize il merkezinde gerçekleştirilmiştir. Rize merkez bölgesi parklar, toplu yaşam alanları, okul, işyerleri, kamu binalarının bulunduğu ve nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölgedir. Rize merkez bölgesinde, Temel Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı 22 okulda, elektrik alan şiddeti ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ölçümlerin Rize il merkezi haritası üzerindeki konumları Şekil 22'de verilmektedir.



Şekil 22. Ölçüm yapılan okulların Rize il merkezi haritası üzerindeki konumları

Ölçüm yapılan 22 okulun adı, bulundukları konum numaraları ve koordinat bilgileri ile birlikte Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Ölçüm yapılan okullara ait bilgiler

Konum	Okul Adı	Koordinat	
1	Yeşildeniz Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°1'31.2" N	40°32'46.0" E
2	Ali Saruhan Anaokulu	41°1'42.4" N	40°33'16.2" E
3	Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°2'22.0" N	40°34'20.1" E
4	Şevket Yardımcı İlköğretim Okulu	41°2'21.3" N	40°34'21.4" E
5	Gülbahar Hatun Anaokulu	41°1'26.9" N	40°32'19.2" E
6	Çaykur Ortaokulu	41°1'04.8" N	40°32'13.5" E
7	Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°1'29.2" N	41°31'54.3" E
8	Hacere Usta Anaokulu	41°2'12.6" N	40°29'30.5" E
9	Melekler Diyarı Kreş ve Bakımevi	41°2'20.0" N	40°29'47.1" E
10	Çay Ortaokulu	41°1'27.4" N	40°31'57.3" E
11	Doğuşçay İlkokulu	41°1'29.7" N	40°32'09.3" E
12	Yeşil Doğa Koleji	41°1'33.6" N	40°30'20.4" E
13	Benim Dünyam Kreş ve Bakımevi	41°1'47.5" N	40°30'47.3" E
14	Kurtuluş İlkokulu	41°1'55.5" N	40°30'35.6" E
15	Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°1'33.8" N	40°30'42.5" E
16	Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°1'25.3" N	40°31'05.6" E
17	Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi	41°1'18.9" N	40°30'58.7" E
18	Atatürk Ortaokulu	41°1'23.7" N	40°32'09.5" E
19	Uygulama Anaokulu	41°1'25.2" N	40°31'24.8" E
20	Bilge Anaokulu	41°1'24.4" N	40°31'29.7" E
21	TOBB İlkokulu	41°1'03.5" N	40°32'15.5" E
22	Şehit Şuayip Ortaokulu	41°1'28.0" N	40°31'16.9" E

Ölçüm alınan okullarda, ilk olarak tüm okullara ait bahçeler ayrı ayrı dolaşarak BTK'nın en son yayınlamış olduğu yönetmeliğe uygun olacak şekilde ölçüm noktaları belirlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre; okul öncesi ve temel eğitim kurumlarının herhangi bir kampüs alanında kurulmuş ve kampüs sınırları haricinde müstakil bahçe duvarı dikkate alınarak baz istasyonu kurulumu yapılabilir. Buna bağlı olarak müstakil bahçe duvarı sınır kabul edilip ölçümler gerçekleştirilebilmektedir. SRM 3006 cihazı ile yapılan ölçümlere ait örnek görüntüler Şekil 23, Şekil 24 ve Şekil 25'te verilmiştir.



Şekil 23. Bilge Anaokulu'nda SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği



Şekil 24.Şirinler Gündüz Bakımevi'nde SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği



Şekil 25. Umut Anaokulu'nda SRM 3006 cihazı ile ölçüm örneği

3.2. Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

Rize merkez bölgesi parklar, toplu yaşam alanları, okul, işyerleri, kamu binalarının bulunduğu nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölgedir. Rize merkez bölgesinde 22 ayrı noktada ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazın ölçüm süresi boyunca aldığı veriler excel dosyası olarak kaydedilmiştir. Bu veriler bilgisayar ortamına transfer edilip her bir okul için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Frekans bantlarına göre oldukça fazla olan verilerden maksimum olan değerler seçilip tablolar oluşturulmuştur.

3.2.1. Yeşil Deniz Eğitim Kurumları

İnsan yoğunluğunun yüksek apartmanların olduğu bir yerleşim yerinde bulunan Yeşil Deniz Eğitim kurumları, apartmanların arasındaki bir binanın giriş katında bulunmaktadır. Eğitim kurumunun bahçesi apartman sakinlerinin de kullanabildiği ortak bir alandır. 41°1'31.2" kuzey enlem ve 40°32'46.0" doğu boylamında bulunur. Bu okula ait ölçüm verileri Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Yeşil Deniz Eğitim Kurumu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W/m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,059	0,037	0,0342	0,046	1,2x10 ⁻⁴	5,72x10 ⁻⁶
	E _{max.ort.} (V/m)	0,047	0,023	0,0282	0,025	6,7x10 ⁻⁵	1,71x10 ⁻⁶
2019	E _{max.} (V/m)	0,392	0,447	0,4898	0,443	1,2x10 ⁻³	5,21x10 ⁻⁴
	E _{max.ort.} (V/m)	0,282	0,128	0,3382	0,286	7,6x10 ⁻⁴	2,18x10 ⁻⁴

3.2.2. Ali Saruhan Anaokulu

41°1'42.4" kuzey enlem ve 40°33'16.2" doğu boylamında bulunan anaokulu apartmanların bulunduğu bölgeye yakın ve aynı zamanda yoğun olarak kullanılan bir çevreyolunun kenarında bulunmaktadır. Yakınında bir baz istasyonu bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. Ali Saruhan Anaokulu’na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,575	0,553	0,029	0,386	$1,1 \times 10^{-3}$	$3,96 \times 10^{-4}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,047	0,335	0,022	0,135	$3,6 \times 10^{-4}$	$4,89 \times 10^{-5}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,063	0,315	0,052	0,142	$3,8 \times 10^{-4}$	$5,42 \times 10^{-5}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,032	0,149	0,032	0,071	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,36 \times 10^{-5}$

3.2.3. Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi binasının yakınında 41°2’22.0’’ kuzey enlemi ve 40°34’20.1’’ doğu boylamında bulunan kreş, iş merkezi olarak kullanılan bir binanın -2. katında bulunmaktadır. Hastane binası çatısında birden fazla ve yakın mesafede bulunan diğer baz istasyonlarının etkileri ölçüm değerlerinde kendini göstermektedir. Okula ait ölçüm verileri Tablo 12’de verilmektedir.

Tablo 12. Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi’ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	1,001	0,043	1,211	0,751	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-3}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,025	0,031	0,607	0,221	$5,8 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,033	0,521	0,258	0,271	$7,2 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,031	0,268	0,167	0,251	$6,6 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$

3.2.4. Şevket Yarımcı İlkokulu

Rize ilinin en işlek caddelerinden biri üzerinde bulunan okul, 40°34’21.4’’ kuzey enlemi ve 41°2’21.3’’ doğu boylamında bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 13’te verilmektedir.

Tablo 13. Şevket Yardımcı İlkokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,588	0,496	0,995	0,694	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,28 \times 10^{-3}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,528	0,361	0,533	0,475	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,98 \times 10^{-4}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,121	0,301	0,077	0,165	$4,4 \times 10^{-4}$	$7,26 \times 10^{-5}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,051	0,092	0,069	0,071	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-5}$

3.2.5. Gülbahar Hatun Anaokulu

Apartman ve okul yoğunluğunun yüksek olduğu bir noktada bulunan anaokulu, 41°1'26.9" kuzey enlemi ve 40°32'19.2" doğu boylamında yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 14'te verilmektedir.

Tablo 14. Gülbahar Hatun Anaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,041	0,074	0,431	0,180	$4,9 \times 10^{-4}$	$8,61 \times 10^{-5}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,028	0,067	0,232	0,194	$5,2 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-5}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,263	1,284	0,555	0,711	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,31 \times 10^{-3}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,043	0,609	0,385	0,349	$9,2 \times 10^{-4}$	$3,22 \times 10^{-4}$

3.2.6. Çaykur Ortaokulu

41°1'04.8" kuzey enlemi ve 40°32'13.5" doğu boylamında bulunan okul, apartmanların bulunduğu yoğun bir yerleşim yerindedir. Okula ait ölçüm verileri Tablo 15'te verilmektedir.

Tablo 15. Çaykur Ortaokulu’na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	0,041	0,072	0,313	0,142	$3,8 \times 10^{-4}$	$5,38 \times 10^{-5}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,033	0,062	0,196	0,199	$5,2 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-4}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	0,021	0,283	0,324	0,207	$5,5 \times 10^{-4}$	$1,14 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,007	0,075	0,196	0,094	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-5}$

3.2.7. Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi

41°1’29.2’’ kuzey enlemi ve 41°31’54.3’’ doğu boylamında bulunan kreş, Çaykur Genel Merkez Binası’nın bahçesinde faaliyet gösteren kreş ve gündüz bakımevidir. Bulunduğu konum sebebiyle okul, insan ve yerleşim yoğunluğu yüksek bir bölgede yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 16. Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi’ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	0,667	0,050	0,537	0,432	$1,1 \times 10^{-3}$	$4,91 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,524	0,026	0,377	0,311	$8,2 \times 10^{-4}$	$2,55 \times 10^{-4}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	0,108	0,969	0,029	0,081	$2,1 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-5}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,018	0,556	0,025	0,212	$5,4 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$

3.2.8. Hacere Usta Anaokulu

Polis lojmanları ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi merkez kampüsüne oldukça yakın olan anaokulu, 41°2’12.6’’ kuzey enlemi ve 40°29’30.5’’ doğu boylamında yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17. Hacere Usta Anaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	0,357	0,521	0,485	0,459	$1,2 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,196	0,295	0,402	0,301	$8,1 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-4}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	0,314	0,728	0,141	1,184	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-3}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,081	0,557	0,094	0,526	$1,4 \times 10^{-3}$	$7,3 \times 10^{-4}$

3.2.9. Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi

Fener Mahallesi'nde $41^{\circ}2'20.0''$ kuzey enlem ve $40^{\circ}29'47.1''$ doğu boylamında yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 18'de verilmektedir.

