



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVŞAR KAMPÜSÜNDE ELEKTROMANYETİK
ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ VE
HARİTALANDIRILMASI**

GLNIHAL ÖZSAATCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOMÜHENDİSLİK VE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AVŞAR KAMPÜSÜNDE ELEKTROMANYETİK
ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ VE
HARİTALANDIRILMASI

GÜLNIHAL ÖZSAATCI

Bu tez,
Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Gülnihal ÖZSAATCI tarafından hazırlanan “Avşar Kampüsünde Elektrik Alan Şiddetinin Ölçülmesi ve Haritalandırılması” adlı bu tez, jürimiz tarafından 20/06/2019 tarihinde **oy birliği** ile Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT (DANIŞMAN)

.....

Fizik Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan SERİN (ÜYE)

.....

Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Süleyman KERLİ (ÜYE)

.....

Fizik Anabilim Dalı

İstiklal Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksizsiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gülnihal ÖZSAATCI



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

AVŞAR KAMPÜSÜNDE ELEKTRİK ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Gülnihal ÖZSAATCI

ÖZET

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde belirli aralıklarla 13 farklı noktada iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından yayımlanan radyo frekans kökenli radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde frekans aralığı 1MHz-9.4GHz olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve Narda NBM-550 geniş bant ölçer ile EF-0691 probe (100Khz-6GHz) olmak üzere iki farklı elektromanyetik alan ölçer cihazı kullanıldı. Ölçümler, aynı noktada aynı gün içerisinde sabah 10.00-12.00 ve öğleden sonra 16.00-18.00 saatlerinde olmak üzere iki kez yapılmıştır. Her bir ölçümün anlamlı bir sonucu olabilmesi için ulusal ve uluslararası kurumların önerdiği gibi ölçümler en az altışar dakika boyunca yapılmıştır.

Bulunan sonuçlar, Türkiye Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından belirlenen ve 21 Nisan 2011 tarihinde 27912 sayılı resmi gazetede yayımlanan elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkındaki yönetmelikte ortamın toplam limit değerleri, ICNIRP'nin limit değerleri ile aynı olan, sırasıyla, GSM 900 MHz'de E için 41.25 V/m, H için 0.111 A/m ve S için 4.5 W/m²; GSM 1800 MHz'de E için 58.34 V/m, H için 0.157 A/m ve S için 9 W/m² ve 2100 MHz'de (UMTS) E için 61 V/m, H için 0.16 A/m ve S için 10 W/m² olarak tanımlanan değerlerle karşılaştırıldı. Ölçümlerden elde edilen değerlerin tümünün (E, H ve S) BTK ve ICNIRP gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından tanımlanan değerlerden daha küçük olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Baz istasyonu, Radyasyon, Cep telefonu, İnsan sağlığı, ICNIRP

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Eylül / 2019

Danışman: Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT

Sayfa sayısı: 84

MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELD STRENGTH IN AVSAR CAMPUS AND MAPPING

(M.Sc. THESIS)

Gülnihal ÖZSAATCI

ABSTRACT

In this study, the measurements of the electric field strength, magnetic field strength and the equivalent plane wave power density in 13 different points at regular intervals, about within 250 m intervals in Kahramanmaraş St İmam University Avşar campus were performed. In the measurements, two different electromagnetic field meter devices were used the Aaronia Spectran HF-60105 V4 Portable Spectrum Analyzer which has frequency range of 1MHz-9.4GHz and Narda NBM-550 wide band meter with the EF 0691 probe (100Khz-6GHz). Measurements were done on the same day and at the same points at two different time intervals including the mornings (10.00am-12.00pm) and afternoons (16.00pm-18.00pm). The measurements have lasted at least through six minutes as national and international organizations advised to obtain a significant result for each measurement.

The results obtained were compared with the total limit value of the medium in the regulation about determination of the exposure limit values, control and supervision according to international standards electromagnetic field strength of the resulting from electronic communication devices which was published, in the Official Gazette of the Turkish Republic numbered 27912, on 21 April 2011, these values designated by Turkey's Information Technologies and Communications Authority, which are the same as the limit values of ICNIRP and are in GSM 900 MHz 41.25 V/m for E, 0.111 A/m for H and 4.5 W/m² for S; in GSM 1800 MHz 58.34 V/m for E, 0.157 A/m for H and 9 W/m² for S and in 2100 MHz (UMTS) 61 V/m for E, 0.16 A/m for H and 10 W/m² for S, respectively. It is understood that all of the values obtained from measurements (E, H and S) are smaller than the limit values determined for non-ionizing radiation defined by national and international institutions such as BTK, ICNIRP and IEEE/FCC.

Keywords: Base station, Radiation, Cell phone, Human health, ICNIRP

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Bioengineering and Sciences, May/ 2019

Supervisor: Prof. Dr.Ömer SĖ Page
Numbers: 84

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimi yöneten, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve çalışmamın her aşamasında sağladığı bilimsel katkılardan dolayı üzerimde büyük emeği olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT'e teşekkür ederim.