Tablo 18. Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	0,131	0,066	0,659	0,237	$6,31 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,114	0,052	0,331	0,165	$4,39 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	0,198	0,301	2,004	0,833	$2,21 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,033	0,052	0,991	0,062	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-5}$

3.2.10. Çay Ortaokulu

Atatürk Caddesi üzerinde $41^{\circ}1'27.4''$ kuzey enlem ve $40^{\circ}31'57.3''$ doğu boylamında bulunan okul, apartmanların yoğun bulunduğu bir yerleşim yerindedir. Okula ait ölçüm verileri Tablo 19'da verilmektedir.

Tablo 19. Çay Ortaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{max.}$ (V/m)	0,746	0,299	0,222	0,421	$1,12 \times 10^{-3}$	$4,72 \times 10^{-4}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,632	0,152	0,111	0,297	$7,89 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$
2019	$E_{max.}$ (V/m)	0,359	0,573	1,357	0,761	$2,03 \times 10^{-3}$	$1,54 \times 10^{-3}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,165	0,152	0,948	1,271	$3,37 \times 10^{-3}$	$4,28 \times 10^{-3}$

3.2.11. Doğu Çay İlkokulu

Atatürk Caddesi üzerinde $41^{\circ}1'29.7''$ kuzey enlem ve $40^{\circ}32'09.3''$ doğu boylamında yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 20'de verilmektedir.

Tablo 20. Doğu Çay İlkokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{max.}$ (V/m)	0,141	0,044	0,127	0,105	$2,79 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-5}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,078	0,026	0,121	0,075	$1,98 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-5}$
2019	$E_{max.}$ (V/m)	0,291	0,715	0,611	0,541	$1,44 \times 10^{-3}$	$7,8 \times 10^{-4}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,154	0,071	0,467	0,231	$6,15 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$

3.2.12. Yeşil Doğa Koleji

$41^{\circ}1'33.6''$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}30'20.4''$ doğu boylamında bulunan okul etrafında yerleşim yeri bulunmayan ıssız bir bölgede yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 21'de verilmektedir.

Tablo 21. Yeşil Doğa Koleji’ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	0,054	0,035	0,069	0,092	$1,41 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{-6}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,049	0,031	0,052	0,044	$1,17 \times 10^{-4}$	$5,17 \times 10^{-6}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	0,222	0,328	0,045	0,199	$5,28 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,114	0,178	0,036	0,236	$5,83 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$

3.2.13. Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi

Okul, $41^{\circ}1'47.5''$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}30'47.3''$ doğu boylamında bulunmaktadır. Okulun bulunduğu bu bölge, iki adet hastane, bir adet sağlık ocağı ve valilik binası gibi nüfusun gün içinde yoğunlaştığı hizmet binalarını içine almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 22’de verilmektedir.

Tablo 22. Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi’ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{\max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{\max.}$ (V/m)	1,011	0,119	0,204	0,444	$1,18 \times 10^{-3}$	$5,24 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,066	0,094	0,107	0,267	$7,08 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$
2019	$E_{\max.}$ (V/m)	1,324	0,175	0,026	0,507	$1,35 \times 10^{-3}$	$6,82 \times 10^{-4}$
	$E_{\max.ort.}$ (V/m)	0,677	0,094	0,016	0,271	$7,25 \times 10^{-4}$	$1,96 \times 10^{-4}$

3.2.14. Kurtuluş İlkokulu

Rize il merkezinin en yoğun olduğu kısımlardan birinde bulunan okul, $41^{\circ}1'55.5''$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}30'35.6''$ doğu boylamındadır. Halkın yoğun vakit geçirdiği,

yerleşim yerlerinin ve okulların yoğun olarak bulunduğu bir noktadadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 23'te verilmektedir.

Tablo 23. Kurtuluş İlkokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,214	0,559	0,206	0,325	$8,63 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-4}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,120	0,303	0,107	0,177	$4,7 \times 10^{-4}$	$8,3 \times 10^{-5}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,422	0,122	0,026	0,193	$5,04 \times 10^{-4}$	$9,57 \times 10^{-5}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,263	0,028	0,016	0,101	$2,69 \times 10^{-4}$	$2,72 \times 10^{-5}$

3.2.15. Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi

42° 0'21.78" kuzey enlem ve 35° 5'23.62" doğu boylamında yer alan okulun, batı yönünde yaklaşık 250 metre mesafede kule üzerinde baz istasyonu bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 24'te verilmektedir.

Tablo 24. Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
2018	E _{max.} (V/m)	0,124	0,397	0,43	0,318	$8,43 \times 10^{-4}$	$2,68 \times 10^{-4}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,081	0,316	0,201	0,199	$5,29 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$
2019	E _{max.} (V/m)	0,625	0,231	0,041	0,291	$7,72 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-4}$
	E _{max.ort.} (V/m)	0,261	0,098	0,036	0,132	$3,49 \times 10^{-4}$	$4,62 \times 10^{-5}$

3.2.16. Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi

Yoğun bir yerleşim bölgesin içinde bulunan kreş binası, 41°1'25.3" kuzey enlemi ve 40°31'05.6" doğu boylamındadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 25'te verilmektedir.

Tablo 25. Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S (µW/m ²)
2018	E _{max.} (V/m)	0,341	0,393	0,28	0,351	9,2x10 ⁻⁴	3,22x10 ⁻⁴
	E _{max.ort.} (V/m)	0,172	0,36	0,198	0,266	7,07x10 ⁻⁴	1,88x10 ⁻⁴
2019	E _{max.} (V/m)	0,742	0,26	0,034	1,035	2,76x10 ⁻³	2,84x10 ⁻³
	E _{max.ort.} (V/m)	0,256	0,126	0,02	0,421	1,12x10 ⁻³	4,7x10 ⁻⁴

3.2.17. Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi

Okul, 41°1'18.9" kuzey enlemi ve 40°30'58.7" doğu boylamında yer almakta olup apartmanların yoğun olarak bulunduğu bir bölgededir. Okula ait ölçüm verileri Tablo 26'da verilmektedir.

Tablo 26. Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi'ne ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S (µW/m ²)
2018	E _{max.} (V/m)	0,076	0,116	0,044	0,081	2,14x10 ⁻⁴	1,73x10 ⁻⁵
	E _{max.ort.} (V/m)	0,039	0,584	0,035	0,234	6x10 ⁻⁴	1,4x10 ⁻⁴
2019	E _{max.} (V/m)	0,115	0,39	0,026	0,183	4,86x10 ⁻⁴	8,89x10 ⁻⁵
	E _{max.ort.} (V/m)	0,039	0,224	0,014	0,093	2,46x10 ⁻⁴	2,29x10 ⁻⁵

3.2.18. Atatürk Ortaokulu

41°1'23.7" kuzey enlemi ve 40°32'09.5" doğu boylamında yer alan okul, apartmanların bulunduğu yoğun bir yerleşim yerinde bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 27'de verilmektedir.

Tablo 27. Atatürk Ortaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S (μW/m ²)
2018	E _{max.} (V/m)	0,122	0,908	0,27	0,444	1,17x10 ⁻³	5,23x10 ⁻⁴
	E _{max.ort.} (V/m)	0,088	0,761	0,221	0,37	9,81x10 ⁻⁴	3,63x10 ⁻⁴
2019	E _{max.} (V/m)	0,534	0,32	0,026	0,295	7,82x10 ⁻⁴	2,31x10 ⁻⁴
	E _{max.ort.} (V/m)	0,088	0,146	0,014	0,088	2,34x10 ⁻⁴	2,1x10 ⁻⁵

3.2.19. Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu

Okul, iş yerleri ve apartmanların bulunduğu mahalle arasında bulunmaktadır. 41°1'25.2" kuzey enlemi ve 40°31'24.8" doğu boylamında yer alır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 28'de verilmektedir.

Tablo 28. Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S (μW/m ²)
2018	E _{max.} (V/m)	2,167	0,924	0,05	1,053	2,78x10 ⁻³	2,92x10 ⁻³
	E _{max.ort.} (V/m)	0,706	0,733	0,042	0,494	1,31x10 ⁻³	6,5x10 ⁻⁴
2019	E _{max.} (V/m)	0,924	2,313	0,039	1,092	2,89x10 ⁻³	3,15x10 ⁻³
	E _{max.ort.} (V/m)	0,577	0,706	0,02	0,441	1,18x10 ⁻³	5,17x10 ⁻⁴

3.2.20. Bilge Anaokulu

Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'na yakın olan anaokulu, 41°1'24.4" kuzey enlemi ve 40°31'24.8" doğu boylamında yer almaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 29'da verilmektedir.

Tablo 29. Bilge Anaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{max.}$ (V/m)	0,986	0,992	0,476	0,231	$6,01 \times 10^{-4}$	$1,38 \times 10^{-4}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,76	0,59	0,306	0,563	$1,49 \times 10^{-3}$	$8,3 \times 10^{-4}$
2019	$E_{max.}$ (V/m)	0,8	1,262	0,024	0,714	$1,89 \times 10^{-3}$	$1,34 \times 10^{-3}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,067	0,593	0,015	0,224	$5,95 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$

3.2.21. TOBB İlkokulu

41°1'03.5" kuzey enlemi ve 40°32'15.5" doğu boylamında konumlanan okul, yerleşimin ve okulların oldukça yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 30'da verilmektedir.

Tablo 30. TOBB İlkokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması $E_{max.ort.}$ (V/m)	H (A/m)	S ($\mu W/m^2$)
2018	$E_{max.}$ (V/m)	0,213	0,386	0,279	0,297	$7,9 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,107	0,34	0,228	0,234	$6,1 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
2019	$E_{max.}$ (V/m)	0,154	0,489	0,034	0,228	$6,04 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$
	$E_{max.ort.}$ (V/m)	0,016	0,346	0,035	0,134	$3,55 \times 10^{-4}$	$4,76 \times 10^{-5}$

3.2.22. Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu

41°1'28.0" kuzey enlemi ve 40°31'16.9" doğu boylamında yer alan okul, insan ve yerleşim yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Okula ait ölçüm verileri Tablo 31'de verilmektedir.

Tablo 31. Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'na ait ölçüm verileri

		Sabah	Öğle	Öğleden Sonra	Gün Ortalaması E _{max.ort.} (V/m)	H (A/m)	S (µW/m ²)
2018	E _{max.} (V/m)	0,135	1,025	0,235	0,467	1,24x10 ⁻³	5,79x10 ⁻⁴
	E _{max.ort.} (V/m)	0,08	0,111	0,117	0,103	2,76x10 ⁻⁴	2,87x10 ⁻⁵
2019	E _{max.} (V/m)	3,034	0,86	0,169	1,356	3,6x10 ⁻³	4,88x10 ⁻³
	E _{max.ort.} (V/m)	0,635	0,67	0,026	0,454	1,2x10 ⁻³	5,4x10 ⁻⁴

Ölçüm yapılan tüm noktalarda alınan ve yukarıdaki tablolarda maksimumların alındığı elektrik alan değerleri, bilgisayar ortamına excel dosyaları şeklinde aktarılmıştır. Bu genel ölçüm dosyaları, frekans bantlarına göre sınıflandırılmış değerleri içermekte olup oldukça fazla veri içermektedir. Her iki yıl için seçilen iki okula ait veriler Tablo 32 ve Tablo 33'te verilmektedir.

Tablo 32.Uygulama Anaokulu'na ait 2018 yılı verilerindeki frekans bantları maksimum değerleri

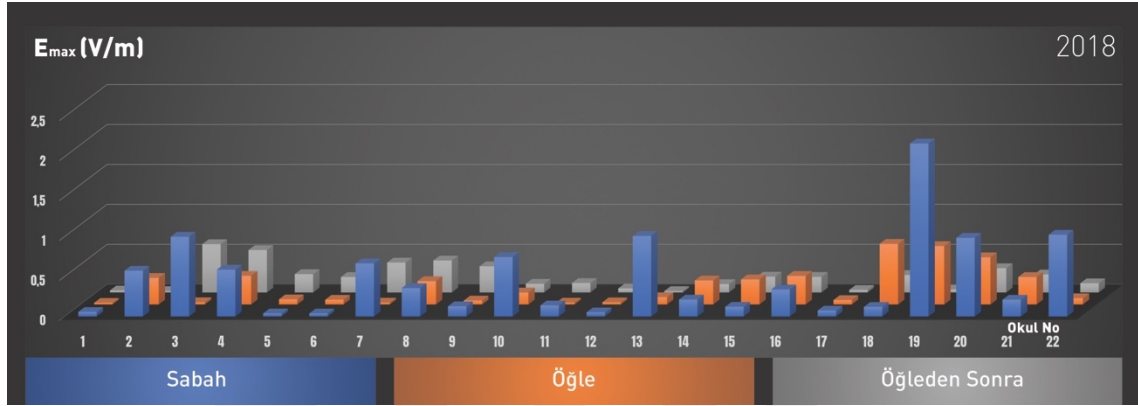
	Frekans Bantları (MHz)													E _{Maks} (V/m)
	791- 821	832- 862	876- 880	880- 890	890- 915	921- 925	925- 935	935- 960	1710- 1785	1805- 1880	1920- 1980	2010- 2025	2110- 2170	
Sabah	0,6033	0,1716	0,0079	0,0091	0,0092	0,0085	0,2085	0,7841	0,0051	0,4237	0,0046	<u>2,1676</u>	0,8356	<u>2,1676</u>
Öğle	0,1504	0,0125	0,0098	0,0093	0,0108	0,0105	0,0424	<u>0,8232</u>	0,0074	0,1591	0,0058	0,0055	0,2877	<u>0,8232</u>
Öğleden Sonra	0,0186	0,0117	0,0095	0,0098	0,0105	0,0101	0,0097	0,0380	0,0059	<u>0,0526</u>	0,0055	0,0056	0,0383	<u>0,0526</u>

Tablo 33.Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'na ait 2019 yılı verilerindeki frekans bantları maksimum değerleri

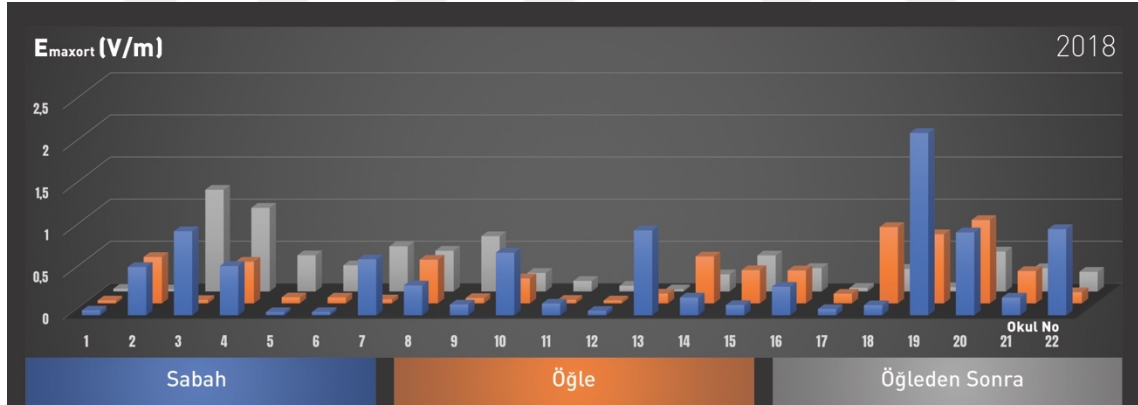
	Frekans Bantları (MHz)													E _{Maks} (V/m)
	791- 821	832- 862	876- 880	880- 890	890- 915	921- 925	925- 935	935- 960	1710- 1785	1805- 1880	1920- 1980	2010- 2025	2110- 2170	
Sabah	0,014	0,0133	0,0104	0,0116	0,8636	0,0030	0,02033	0,1527	0,0070	0,0064	<u>3,0303</u>	0,0072	0,0842	<u>3,0303</u>
Öğlen	0,1884	0,0115	0,0089	0,01047	0,01104	0,009	0,01160	0,86660	0,00638	0,1652	0,005	0,006	<u>0,3420</u>	<u>0,3420</u>
Öğleden Sonra	<u>0,1691</u>	0,0103	0,0083	0,00624	0,00667	0,0082	0,0061	0,0083	0,0126	0,0044	0,0048	0,0047	0,0042	<u>0,1691</u>

3.3. Ölçüm ve Hesaplama Sonuçlarının Grafiksel Gösterimi

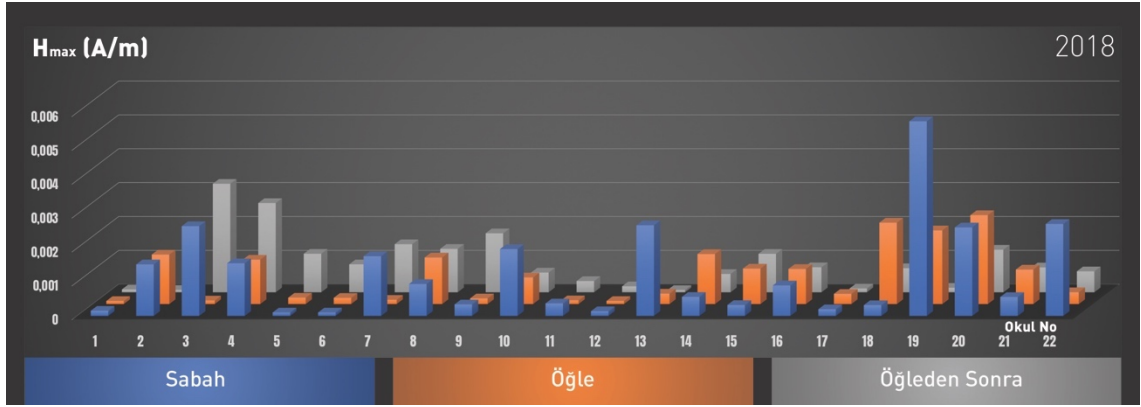
2018 ve 2019 yıllarında 22 okulda günde üç kez olmak üzere yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen E_{max} , E_{maxort} ve maksimum değerlerinin (15) ve (16) denklemleri ile hesaplanmasıyla bulunan manyetik alan ve güç yoğunluğu değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 22, Şekil 23, Şekil 24 ve Şekil 25’te verilmektedir.