Son olarak, yüksek lisans eğitimim ve tez aşaması süresince üzerimde manevi desteklerini her daim gördüğüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Gülnihal ÖZSAATCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrik Alan	2
1.2. Manyetik Alan	3
1.3. Elektromanyetik Alanlar	5
1.4. Elektromanyetik Dalga	7
1.5. Elektromanyetik Spektrum.....	8
1.6. Biyolojik Sistemlerdeki EM Etkileşimler	10
1.7. Elektromanyetik Kirlilik Kaynakları.....	12
1.8. GSM Sistemi ve Yapısı	13
1.9. Hücresel Haberleşme Sistemi.....	14
1.10. Baz İstasyonları	14
1.11. Radyofrekans Elektromanyetik Alana Maruz Kalma ve Risk Algısı.....	15
1.12. İletişim Standartları	17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
3. MATERYAL VE METOD	24
3.1. Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğunun Hesaplanması	34
3.2. Bir Telekomünikasyon Cihazından Güvenlik Mesafesinin Hesaplanması	35
3.3. Radyo Dalgalarına Çevresel Etkileri	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 1.1. a) Tek nokta yükün oluşturduğu E alanının kuvvet çizgileri.....	2
Şekil 1.2. Manyetik Alan Kuvvet Çizgileri.....	4
Şekil 1.3. Elektromanyetik Dalga	7
Şekil 1.4. Elektromanyetik Spektrum	9
Şekil 1.5. Hücresel Ağ Yapısı	14
Şekil 1.6. GSM baz aktarım istasyonlarında kullanılan tipik antenlerin ışıma görüntüsü (TÜBİTAK,2001)	15
Şekil 3.1. NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer	28
Şekil 3.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bilgisayar (Söğüt, 2016)	29
Şekil 3.3. Avşar Kampüsü boyunca ölçüm yapılan noktaların uydu haritası.....	29
Şekil 3.4. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.	30
Şekil 3.5. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.	30
Şekil 3.6. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.	31
Şekil 3.7. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.	31
Şekil 3.8. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.	32
Şekil 3.9. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.	32
Şekil 3.10. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.	33
Şekil 3.11. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu	33

Şekil 3.12. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.	34
Şekil 4.1. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	43
Şekil 4.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 4.3. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	45
Şekil 4.4. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 4.5. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında UMTS 2100 MHz frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.6. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 4.7. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 4.8. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 4.9. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	51
Şekil 4.11. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS)	

frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması	53
Şekil 4.12. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması	54
Şekil 4.13. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması	55
Şekil 4.14. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması	56
Şekil 4.15. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması	57
Şekil 4.16. NARDA NBM-550 CİHAZI VE EF0691 KODLU PROBU Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.17. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	59
Şekil 4.18. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması.....	60
Şekil 4.19. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	61
Şekil 4.20. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	62
Şekil 4.21. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında	

ölçülmüş olan ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması şiddetlerinin karşılaştırılması.....	63
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No:

Çizelge 1.1. Maxwell Denklemleri.....	6
Çizelge 3.1. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün özellikleri.....	25
Çizelge 3.2 NBM-550 geniş bant elektromanyetik alan ölçerin özellikler	26
Çizelge 3.3 EF0691 probunun özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. GSM 900 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998 ; BTK,2011	38
Çizelge 4.2. GSM 1800 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998 ; BTK,2011	39
Çizelge 4.3. UMTS 2100 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998 ; BTK, 2011).....	40
Çizelge 4.4. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 16.00-18.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması ...	41
Çizelge 4.5. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu ile Avşar Kampüsünde Öğleden Önce ve Öğleden Sonra Yapılan Elektrik Alan, Manyetik Alan Güç Yoğunluklarının Ölçüm (Ortalama) Değerleri.	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

RF	: Radyofrekans (Radiofrequency)
GSM	: Mobil İletişim için Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications)
DCS	: Sayısal hücresel sistem (Digital Cellular System)
UMTS	: Evrensel Mobil İletişim Servisi (Universal Mobile Telecommunications Service)
GPS	: Küresel Yer Belirleme Sistem (Global Positioning System)
EMF	: Elektromanyetik alan (Electromagnetic Field)
EMR	: Elektromanyetik radyasyon (Electromagnetic Radiation)
MW	: Mikrodalga (Microwave)
ELF	: Aşırı derece düşük frekans (Extremely Low Frequency)
SAR	: Spesifik Soğurma Oranı
FCC	: Federal İletişim Komisyonu
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
V	: Volt
A	: Amper
W	: Watt
E	: Manyetik alan
EMA	: Elektromanyetik alan
ANSI	: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
EPA	: Çevre Koruma Ajansı (ABD)
FDA	: Gıda ve İlaç İdaresi (ABD)
ICRP	: Uluslararası Radyasyondan Koruma Komitesi
NRPB	: İngiltere Milli Radyasyondan Koruma Komitesi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
ICRU	: Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
ICNIRP	: Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
NCRP	: Radyasyondan Korunma ve Ölçümleri Ulusal Konseyi
NIOSH	: Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (ABD)
NRPB	: Ulusal Radyasyondan Korunma Kurulu (Birleşik Krallık)

OSHA : Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (ABD)

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

Hz : Hertz

BTK : Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

BS : Baz İstasyonu (Base Station)

A : Alfa

B : Beta

γ : Gama



1. GİRİŞ

Dünya da milyarlarca yıldır yaşayan organizmalar belirli oranda manyetik alanlara maruz kalırlar ve az miktarda da olsa elektromanyetik alan (EM) oluşturan karmaşık bir sisteme sahiptirlerdir. Bu canlıların genel özelliği EM alanlarına adapte olmuş olmalarıdır. Düşükten en yükseğe kadar bu alanların canlılar ile nasıl etkileştiği sorusu büyük ilgi çekmiştir. Bilim adamları yıllardır süren çalışmaları ile EM alanlarının biyolojik yapılarla nasıl etkileştiğini açıklamaya çalışmaktadır. Cevap ise hücreler ve dokuların nasıl etkilendiğinin bulunması ve biyolojik sistemlerin nasıl etkileştiğinin bulunması açısından önemlidir. Biyoloji ve mühendislik alanlarından uzmanların bir araya gelerek yaptıkları araştırmalarla alanlarının biyolojik yapılarla nasıl etkileştiğini açıklaması ve bunun için nasıl uygulanacağı açısından önemli rol oynamaktadır. Çünkü teknolojinin gelişimine bağlı olarak elektromanyetik alanların (EMA) kullanımı ve uygulama alanları da giderek artmaktadır. Bunun sonucunda insanlar ve diğer tüm canlılar EMA ile etkileşim içinde bulunmaktadır. Bugün EMA çevremizi tamamen kuşatan fakat göz ile görünmeyen alanlardır. Günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olan radyo, televizyon, cep telefonu, elektrik motoru, bilgisayar, v.b. gibi elektronik cihazlar güçleri oranında EMA meydana getirirler. Meydana gelen bu alanların insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri bilim insanların en çok çalıştıkları konulardan birini oluşturmaktadır. Elektromanyetik kirlilik diğer çevre kirliliklerinin aksine etkilerinin hemen ortaya çıkmamasından dolayı yeterince önemsenmemektedir. Bu nedenle, yaşadığımız ortamların elektromanyetik alan şiddeti ölçümlerinin yapılarak haritalandırılması gereklidir.