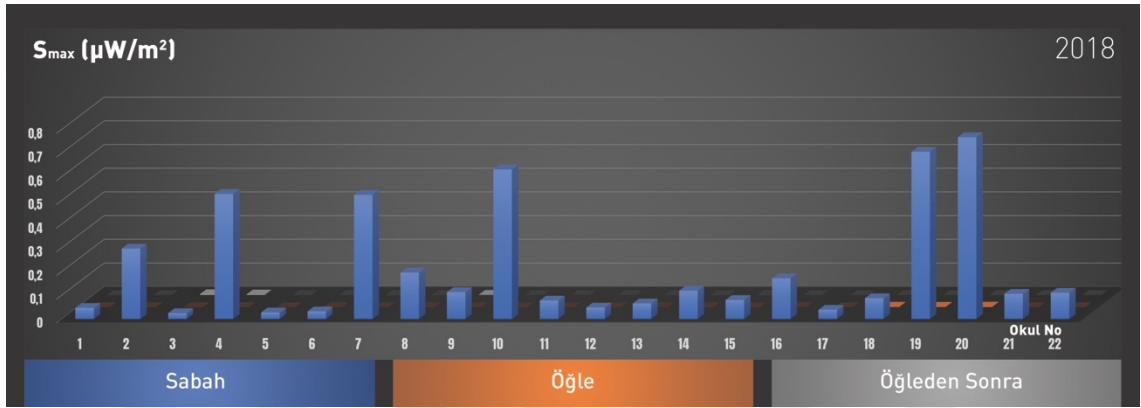
Şekil 26. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi



Şekil 27. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum ortalama değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi

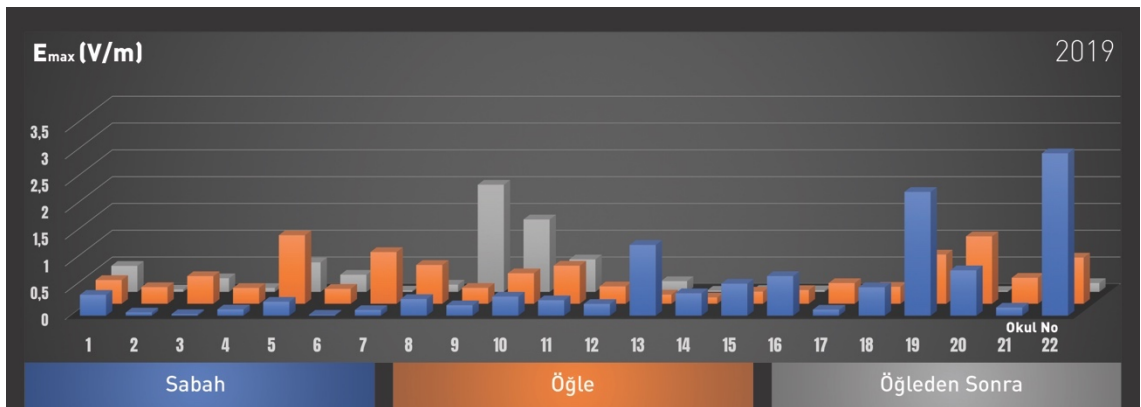


Şekil 28. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatlerine göre değişimi

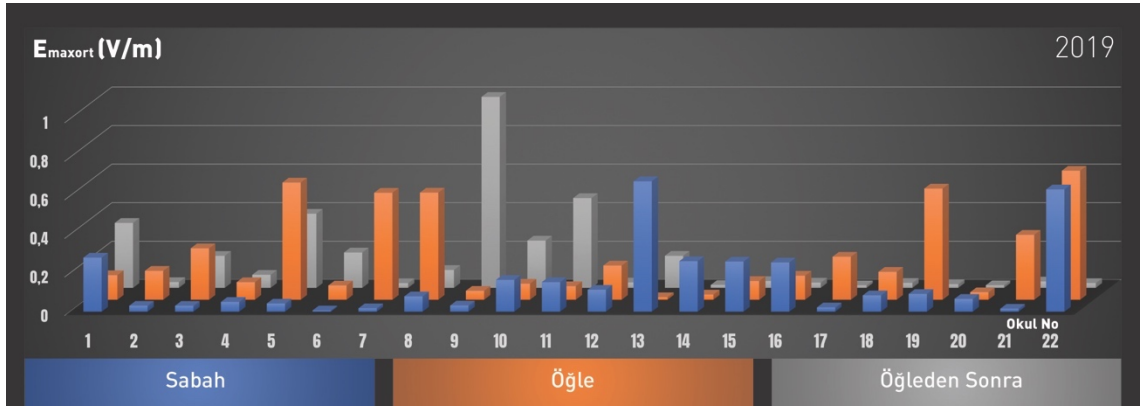


Şekil 29. Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişimi

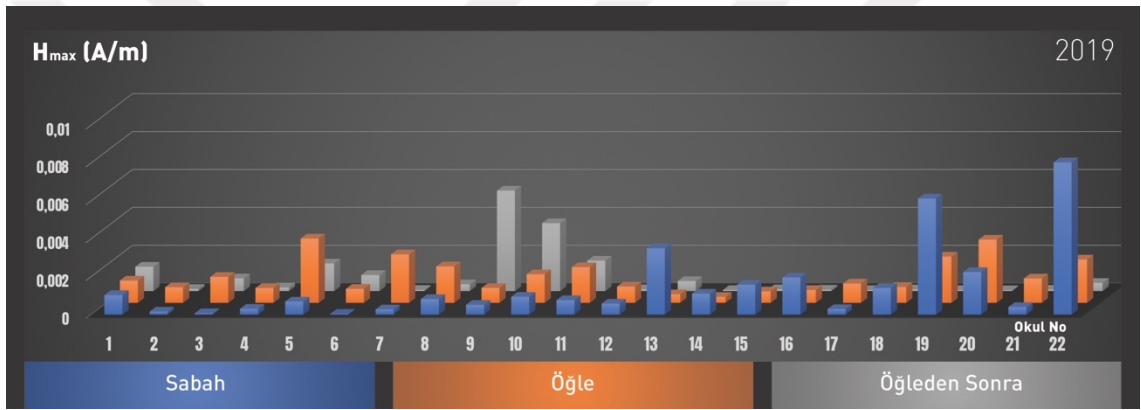
2019 yılının Nisan ayında 22 okulda günde üç kez olmak üzere yapılan ölçüm sonuçlarının, elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 26, Şekil 27, Şekil 28 ve Şekil 29'da verilmektedir.



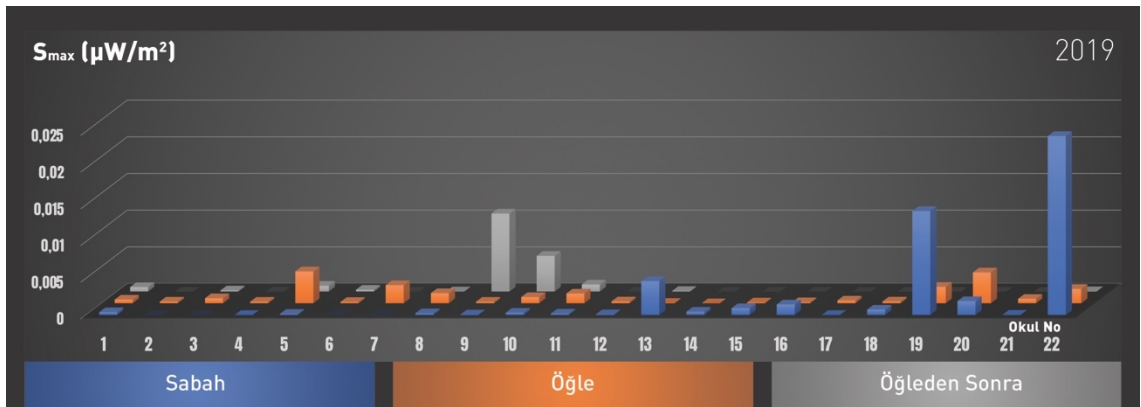
Şekil 30. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi



Şekil 31. Okullarda ölçülen elektrik alanın maksimum ortalama değerlerinin ölçüm saatlerine göre değişimi

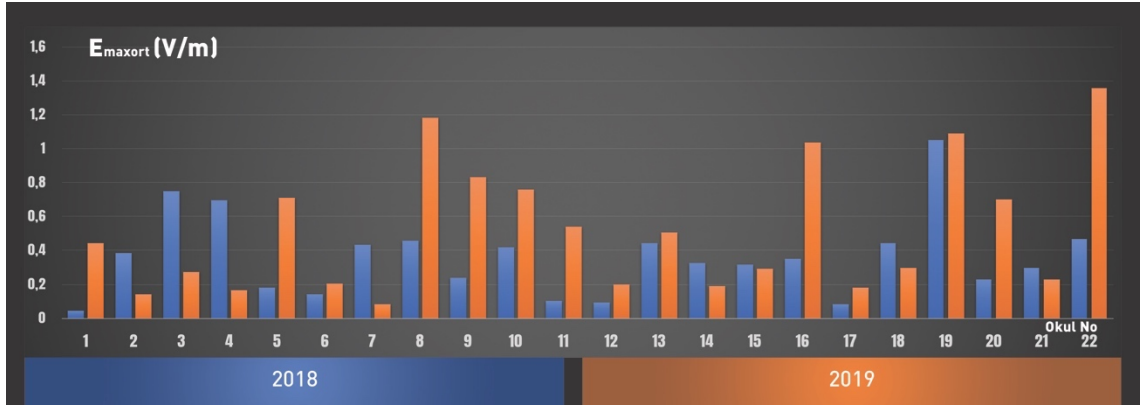


Şekil 32. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatlerine göre değişimi