Elektromanyetik yayılmalar elektromanyetik radyasyon olarak da tanımlanırken ; EMA kabaca elektrik yüklerinden kaynaklanana enerji taşıyan ve tüm uzayı delip geçen fiziksel bir etki (alan) olarak tanımlanabilir. EMA elektrik ve manyetik alanın birleşimi olarak dikkate alınır. Elektrik ve manyetizmanın gerçekte birbirleriyle ilişkili olduğu 19. yüzyılın başlarında ortaya konuldu. Hans Oersted 1819'da, akım geçiren bir elektrik devresi yakınına konulan bir pusula iğnesinin saptığını belirledi. Michael Faraday ve Joseph Henry 1831 de , hemen hemen aynı zamanda, bir telin bir mıknatıs yakınında (veya eşdeğer biçimde bir mıknatısın bir tel yakınında) hareket ettirilmesiyle telde bir akım oluştuğunu gösterdiler. James Clark Maxwell 1873 de, bu gözlemleri ve başka deneysel olguları bugün bildiğimiz elektromanyetik yasaları formüllemekte temel olarak kullandı. Kısa bir süre sonra (1888 dolaylarında) Heinrich Hertz, elektromanyetik dalgaları

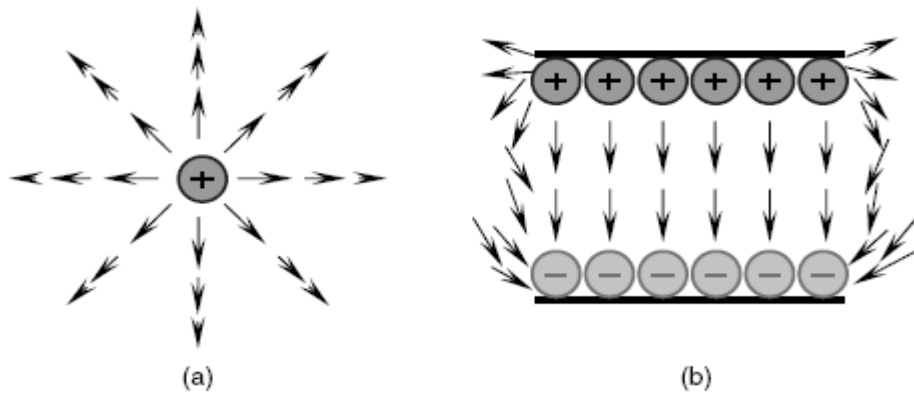
laboratuvarında oluşturarak Maxwell'in öngörülerini doğruladı. EMA başlıca elektrik ve manyetik alandan oluşur.

1.1. Elektrik Alan

EMA'nın bir parçası olan elektrik alan ($\vec{E}$) yüklü bir cimin etrafında oluşturduğu alandır. Uzayda bir noktadaki ($\vec{E}$) alanı pozitif test yükün q_0 etkisiyle ($\vec{F}$) kuvveti olarak tanımlanır.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (1.1)$$

Bu alan test yükünün kendinin oluşturduğu değil, test yükünün etrafında var olan yükler tarafından oluşturulan alandır. Vektörel bir büyüklük olan $\vec{E}$ alanın birimi Newton/Coulomb (N/C) ve boyut olarak eşdeğeri volt/metre (V/m) dir. Elektriksel alanlar kuvvet çizgileri ile gösterilirler. Pozitif tek bir yükün etrafında oluşturduğu $\vec{E}$ alanının kuvvet çizgileri pozitif yükten uzaklaşacak şekilde, negatif tek bir yükün oluşturduğu $\vec{E}$ alanının kuvvet çizgileri ise negatif yüke yaklaşacak şekildedir. Pozitif tek bir yük için $\vec{E}$ alanının kuvvet çizgileri Şekil 1.1a da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, yükten uzaklaştıkça çizgilerin büyüklüğü yani $\vec{E}$ alanın şiddeti azalmaktadır. Şekil. 1.1b 'de yüklü iki tabaka arasında oluşturulan düzgün $\vec{E}$ alanı görülmektedir. Tabakalar arasında ki $\vec{E}$ alanı pozitif yüklü tabakadan başlayıp negatif yüklü tabakada son bulmaktadır. Ayrıca tabaka kenarlarında düzgün olmayan elektrik alanı oluşmaktadır.



Şekil 1.1. a) Tek nokta yükünün oluşturduğu $\vec{E}$ alanının kuvvet çizgileri
b) Yüklü iki tabaka tarafından oluşturulan $\vec{E}$ alanı kuvvet çizgileri

$\vec{D}$ ile gösterilen elektrik akı yoğunluğu (veya elektrik deplasman vektörü) birim alandaki eşdeğer yük cinsinden $\vec{E}$ alanının ölçüsü olarak tanımlanır. $\vec{D}$ nin birimi Coulomb/m² olarak verilir. Dielektrik maddeler (örneğin biyolojik dokular) için $\vec{D}$ direkt $\vec{E}$ alanı ile orantılıdır ve aşağıdaki eşitlikle gösterilir

$$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E} \quad (1.2)$$

Burada ϵ ortamın Farad/metre (F/m) cinsinde dielektrik sabitini göstermektedir. Dielektrik sabiti dielektrik ortamın temel özelliklerini ifade eden bir sabittir. Genelde dielektrik ortamlar yalıtkan maddeleri temsil eder. Bir ortamın dielektrik sabiti ϵ , ϵ_0 ve ϵ_r gibi iki farklı nicelik ile tanımlanabilir. Burada $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12}$ F/m boşluğun dielektrik sabitini ve birimsiz olan ϵ_r ortamın bağıl geçirgenliğini tanımlamaktadır. Bu sabit birbirlerine aşağıdaki eşitlikle bağlıdır.