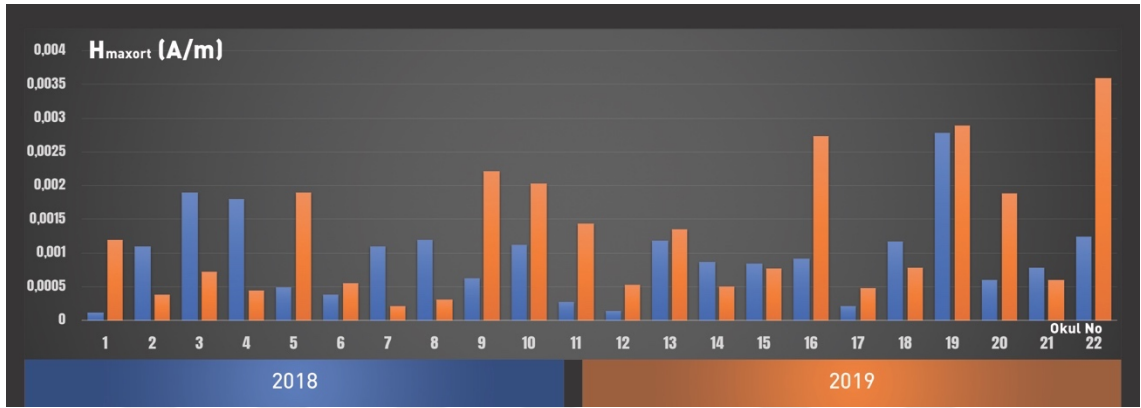


Şekil 33. Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişimi

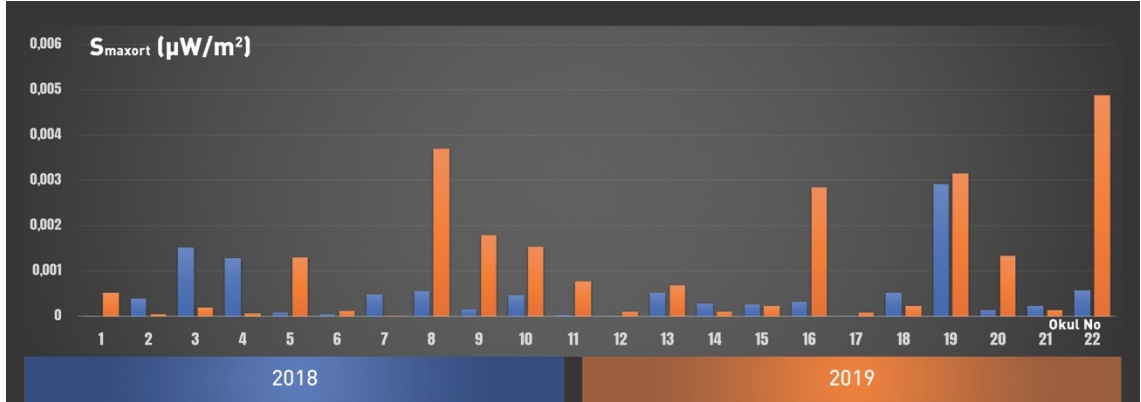
Alınan elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu maksimum verilerinin yıllara gün ortalaması değerleri Şekil 30, Şekil 31 ve Şekil 32’de verilmektedir.



Şekil 34. Elektrik alan maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri



Şekil 35. Manyetik alan maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri



Şekil 36. Güç yoğunluğu maksimum verilerinin yıllara göre gün ortalaması değerleri

Bu değerlendirmelerin dışında ayrıca frekans bantlarına ait ölçüm boyunca alınan maksimum değerlerin hangi okullarda ve günün hangi periyodunda tespit edildiği de Tablo 34'te verilmektedir.

Tablo 34. Frekans bant aralığında alınan maksimum değerlerin okul ve ölçüm zamanı

Frekans Bantları (MHz)	Ölçüm Zamanı	E_{Maksimum} (V/m)	Okul Adı
791-821	2019-Ö.	0,8294007	Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi
832-862	2018-Ö.S.	1,210236	Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi
876-880	2019-Ö.S.	0,294858	Çay Ortaokulu
880-890	2019-Ö.S.	0,014563	Çay Ortaokulu
890-915	2019-Ö.S.	0,495853	Çay Ortaokulu
921-925	2019-S.	2,313654	Uygulama Anaokulu
925-935	2019-S.	0,4010755	Kurtuluş İlkokulu
935-960	2019-Ö.S.	1,357131	Melekler Diyarı Gündüz Bakımevi
1710-1785	2018-Ö.S.	0,6592677	Melekler Diyarı Gündüz Bakımevi
1805-1880	2019-Ö.S.	1,02589	Çay Ortaokulu
1920-1980	2019-S.	3,034211	Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu
2010-2025	2018-S.	2,16759	Uygulama Anaokulu
2110-2170	2019-S.	0,9081697	Uygulama Anaokulu

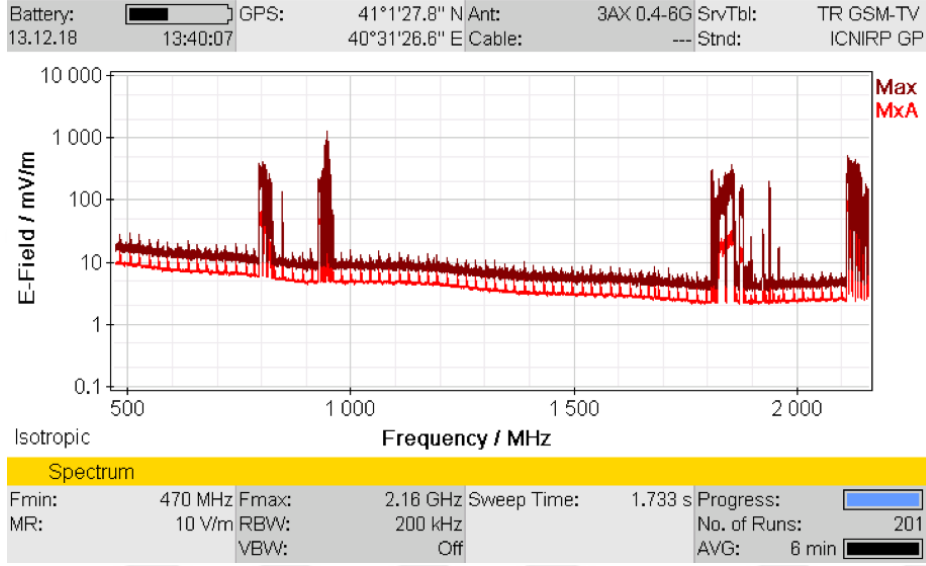
Veri kaydı yapılan excel dosyasında gün içinde tespit edilen ve grafiklerde gösterilen maksimum elektrik alan değerlerinin hangi frekans aralığında yakalandığı ve hangi değerde tespit edildiği Tablo 35’te verilmiştir.

Tablo 35. Ölçümler sonucu bulunan maksimum elektrik alan değerlerinin frekans bant aralıkları

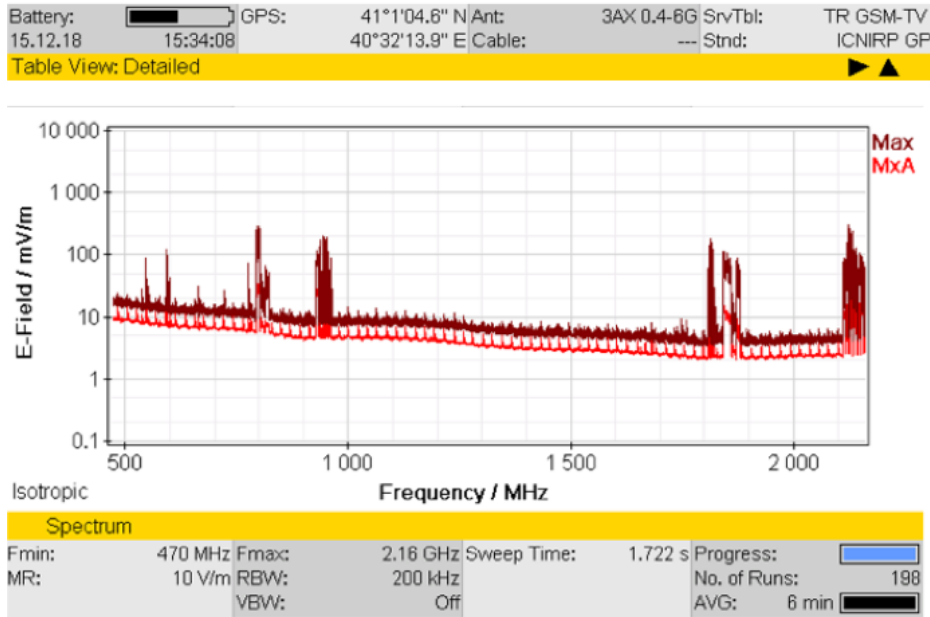
Okul Adı	Ölçüm Zamanı	E_{Maksimum} (V/m)	Frekans Bantları (MHz)
Yeşil deniz Kreş ve Gündüz Bakımevi	2018-S.	0,059	1805-1880
Ali Saruhan Anaokulu	2018-S.	0,575	791-821
Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi	2018-Ö.S.	1,211	832-862
Şevket Yardımcı İlköğretim Okulu	2018-Ö.S.	0,995	1805-1880
Gülbahar Hatun Anaokulu	2019-Ö.	1,284	935-960
Çaykur Ortaokulu	2019-Ö.S.	0,324	1805-1880
Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-Ö.	0,969	1805-1880
Hacere Usta Anaokulu	2019-Ö.	0,728	935-960
Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-Ö.S.	2,004	2010-2170
Çay Ortaokulu	2019-Ö.S.	1,357	1805-1880
Doğuşçay İlkokulu	2019-Ö.S.	0,611	935-960
Yeşil Doğa Koleji	2019-Ö.	0,328	1920-1980
Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-S.	1,324	935-960
Kurtuluş İlkokulu	2018-Ö.	0,559	935-960
Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-S.	0,625	791-821
Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-S.	0,742	935-960
Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi	2019-S.	0,115	1920-1980
Atatürk Ortaokulu	2018-Ö.	0,908	935-960
Uygulamalı Anaokulu	2018-S.	2,167	2010-2025
Bilge Anaokulu	2019-Ö.	1,262	1920-1980
TOBB İlkokulu	2018-Ö.S.	0,279	1805-1880
Şehit Şuayip Ortaokulu	2019-S.	3,034	1920-1980

3.4. Ölçüm Yapılan Noktalardan Alınan Verilerin Spektrum, Data Tablosu ve Bar Grafiği Şeklinde Gösterilmesi

Cihazımızın veri kayıt biçimlerine göre kaydedilen 22 ölçüm noktasının 2018 ve 2019 yılına ait verilerin spektrum, tablo ve bar grafiği şeklinde gösterimi Şekil 37, Şekil 38, Şekil 39, Şekil 40, Şekil 41 ve Şekil 42’de verilmektedir.