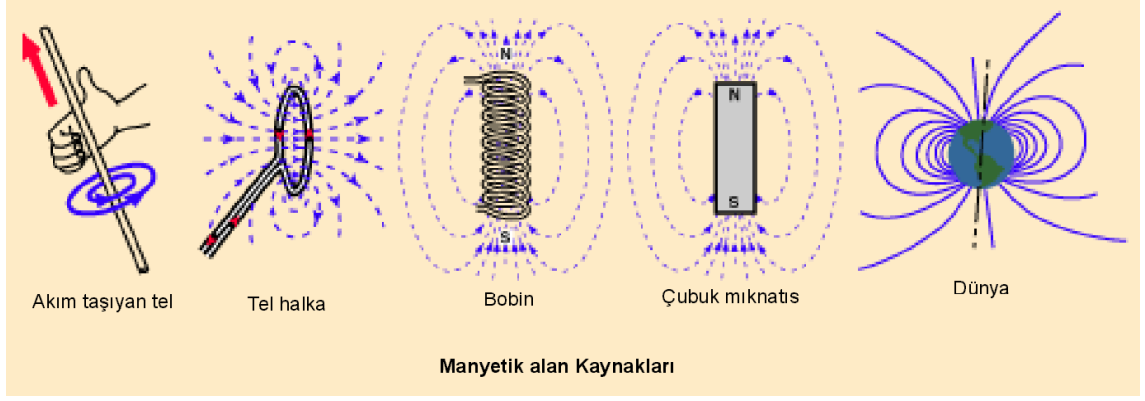
$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad (1.3)$$

Boş uzay için $\epsilon_r = 1$ dir. Bu değer birçok uygulamada hava için kullanılan değerdir. Birçok biyolojik madde için dielektrik sabitinin değeri 1 ile 80 arasında değişir.

$\vec{D}$ ve $\vec{E}$ aynı yönlü vektörlerdir ve izotropik ortamlar için gerçel değerlere sahiptirler. $\vec{D}$ ve $\vec{E}$ nicelikleri EMA iki ana çiftinden birini oluşturur. Diğer çift manyetik alanlardan oluşur.

1.2. Manyetik Alan

$\vec{E}$ alanı yükler arasında kuvvet olarak tanımlanır ki bu kuvvet yükler arasındaki doğrultu boyunca etkimektedir. Bu yüklerin hareket etmesiyle yeni bir kuvvet ortaya çıkar. Bu kuvvet manyetik alan yoğunluğunu $\vec{B}$ tanımlar. $\vec{H}$ alanı vektörel bir büyüklüktür ve boş uzaydaki veya iletken içindeki hareketli yüklerden kaynaklanır. Manyetik alan çizgileri daima kapalıdır. Şekil1.2 de farklı manyetik alan kaynaklarının oluşturduğu manyetik alan kuvvet çizgileri gösterilmiştir (Çolakoğlu,2007).



Şekil 1.2. Manyetik Alan Kuvvet Çizgileri (Web 1)

Manyetik alanın birimi Amper/metre (A/m) olarak verilir. Eğer telden geçen akım doğru akım (DC) ise oluşan manyetik alan bir mıknatısın etrafında oluşturduğu manyetik alan gibi karardır.

Eğer telden geçen akım alternatif akım (AC) ise, yani akım karalı değilse, tel etrafında manyetik alanın yanı sıra bir de elektrik alan oluşacak, başka bir deyişle elektromanyetik alan oluşacaktır. Oluşan değişken $\vec{H}$ ve $\vec{E}$ alanın frekansları birbirinin aynıdır.

Manyetik alanlar kolaylıkla insanları binaları ve birçok maddeyi delip geçer. Genel olarak manyetik alan kaynak yakınında güçlü, kaynaktan uzaklaştıkça mesafeye bağlı olarak azalmaktadır. İnsanlar manyetik alanın varlığını hissedemezler ama yüksek seviyedeki manyetik alanlar geçici olarak magnetofosfenes (*magnetophosphenes*) adı verilen göz kırpmasına sebep olur. Bu geçici durum manyetik alan ortadan kaldırıldığında kendinden yok olur (Riadh , 2008)

Bir ortamın kesit alanından geçen manyetik alan, $\vec{H}$ ile gösterilen manyetik akı yoğunluğu olarak adlandırılır. Manyetik alan $\vec{H}$ ile manyetik akı yoğunluğu $\vec{B}$ arasındaki vektörel ilişki aşağıdaki formülle verilir.

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (1.4)$$

Burada μ ortamın manyetik geçirgenliğini ifade eder ve birimi Henry/metre (H/m) dir.. Manyetik geçirgenlik maddenin manyetik özelliklerini ifade eder . Bir ortamın manyetik geçirgenliğini μ , μ_0 , ve μ_r , gibi üç farklı nicelik belirler. Burada $\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ H/m boşluğun manyetik geçirgenliğini, birimsiz olan μ_r ise boşluğa göre bağıl (relatif)

manyetik geçirgenliği ifade eder. Bu üç büyüklük arasındaki ilişki ;

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (1.5)$$

ile verilir. Boşluğun bağıl manyetik geçirgenliği $\mu_r = 1$. Maddeler μ_r değerlerine bağılı olarak diyamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik olarak sınıflandırılır. Demir, nikel ve kobalt gibi ferromanyetik maddeler hariç birçok maddenin bağıl manyetik geçirgenliği boşluğun manyetik geçirgenliğine eşittir.

Manyetik akı yoğunluğu $\vec{B}$ nin birimi Weber/metre kare (Wb/m^2) dir. Bir $\text{Wb} = \text{Volt-saniye}$ olarak ifade edilir. Ayrıca $\text{Wb/m}^2 = \text{Tesla (T)}$, ve $\text{T} = 10^{-4} \text{ Gauss(G)}$. Bunlara ilave olarak $\vec{B}$ ' nin birimi Oersted (Oe) olarak da ifade edilir. Bu birimlerin birbirine dönüşümü aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} 1\text{G} &= 10^{-4}\text{T} \\ 1\text{A/m} &= 4\pi \times 10^{-3} \text{Oe} \\ 1\text{T} &= 1 \text{Wb/m}^2 \\ 0,1 \text{mT} &= 1 \text{mG} \\ 1 \text{mT} &= 10 \text{mG} = 0,8 \text{A/m} \end{aligned} \quad (1.6)$$

S yüzeyinden geçen manyetik akı yoğunluğu olarak ifade edilen manyetik akı Φ (Weber) ile gösterilir ve

$$\varphi = \int_s \mathbf{B} d_s \quad (1.7)$$

şeklinde bağıntı ile verilir.

1.3. Elektromanyetik Alanlar

Elektromanyetik alan, elektrik alanın ve manyetik alanın ortak adıdır. Elektromanyetik alanları tüm uzayı delip geçen kuvvet alanları şeklinde tanımlamak mümkündür. Faraday ve Maxwell yüklerin hareketlerinden kaynaklandığı ve zamana bağılı olarak değişen manyetik alanın bir elektrik alan oluşturacağını ve aynı şekilde elektrik alanında bir manyetik alan oluşturacağını buldular ve formülleştirdiler. Elektrik ve

manyetizmanın temelini oluşturan ve Maxwell denklemleri olarak bilinen dört denklem elektrik ve manyetik alanların maddeyle etkileşimlerini açıklayan bir settir. Bu denklemler sırasıyla, elektrik alanın elektrik yükler tarafından oluşturulduğunu (Gauss Yasası), manyetik alanın kaynağının, manyetik yükün olmadığını, yüklerin ve değişken elektrik alanların manyetik alan ürettiğini (Ampere-Maxwell Yasası) ve değişken manyetik alanın elektrik alan ürettiğini (Faraday'ın indüksiyon Yasası) gösterir. Bu denklemlerin diferansiyel ve integral formu Tablo 1.1 de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Maxwell Denklemleri

Yasa Adı	Diferansiyel Biçim	İntegral Biçim
Gauss Yasası:	$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$	$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = \int_V \rho dV$
Manyetizma için Gauss Yasası (manyetik alanın kaynağı yoktur):	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$
Faraday'ın indüksiyon yasası:	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$
Ampère Yasası (Maxwell'in eklemesiyle):	$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_i + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\oint_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_S \mathbf{J}_i \cdot d\mathbf{A} + \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A}$

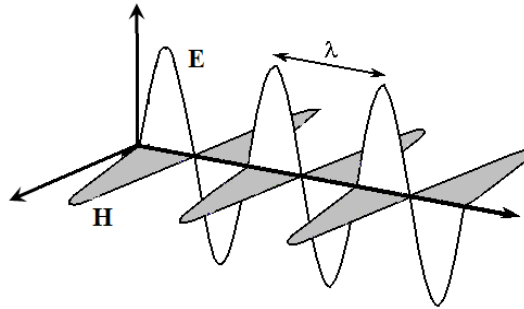
Bura da verilen denklemlerdeki $\vec{\nabla}$ (del diye okunur) ifadesi bir vektör operatörüdür. Birimi siemens/metre (S/m) olan σ terimi ortamın iletkenliğini, coulomb/(metre)³ (C/m³) birimli ρ terimi hacimsel yük yoğunluğunu ifade eder. Denklemlerdeki $(\nabla \times)$ ifadesi rotasyoneli, $(\nabla \cdot)$ ifadesi diverjansı ifade eder.

Maxwell eşitlikleri elektrik ve manyetik alan arasındaki ilişkiyi özetleyen denklemlerdir. Bu denklemlerden Gauss yasasının anlamı elektrik alanın skaler kaynağının yük yoğunluğu olduğudur veya elektrik alanın noktasal olarak yüklerde sonlandığını belirtmektedir. Herhangi bir kapalı yüzeydeki elektrik alanın akısı o yüzeyin içindeki toplam yük ile doğru orantılıdır. Magnetik alan için Gauss yasası olarak bilinen ikinci denklemin anlamı magnetik alanın skaler kaynağının olmadığıdır (magnetik yük yoktur) veya magnetik alanın hep kendi üzerine sonlandığıdır. Herhangi bir kapalı yüzeydeki magnetik alanın akısı sıfırdır. Faraday yasasının anlamı elektrik alanın vektörel kaynağının, zamanla değişen magnetik akı olduğudur. Ampère yasası magnetik alanın kapalı bir halka boyunca çizgisel integrali, o halka içinde kalan akım ile orantılıdır. Zamanla değişen elektrik alan manyetik alanın kaynağıdır (Çolakoğlu,2007).

1.4. Elektromanyetik Dalga

Maxwell denklemlerinin en önemli sonucu, salınım yapan elektrik yüklerinin ürettiği elektromanyetik dalgasının (EMD) varlığı tahmin etmesidir. Elektromanyetik dalgalarla ilgili ilk deneyler 19. yüzyılda Henrich Hertz tarafından yapılmış, Maxwell tarafından ortaya konan elektromanyetik ışık teorisi, genel olarak bütün elektromanyetik dalgalara tatbik edilmiştir. Elektromanyetik dalgalar, yüklü bir parçacığın ivmeli hareketi sonucu oluşan, birbirine dik elektrik ve manyetik alan bileşeni bulunan ve bu iki alanın oluşturduğu düzleme dik doğrultuda yayılan, yayılmaları için ortam gerekmeden, boşlukta c ışık hızı ile yayılan enine dalgalarlardır. Gama ışınları, X-ışınları, morötesi, görünür, kızılötesi ışık, mikrodalga, TV, radyo dalgaları elektromanyetik dalgalara örnek teşkil eder.