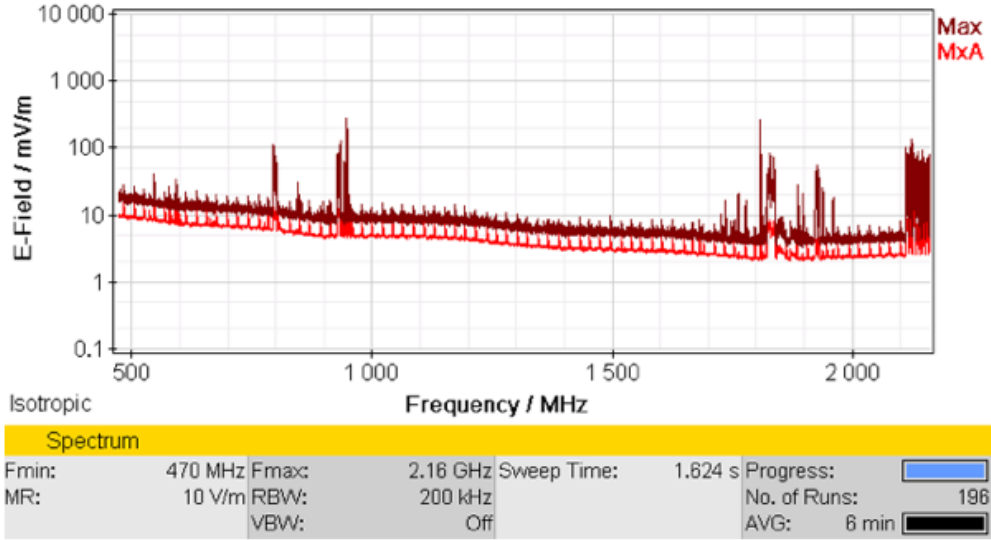


Şekil 37. 2018 yılı öğleden sonra Çay Ortaokulu’nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü

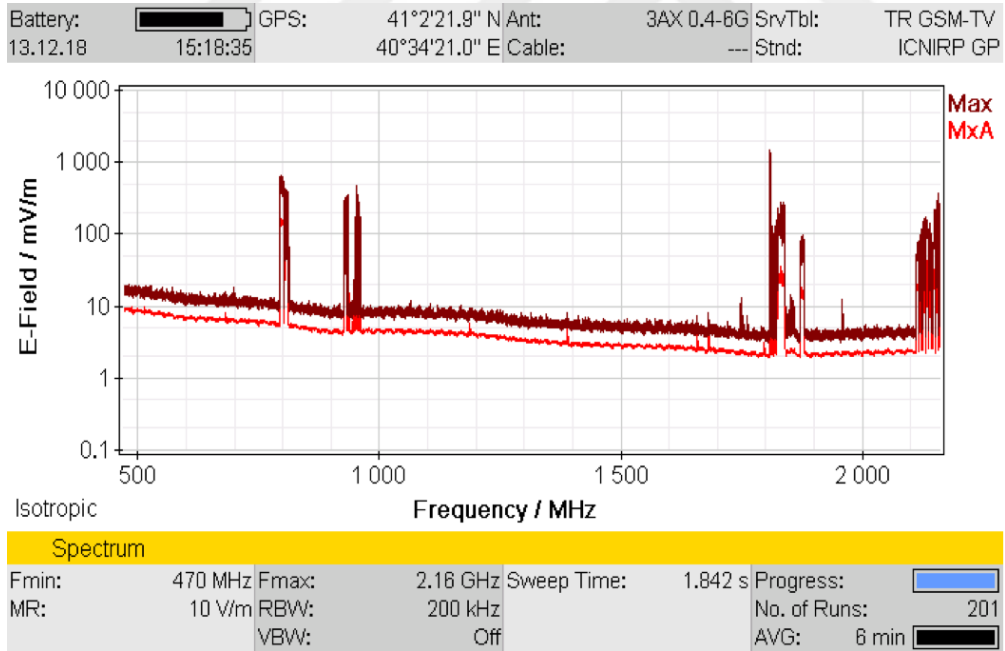


Şekil 38. 2018 yılı öğleden sonra Çaykur Ortaokulu’nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü

Battery: 13.12.18	GPS: 09:40:26	41°2'12.5" N 40°29'31.0" E	Ant: 3AX 0.4-6G Cable: ---	SrvTbl: TR GSM-TV ICNIRP GP
Table View: Detailed				



Şekil 39. 2018 yılı öğleden sonra Hacere Usta Anaokulu'nda yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü



Şekil 40. 2018 yılı öğleden sonra Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde yapılan bir ölçüme ait spektrum görüntüsü

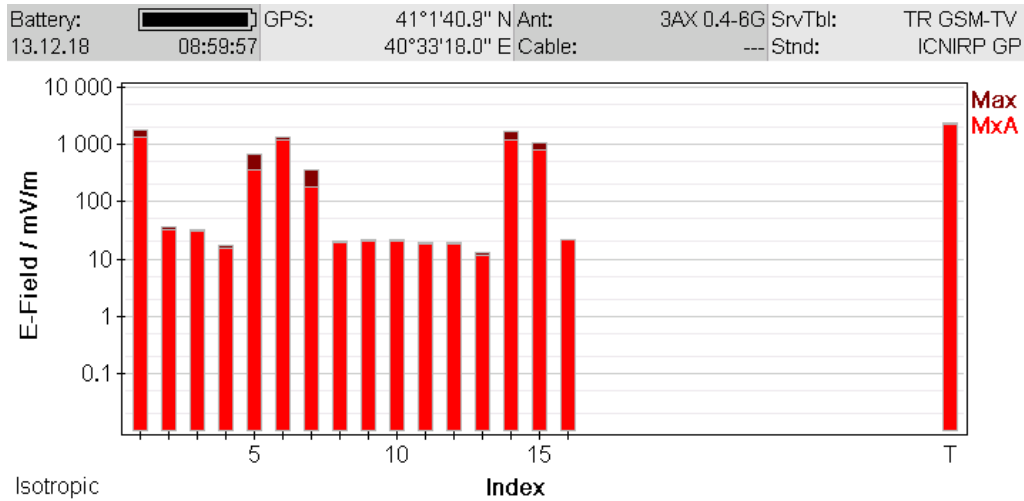
Battery:	13.12.18	GPS:	41°1'22.8" N 40°31'34.4" E	Ant:	3AX 0.4-8G	SrvTbl:	TR GSM-TV
	12:58:23			Cable:	---	Std:	ICNIRP GP
Table View: Detailed							
Index	Service	Fmin	Fmax	Max			
1	TV	470.000 MHz	862.000 MHz	324.3 mV/m			
2	TURKCELL UL	890.100 MHz	901.100 MHz	38.33 mV/m			
3	VODAFONE UL	901.300 MHz	912.300 MHz	37.38 mV/m			
4	AVEA UL	912.500 MHz	914.900 MHz	19.91 mV/m			
5	TURKCELL DL	935.100 MHz	946.100 MHz	40.14 mV/m			
6	VODAFONE DL	946.300 MHz	957.300 MHz	43.55 mV/m			
7	AVEA DL	957.500 MHz	959.900 MHz	19.18 mV/m			
8	AVEA UL	1 710.100 MHz	1 725.100 MHz	23.34 mV/m			
9	AVEA DL	1 805.100 MHz	1 820.100 MHz	69.64 mV/m			
10	TURKCELL 3G UL	1 920.000 MHz	1 940.000 MHz	24.94 mV/m			
11	VODAFONE 3G UL	1 940.000 MHz	1 955.000 MHz	22.01 mV/m			
12	AVEA 3G UL	1 955.000 MHz	1 970.000 MHz	20.98 mV/m			
13	VODAFONE 3G UL	2 010.000 MHz	2 015.000 MHz	12.92 mV/m			
14	TURKCELL 3G DL	2 110.000 MHz	2 130.000 MHz	57.29 mV/m			
15	VODAFONE 3G DL	2 130.000 MHz	2 145.000 MHz	37.79 mV/m			
16	AVEA 3G DL	2 145.000 MHz	2 160.000 MHz	124.7 mV/m			
Total				359.0 mV/m			

Isotropic

Safety Evaluation

MR:	10 V/m	RBW:	200 kHz	Sweep Time:	4.998 s	Progress:	
				Noise Suppr.:	Off	No. of Runs:	19
						AVG:	4

Şekil 41. 2018 yılı öğleden sonra Atatürk Ortaokulu'nda yapılan ölçümlere ait verilerin tablo görüntüsü



Isotropic

Safety Evaluation

MR:	10 V/m	RBW:	200 kHz	Sweep Time:	5.006 s	Progress:	
				Noise Suppr.:	Off	No. of Runs:	39
						AVG:	4

Şekil 42. 2018 yılı öğlen TOBB İlkokulu'nda yapılan ölçümlere ait verilerin bar grafiği görünümü

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Tez çalışmasında, Rize ili merkez ilçesinde bulunan Temel Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı 22 farklı okulda elektromanyetik alan yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler çevresel kaynaklı alan değerlerinin tespiti açısından önem arz etmektedir. BTK'nın yönetmeliğinde de belirtildiği gibi; bu okullar bahçe duvar sınırları itibari ile çevresel EMA yoğunluğu oluşturan özellikle baz istasyonu ve iletişim sistemlerinin anten yayılımının güvenlik mesafesi dışında kalmalıdır. Bu, okulların kuruluş izni için bir kriter olarak alınmaktadır.