Zamanla değişen alanlar için $\vec{E}$ ve $\vec{H}$ bir çift oluşturur. Fakat değişmeyen alanlar limitinde bu iki alan birbirinden bağımsızdırlar. Pratik olarak, 20-30 kHz ve yukarısı için $\vec{E}$ ve $\vec{H}$ alanları birbirinden ayrılmaz ve EMD şeklinde ortaya çıkarlar. Düşük frekanslarda EMD elektromanyetik alanlar olarak ifade edilir, fakat yüksek frekanslarda ise elektromanyetik radyasyon olarak adlandırılır. Şekil 1.3 de gösterildiği gibi EMD $\vec{E}$ ve $\vec{H}$ şeklinde iki alandan oluşur ve bu alanlar birbirine ve dalganın ilerleme doğrultusuna diktirler. Bu alanlar birlikte boş uzayda ışık hızıyla hareket ederler. Madde içinde EMD hızı ışık hızından daha yavaştır.



Şekil 1.3 Elektromanyetik Dalga

$\vec{E}$ ve $\vec{H}$ alanları konumun fonksiyonudur ve zamanla değişir. Yani alanlar belli zaman aralıklarında aşağı yukarı salınım yaparlar. Bu zaman aralığı saniyedeki salınım sayısı olarak tanımlanan frekansla ifade edilir. Frekans birimi olarak Hertz ($\text{Hz}=1/\text{sn}$) kullanılır. Alanlar bir tam dalga boyu olan λ ile de karakterize edilebilir. Boş uzayda dalga boyu ile frekans arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.8)$$

EM dalga foton adı verilen çok küçük hacme yoğunlaştırılmış enerji paketcikleri olarak da düşünülebilir. EM dalgayı oluşturan her bir fotonun enerjisi dalga'nın frekansı ile orantılıdır. Bu orantı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

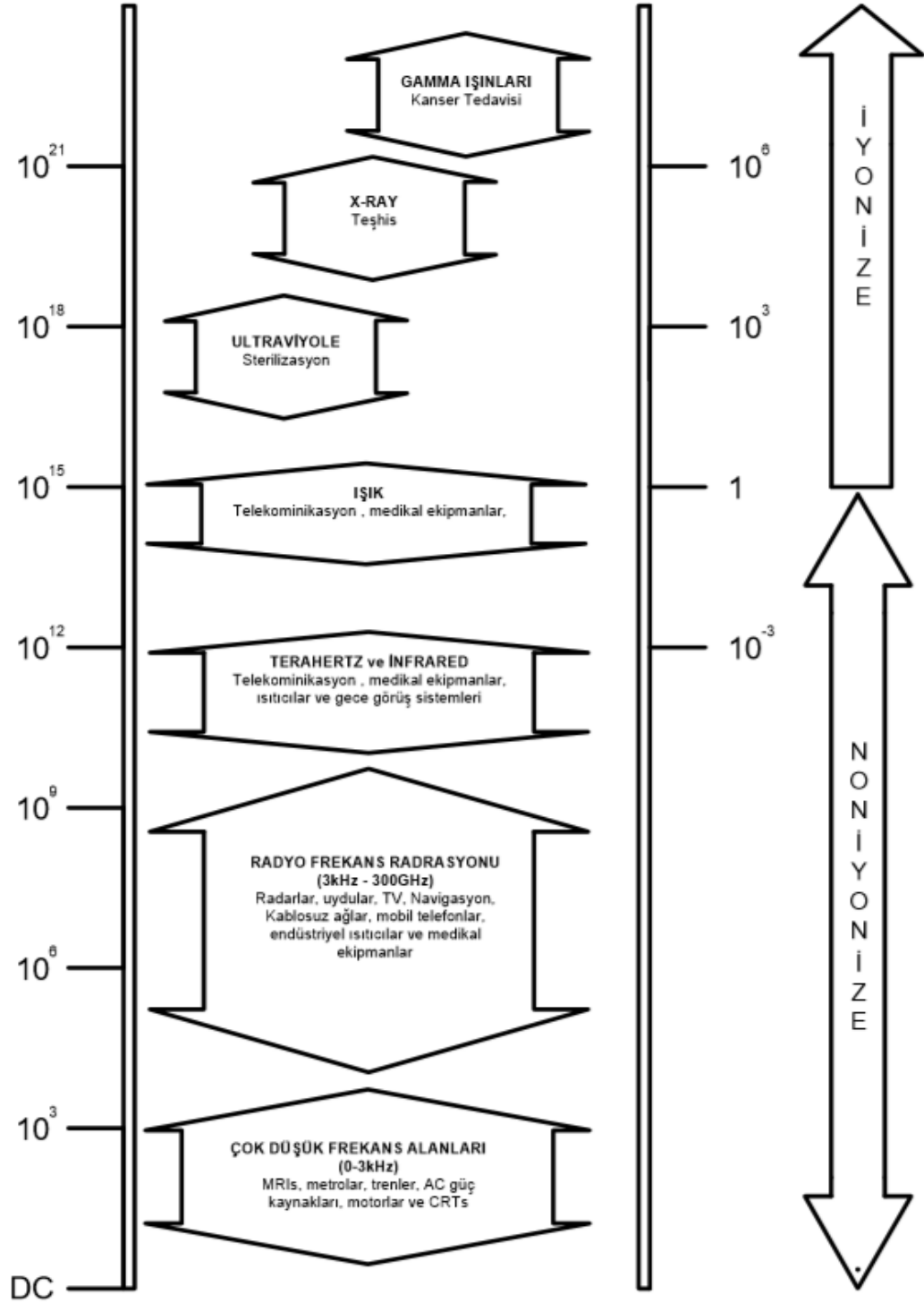
$$eV = hf \quad (1.9)$$

Burada Plank sabiti $h=4,135665 \times 10^{-15}$ eV dur. Bir elektronun ($e=1,6 \times 10^{-19}$ C) bir voltluk potansiyel altında kazandığı enerji 1 eV olarak tanımlanır. Bir foton bazı fiziksel olaylarda parçacık bazı fiziksel olaylar da dalga gibi davranır. Bu durum dalga-parçacık ikilemi olarak bilinir.

Bir EM dalga, kaynağından bir dalga boyu mesafeden (yakın-alan bölgesi) daha az bir mesafede ise manyetik alan ayrışmaz. Kaynak bir dalga boyu mesafeden daha büyük (uzak-alan bölgesi) ise hem $\vec{E}$ alanı hem de $\vec{H}$ alanı birbiri ile ilişkili olarak ortaya çıkar. EM alanlar üretildiğinde, alanlar (EM güç) her yönde yayılır. Yayılan alanların enerjileri bir maddeyle karşılaştığında madde tarafından yansıtılabilir, madde içinde iletilebilir, veya madde tarafından soğurulabilir. Boş uzayda alanların güç akışı küresel geometriye uygun şekilde uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak yayılır. Canlı dokularda, EM olaylar genelde yavaş şekilde gerçekleşir. En kısa biyolojik tepki zamanı yaklaşık 10^{-4} s olduğundan, genelde Maxwell denklemleri canlı sistemlerdeki biyolojik etkileri değerlendirilmesine kullanılmaz (Vander Vorst ve ark., 2006).

1.5. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik dalgalar basit olarak frekans ve dalga boylarıyla karakterize edilir ve bu karakterizasyon elektromanyetik spektrum olarak adlandırılır.



Şekil 1.4 Elektromanyetik Spektrum (Rıadh ve Habash)

Şekil 1.4 de gösterilen spektrumu oluşturan tüm dalgalar enine dalgalardır ve spektrum radyo dalgalarından başlayıp gamma ışınlarına kadar uzanan frekans aralıklarına bölünmüştür.

Işık oldukça önemli bir elektromanyetik dalgadır. Güneş ışığını prizmadan geçirerek elde edilen kırmızı-mor arası renk bandında en uç kırmızı ışığın frekansı 4.1014 Hertz, mor ışığın 8.1014 Hertz civarındadır. Dalgaboyu olarak en uç kırmızı ışık 7500 Å (1Angstrom= 10^{-8} santimetre), mor ışık 3800Å civarındadır. Görünür ışık dalgalarının kırmızı ışık tarafında, dalga boyu uzunluğuna göre sırayla enfraruj (kızıl ötesi) ışınlar ve radyo dalgaları, mor ışık tarafında ise ultraviyole (mor ötesi) ışınları, röntgen veya X-ışınları ve gamma ışınları bulunur. Spektrumdaki frekans dikkate alındığında, EM radyasyon iyonize ve iyonize olmayan olarak sınıflandırılabilir. Genel olarak iyonize olmayan radyasyon, EM radyasyona maruz bırakılan maddelerin atomik bağlarını kıramayan (genel olarak atomik bağı kırmak için 1 eV luk enerjiye ihtiyaç vardır), fakat maddede ısınma şeklinde ortaya çıkan, düşük enerjili fotonların oluşturduğu radyasyonu temsil eder. EM spektrumda iyonize olup olmama sınırı dalga boyu ile ayırt edilmektedir. Dalga boyu 1 nanometrenin (nm) altında olan kısım iyonize, üstünde olan kısım ise iyonize olarak adlandırılır. İyonize radyasyon çok büyük miktarda enerji (12 eV ve üstü) içerdiği için atom kabuklarından elektron sökebilir. Canlı dokularda elektron sökülmesi ile oluşan serbest radikaller, kanserle ilgili kromozal bozukluklara veya anormalliklere sebep olabilirler. Gamma ışınları, X-ışınları, alfa parçacıkları, ve beta parçacıkları elementleri iyonize etme için yeterli enerjiye sahiptir. İyonlar yüklü parçacıklar olduğu için kimyasal olarak elektriksel hallerinden daha aktiftirler. Biyolojik sistemlerdeki meydana gelen kimyasal değişiklikler zarar verici hatta ölümcül olabilir.

1.6. Biyolojik Sistemlerdeki EM Etkileşimler

Maddelerin EM etkileşimleri çok önce açıklanmış ve Maxwell'in denklemleri ile bilinir hale gelmiştir. Fakat EM etkileşimin biyolojik canlılar üzerindeki uygulamaları, yaşayan organizmaların çok karmaşık bir yapıya sahip olmaları, değişik düzeylerde bulunmaları ve biyolojik dokuların da değişik elektriksel özellikler taşıması nedenleriyle çok zordur. Yukarıda belirtilen zorluklar EM'nin biyolojik etkilerinin anlaşılmasını yavaşlatmıştır. Ancak şimdiye kadar elde edilen veriler ışığında daha uygun doz ölçümleri, doz-tepkime ilişkisini daha iyi açıklayabilme, daha iyi deneyler tasarlama ve maruz bırakıldıklarında tehlikeli düzeylerin ne olduğu hakkında daha fazla bilgiye ulaşılmasını sağlamıştır.

EM çalışmalarının sağlıkla ilgili en önemli iki özelliği alanın gücü ve sıklığıdır. Tamamen düşük frekans (ELF=extremely low frequency) alanları insan vücudunda elektrik akımlarının olmasına neden olurken Radyo Frekanslı Radyasyon (RFR) vücudun

ısının neden olmaktadır. Frekans ne kadar yüksek olursa enerjinin vücuda nüfuz etmesi de o kadar yüzeysel olmaktadır ve bu da daha fazla ısınma etkisine neden olmaktadır (Riadh , 2008).