Hızlı iletişim ihtiyacı, bunu sağlayan sistemlerin hızlı gelişimini ve kullanımını da artırmıştır. Bu sebeple GSM sistemlerinin temel elemanlarından olan baz istasyonu sayısı da artış göstermiştir. Hatta sokak ve bina içi baz istasyonu sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda çalışan anne sayısının ve çekirdek aile yapılanmasının artması, çevremizde gündüz bakımevi, kreş ve anaokulu sayılarının hızla artmasına sebep olmuştur. Öyle ki çoğu okul bahçeli müstakil bir binada değil apartman daireleri ya da işyerlerinin bir katına konumlandırılmıştır.

Yapılan çalışma yukarıda belirtilen durumlar sebebiyle planlanmış, ölçümler günün farklı saatlerinde ve farklı zaman dilimlerinde tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler ülkemizde bu sistemlerin kurulumu ve işleyişinin izin ve takibini yapan BTK'nın Tablo 4 ve Tablo 5'te verilen standartlarına göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme 3. bölümde hazırlanan tablo ve çizilen grafiklere göre yapılmıştır. İncelememiz, frekans bölgesi itibari ile elektromanyetik alanın elektrik alan bileşeninin büyüklüğü temelinde yapılırsa da ortamda oluşan manyetik alan ve güç yoğunluğu değerleri de hesaplanarak tablolarda gösterilmiş ve grafikleri çizilmiştir.

Oluşturulan grafikler ve yapılan değerlendirmelerde EMA seviyesinin hangi kontrol noktasında daha yüksek veya düşük olduğunun kolayca anlaşılması açısından, limit değerler göz önünde bulundurularak ölçüm noktalarından elde edilen veriler, GSM

900 (900 MHz) bandında ortam limit değeri olan 28,8 V/m'ye bölünerek yüzde hesabı yapılmıştır.

Yeşil Deniz Kreş ve Gündüz Bakımevi'deki elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,059 V/m, 2019'da 0,4898 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 0,953 olarak hesaplanmıştır.

Ali Saruhan Anaokulu'nda elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,575 V/m, 2019'da 0,315 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,55 olarak hesaplanmıştır.

Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 1,001 V/m, 2019'da 0,521 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,64 olarak hesaplanmıştır.

Şevket Yardımcı İlkokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,995 V/m, 2019'da 0,301 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,25 olarak hesaplanmıştır.

Gülbahar Hatun Anaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,431 V/m, 2019'da 1,284 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,98 olarak hesaplanmıştır.

Çaykur Ortaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,313 V/m, 2019'da 0,324 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,11 olarak hesaplanmıştır.

Yeşilçay Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,667 V/m, 2019'da 0,969 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,84 olarak hesaplanmıştır.

Hacere Usta Anaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,521 V/m, 2019'da 0,728 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,17 olarak hesaplanmıştır.

Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,659 V/m, 2019'da 2,004 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 4,62 olarak hesaplanmıştır.

Çay Ortaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,746 V/m, 2019'da 1,357 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 3,65 olarak hesaplanmıştır.

Doğuş Çay İlkokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,141 V/m, 2019'da 0,715 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,47 olarak hesaplanmıştır.

Yeşil Doğa Koleji'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,069 V/m, 2019'da 0,222 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 0,505 olarak hesaplanmıştır.

Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 1,011 V/m, 2019'da 1,324 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 4,05 olarak hesaplanmıştır.

Kurtuluş İlkokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,559 V/m, 2019'da 0,422 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,70 olarak hesaplanmıştır.

Umut Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,43 V/m, 2019'da 0,6 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,79 olarak hesaplanmıştır.

Şirinler Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,393 V/m, 2019'da 0,742 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,97 olarak hesaplanmıştır.

Çilek Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,116 V/m, 2019'da 0,39 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 0,88 olarak hesaplanmıştır.

Atatürk Ortaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,908 V/m, 2019'da 0,534 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 2,50 olarak hesaplanmıştır.

Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 2,167 V/m, 2019'da 2,313 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 7,78 olarak hesaplanmıştır.

Bilge Anaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,992 V/m, 2019'da 1,262 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 3,91 olarak hesaplanmıştır.

TOBB İlkokulu'nda, ölçüm sonuçlarına göre, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 0,386 V/m, 2019'da 0,489 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 1,52 olarak hesaplanmıştır.

Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'nda, elektrik alan maksimum değeri anlık olarak 2018'de 1,025 V/m, 2019'da 3,034 V/m olarak ölçülmüştür. EMA yoğunluğu ortam limit değerine göre % 7,05 olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki paragraflarda ölçüm değerleri yüksek olarak ölçülen okullara ait yorumlar ayrıntılı olarak verilmiştir.

Yağmur Kreş ve Gündüz Bakımevi, iş merkezi olarak kullanılan bir binanın -2. katında bulunmaktadır. Okula 250 metre mesafede şehrin en sık kullanılan hastanesi konumlanmıştır. Hastane binası çatısında, birden fazla ve yakın mesafede bulunan baz istasyonlarının 2018 yılının sabah ölçümünde elde edilen maksimum elektrik alan değeri 1,001 V/m değerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Melekler Diyarı Kreş ve Gündüz Bakımevi'nde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen maksimum değer 2019 yılı öğleden sonra ölçümünde 2,004 V/m olarak elde edilmiştir. Okul binası, apartmanların arasında ve yaşam alanlarının gün içinde oldukça yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Ölçüm sonucu anlık olup okul binasının konumunun, sonucu etkilediği düşünülmektedir.

Benim Dünyam Kreş ve Gündüz Bakımevi'nin bulunduğu bölge, iki adet hastane, bir adet sağlık ocağı ve valilik binası gibi yaşam alanlarının gün içinde yoğunlaştığı hizmet binalarını içinde barındırmaktadır. Okul binasının yakınlarındaki bir cami minaresi baz istasyon kulesi olarak kullanılmaktadır. Okulun içinde bulunduğu bina, baz istasyonu güvenlik mesafesi dışında kalmasına rağmen 2019 yılı sabah ölçümünde elde edilen maksimum değer 1,011 V/m olarak ölçülmüştür.

Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'ndaki ölçüm sonucunda, 2018 yılı sabah ölçümünde 2,167 V/m, 2019 öğle ölçümünde 2,313 V/m maksimum elektrik alan değeri elde edilmiştir. Ölçüm noktasına yaklaşık 100 metre mesafede bir baz istasyon kulesi gözlemlenmiştir.

Gülbahar Hatun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Uygulama Anaokulu'na yaklaşık 150 metre mesafede bulunan Bilge Anaokulu ölçümlerinden elde edilen maksimum elektrik alan değeri 2019 yılı öğle ölçümünde elde edilmiş ve değeri 1,262 V/m olarak ölçülmüştür.

Şehit Şuayip İmam Hatip Ortaokulu'nda elde edilen maksimum elektrik alan değeri 2019 yılı sabah ölçümünde 3,034 V/m olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, tez çalışması dahilinde elde edilen en yüksek değerdir. Ölçüm noktası, yaşam alanlarının fazla olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Ölçüm sonucu elde edilen bu değer ölçüm cihazının yakaladığı anlık bir değer olup, okul çevresinde baz istasyonu veya ölçüm sonucunu etkileyecek herhangi bir tespit yapılamamıştır.

EMA yoğunluğu çevre kirliliği unsurları arasında yer aldığından dolayı sonuç çıkarımını bu tanımlama üzerinden yaparsak, ölçüm bölgemizde uzun süreli çok yüksek EMA kirliliği tespit edilmemiştir. Çevresel kaynaklı EMA değerleri, farklı zaman

dilimlerinde kullanım kaynaklı anlık olarak yüksek çıkabilmektedir. Ortalama değerlere bakıldığında elde edilen değerlerin düşük olması bu değerlerin sürekli olmadığını göstermektedir.

Yaşam alanı ve işyeri sayısının fazla olduğu, mahalle ya da çarşı içerisinde bulunan ölçüm noktalarında elde edilen EMA yoğunluğu, diğer sakin bölgelere göre nispeten daha yüksek çıkmıştır. Güvenlik mesafesi dışında olsa bile yakınında baz istasyonu olan okullarda da anlık olarak yüksek değerler ölçülmüştür.

Yüksek olarak tanımlanan değerler her ne kadar BTK limit değerlerinin altında kalsa da sürekli maruziyet düşünüldüğünde EMA kaynaklı stres, baş ağrısı ve tanımlanamayan huzursuzluğa sebep olabilmektedir. Özellikle bağışıklık sistemi zayıf olan yaşlı ve çocukların hatta hamilelerin uzun vakit geçirdikleri yaşam alanları içerisinde EMA yoğunluğunun yüksek olmaması gerekmektedir. Bu sebeple bu sebeple anaokulu ve kreş gibi çocukların çok olduğu okullar elektromanyetik kirlilik seviyesinin düşük olduğu yerlerde bulunmalıdır.

5. ÖNERİLER

Yönetmeliklerde belirtilen kuruluş şartlarından biri olan, baz istasyonlarının anten yayılımlarında etkin olan güvenlik mesafesinin okul bahçe duvarlarının dışında kalması, daha önce bina kapısı olan sınırın bahçe duvarına genişletilmesi, bu konuya gösterilen önemin bir sonucudur. Bu sebeple okul bölgelerinde devamlı olarak EMA seviyelerinin ölçüm ve takibi yapılmalıdır.

Okul içlerinde kullanılan teknolojik cihazlar, internet erişimi için kullanılan sistemler ile öğretmen ve öğrencilerin cep telefonlarının oluşturduğu alan yoğunluğu, kullanıma bağlı olarak belirli bir EMA seviyesi oluşturmaktadır. Bu yüzden dış kaynaklı ve sürekli olan EMA kirliliği takip edilmelidir. İnsanların yoğun olarak yaşadıkları bölgelerde olan ve yakınında baz istasyonu bulunan okullarda, bu ölçümler daha sık yapılmalıdır.

Ayrıca baz istasyonu antenleri insanların maruziyetini en aza düşürecek şekilde konumlandırılmalıdır. Merkezi bölgelere hizmet veren gücü yüksek tek bir baz istasyonu yerine birden fazla ve gücü düşük baz istasyonları kurulmalıdır. Yaşam alanlarının içinde ve çevresinde kendisinden yüksek katlı yapı bulunan bina çatılarına gücü yüksek baz istasyonları kurulmasına izin verilmemelidir.

Cep telefonu kullanımı, ihtiyacı karşılayacak şekilde olmalı, gereksiz ve uzun kullanımlardan kaçınılmalıdır. İhtiyaç yok ise ve özellikle dinlenmede iken cep telefonları bedenimizden uzak noktada bulundurulmalıdır. Cep telefonu alınırken SAR değeri düşük olanlar tercih edilmelidir. Cep telefonu üreten firmalara bu değerini seviyesini belirten işaretler koymaları zorunlu hale getirilmelidir. İnternet erişimi için evlerde kullanılan sistemler yatak odalarına ve çocuk odalarına kurulmamalıdır. Bu sistemlerin ve cep telefonlarının birer EMA kaynağı oldukları unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Ada, N., 2007.** Örgütsel İletişim ve Yeni Bilgi Teknolojileri; Örgütsel İletişim Ağları, Ege Akademik Bakış, 7(2), 543-551.
- Arcece, A.,1998.** British Scientific and Medical News, London Press Service October, 363, 316-371.
- Aygün, T., 2018.** Samsun İlindeki Hastanelerde Kısa Ve Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri ve Değerlendirmeler. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, 78s.
- Balıkçı, K., 2004.** Elektromanyetik Dalgaların İnsan Sağlığına Etkilerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılan Deneylerde Kullanılacak Düzenekler İçin Gereksinimler Ve Hazırlama Aşamaları, Elazığ, 31s.
- BTK, 2018.** BTK Kurs Notları. Ankara, Türkiye, 60s.
- Çerezci, O., Kartal, Z., Pala, K., Türkkan, A., 2012.** Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri, Bursa, 132s.
- Çerezci, O. and Çitkaya, A.Y., 2014.** Study of Electromagnetic Risk Analysis in Hospitals. AMEREM 2014, 27-31 July, Book of Abstracts, Albuquerque, New Mexico, 375s.
- ÇVSGB, 2014.** Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması Ve Sonuçlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2014, 178s.
- Dilek, B., 2014.** Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Alanının Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 76s.
- Düzgün, S., 2009.** Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 135s.
- Elhasoğlu, D., 2006.** Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 47, 135s.
- Frey, A., 1994.** On the Nature of Elektromagnetic Field Interactions with Biological Systems, New York, 211s.
- Franco, G., Perduri, R. and Murolo, A., 2008.** Health Effects Of Occupational Exposure To Static Magnetic Fields Used In Magnetic Resonance Imaging, A Review, Indexed for Medline, Jan-Feb 99(1), 16-28.

- Grunner, O., 1980.** Intermittent electromagnetic fields and their effect on awareness and headache. *FysiatrRevmatol. Vestern*, 203s.
- Hanada, E., 2007.** The Electromagnetic Environment Of Hospitals: How It Is Affected By The Strength Of Electromagnetic Fields Generated Both Inside And Outside The Hospital. *Ann Ist Super Sanita*, 43, 208-217.
- ICNIRP, 1998.** Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, 74(4), 494–522.
- İlhan, M.N., 2008.** Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması Ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 43, 68s.
- Morgül, A., 2000.** Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'ne Giriş, İstanbul, 232s.
- NARDA, 2009.** Basic Insights Safety In Electric, Magnetic And Electromagnetic Fields, Germany, 12-20s.
- NARDA, 2010.** NARDA SRM 3006 Kullanma Kılavuzu, Almanya, 226s.
- Kheifets, L., Ahlbom, A., Johansen, C., Feychting, M., Sahl, J. and Savitz, D., 2007.** Extremely Low- Frequency Magnetic Fields and Heart Disease. *Work Environ Health*. Los Angeles, 326s.
- Kurnaz, Ç. ve Engiz, B.K. 2016.** Elektromanyetik Kirlilik Ölçümleri ve Değerlendirmeler: Bir Alışveriş Merkezi Örneği. *URSI-TÜRKİYE 2016 VIII. Bilimsel Kongresi*, 1-3 Eylül, Bildiri Özetleri Kitabı, ODTÜ, Ankara.
- Kurnaz, Ç. ve Aygün, T. 2018.** Elektromanyetik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi: Ankara Örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 650- 659.
- Lai, H., Singh, N.P., 2004.** Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect*, China, 694s.
- Loomis, D.P., Savitz, D.A., 1990.** Mortality from brain cancer and leukaemia among electrical workers. *British Journal of Industrial Medicine*, 47(9), 633-638.
- Lee, GM., Neutra, R.R., 2002.** A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidem* 13, 21-31.
- Nordström, S., Birke, E. And Gustavsson, L., 2004.** Reproductive Hazards Among Workers at High Voltage Substations. *Bioelectromagnetics*. London and New York 461s.
- Özdemir, A.R., 2001.** Elektromanyetik dalgaların yayılımı ve dönüşüm formülleri. Telekomünikasyon Kurumu Spektrum İzleme ve Denetleme Daire Başkanlığı, Ankara, 34 s.

- Özdemir, A.R., 2004.** Ankara, İstanbul ve İzmir şehirlerinde elektromanyetik kirlilik haritasının hazırlanması ve elektromanyetik kirliliğin azaltılması yönünde öneriler. Uzmanlık Tezi, Telekomünikasyon Kurumu, Ankara, 125 s.
- Podd, J. Abbott, J. 2002.** Brief exposure to a 50 Hz, 100 mT magnetic field Effects on reaction time, Accuracy And Recognition Memory, New Zealand, 195s.
- Polat, A.Ö., 2013.** Karaman İli Şehir Merkezi Ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi' nin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, Türkiye, 95.
- Reiter, R.J., 1997.** Aging and Oxygen Toxicity: Relation to Changes in Melatonin. Age. 20, 201-213.
- Sarıkahya, N.M., 2014.** Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması ve Sonuçlarının İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 103.
- Sobel, E., Davanipour, Z., Sulkava, R., Erkinjuntti, T., Wikstrom, J., Henderson, V.W., Buckwalter, G., Bowman, J.D. and Lee, P.J., 1996.** Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for Alzheimer's disease. Los Angeles, 43, 148s.
- Şeker, S. Çerezci, O. 1994.** Elektromanyetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 17-35, 141, 416s.
- T.C. Resmi Gazete, 2009.** Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesine İlişkin Yönetmelik. (27230 Mükerrer), 16.05.2009.
- T.C. Resmi Gazete, 2018.** Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Taslağı. (30394 mükerrer), 12.4.2018.
- URL-1, 2018.** Lochner, J., Regions of the Electromagnetic Spectrum, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/known_11/spectrum_chart.html (14 Aralık 2018).
- URL-2, 2018.** <https://www.mynet.com/baca-gorunumlu-baz-istasyonu-180100041372> (12 Aralık 2018).
- URL-3, 2018.** <https://www.sakaryayenihaber.com/64838-seker-mahallesi-sakinlerinden-baz-istasyonu-tepkisi-haberi.html> (12 Aralık 2018).
- URL-4, 2018.** <https://www.timeturk.com/tr/2011/07/31/baca-icinde-baz-istasyonu-olurmu-demeyin.html> (12 Aralık 2018).

- Wertheimer, N. Leeper, E. 1979.** Electrical wiring Configuration and Childhood Cancer, American Journal of Epidemiology, 109, 273-284.
- WHO, 1993.** Environmental Health Criteria on Electromagnetic Fields 300Hz – 300 GHz Geneva, 137s.
- Yaman, E., 2011.** Hastane Ortamında Elektromanyetik alan Etkilerinin Ölçüm Yoluyla Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye ,19-20.
- Yıldız, B., 2009.** İzmir'de iki Ayrı Sağlık Merkezi Bölgesindeki Süt Çocuklarının Yaşadığı Ortamda Elektromanyetik Alan Ölçümü, Uzmanlık Tezi, Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İzmir, Türkiye, 65s.



ÖZGEÇMİŞ

Kübra MEMİŞOĞLU 30.06.1990 tarihinde Bursa’da doğdu. İlköğretimini 2004 yılında Bursa’nın Gürsu ilçesinde Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu’nda, Ortaöğretimini 2008 yılında Bursa’nın Osmangazi ilçesinde Şükrü Şankaya Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2008 yılında başladığı lisans eğitimini 2012 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü’nde tamamladı. 2015 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir. 2018 yılında BTK tarafından düzenlenen programa katılarak “Elektromanyetik Alan Ölçüm Yetki Belgesi” almaya hak kazanmıştır.