EM alana maruz kalan biyolojik sistemlerde, alanlar bazen olumsuz sağlık etkilerine bazen de olumlu sağlık etkilerinin oluşmasına zemin hazırlar. Bu durum genelde maruz kalınan doz ile ilişkilidir. Bu duruma en iyi örnek uzun süre güneş ışığına maruz kalan insan vücudunda gözlenir. Güneş ısı ve ışık saçar ve bu derideki melaninin (deriye rengini veren ve vücudun UV ışınlarından korunmasını sağlayan pigment) karşılayabileceğinden fazla olacak olursa deride güneş yanıkları oluşur. Bu etkilerden korunmak için güneş gözlükleri, gölgeler, şapkalar ve güneş kremleri kullanılır. Derideki kan dolaşımının artan ısı ile daha hızlı hale gelmesi, soğuk bir günde ısınmanızı sağlama ve insan vücudunun daha fazla kalsiyum ile güçlü kemikler elde etmesini sağlayan D vitamini üretmesini sağlama gibi güneş ışığına maruz kalmanın olumlu etkileri de vardır. Fakat çok fazla bu ışınlara maruz kalmak güneş yanığı ve hatta deri kanseri gibi sağlık problemlerine de sebep olabilir.

EM enerjinin biyolojik dokular üzerine çok karmaşık etkileri vardır. Yaşayan sistemlerle EM alanlarının bilinen pek çok etkileşim mekanizması vardır. Bunlar indüklenmiş alanlar ve akımlar, doğrudan ve dolaylı etkileşimler olmak üzere gruplanabilir.

İndüklenmiş alan ya da indüklenmiş akım şeklindeki etkileşim mekanizması temel bir mekanizmadır. İnsan vücudu elektrik akımları veya elektrikli eşyaların yanında bulunduğu onlardan elektrik alabilecek bir anten gibidir. Bir dış elektrik alan vücudun içine büyük şekilde azalarak girer ve bu alan bir elektrik akımının oluşmasına yol açar. Manyetik alanlar da elektrik alanların oluşmasını indükler ve bunlar da vücutta elektrik akımlarının oluşmasına sebep olurlar. Biyolojik dokular manyetik olmayan materyallerdir ve bu da insan vücudunun içindeki manyetik alanın vücudun dışındaki manyetik alan ile aynı olduğunu gösterir.

Elektrik ve manyetik etkiler genelde birlikte oluşsa da ilgi manyetik etkilerin sağlık üzerine etkisine yoğunlaşmıştır. Manyetik alanlardan korunmak güçtür. Çünkü manyetik alan insan vücudu ve binalara rahatça sızabilir oysaki elektrik alanlarının binalara hatta insan vücuduna sızması son derece azdır. Bir mikrotelsa civarındaki manyetik alan bile biyolojik etki oluşturabilir.

Bilimsel araştırmalar, EM alanlarının çeşitli etkilerine yönelmesine rağmen, ilginin çoğu bu etkinin kansere yol açıp açmadığı üzerine yoğunlaşmıştır. İlginin geriye kalan

kısmı zayıf alanların sebep olduğu lösemi ve diğer tip kanser hastalıklarının ortaya çıkış sıklığı yani epidemiyolojik (hastalıkların kazaların ve sağlıkla ilgili durumların görülme sıklığı ve bunları etkileyen belirteçler) veriler üzerine yoğunlaşmıştır. Ayrıca, zayıf elektromanyetik alanların canlı hücrelerin hücre zarına bağlı olan kalsiyum (Ca) iyonlarını zardan koparıp, zarda boşlukların ve gözeneklerin oluşmasına sebep olduğu, bu durumun hücredeki DNA (deoksiribonükleik asit) yapısına zarar verdiği ve bunun sonucunda kanser hastalığını tetiklediği belirtilmiştir (Goldsworthy , 200 ; Diem ve ark., 2005).

Dünyanın her yerindeki cep telefonlarının yaygın kullanımı nedeniyle, erken yaşlarda bile, cep telefonlarının yaydığı EMF'nin canlı organizmalar ve insan sağlığı üzerindeki etkileri son zamanlarda en önemli araştırma konularından biri haline gelmiştir. Bu nedenle, meraklı araştırmacılar, EMF'nin maruz kalmasının bir sonucu olarak ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarını incelemek ve insanlar üzerindeki etkilerini en aza indirmek için çeşitli bilimsel çalışmalar yürütmüştür (Koyu ve ark. 2005; Manikonda ve ark., 2007; Balassa ve diğerleri, 2013; Komaki ve diğerleri, 2014). Cep telefonlarını kulağa ve kafaya yakın tutmak kulak ve kafayı saran yapılarda EMF'ye neden olabilir. Bu bireylerde, hayati fonksiyonları koordine eden merkezi ve periferik sinir sistemi de etkilenir (Frey, 1998; Odacı ve ark., 2008; Bas ve ark, 2009).

EMF'nin merkezi ve periferik sinir sistemi üzerindeki etkilerini araştırmak için sayısız deneysel ve klinik çalışma yapılmıştır (Odacı ve ark., 2008; Bas ve ark., 2009; Chen ve ark., 2014). İnsan ve hayvan modellerini kullanan çalışmalar, baş ağrısının artması (Frey, 1998; Hocking, 1998), uyku düzeninin bozulması ve sinaptik plastisitede değişiklikler, nörotransmitter salınımı ve hücresel telefon kullanımına bağlı sinir hücrelerinin yaşam döngüsü gibi önemli bulgular ortaya çıkarmıştır (Wagner ve arkadaşları, 1998; Borbe'ly ve ark, 1999; Manikonda ve ark, 2007; Maaroufi ve ark, 2011).

Doğum öncesi ve doğum sonrası yaşamda, EMF'ye maruz kalmak muhtemelen nöronal hücre ölümünü uyarır ve kök hücrelerin nöronlara dönüşümünü önler (Salford ve ark., 2003). Bu noktada, bilimsel literatüre kısaca baktığımızda, EMF'nin beynin gelişimine, özellikle de doğum öncesi gelişim ile ilgili maruziyete etkisi henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle, bu derleme, beyin gelişim süreci ve EMF'nin nörogelişimdeki etkileri hakkında genel bilgi sağlar.

1.7. Elektromanyetik Kirlilik Kaynakları

Elektromanyetik kirlilik (EMK), radyasyon fiziğinin temel bilgilerini, bilinen radyasyon kaynaklı sağlık etkilerini, radyasyonla ilgili yöntemleri, radyasyonla ilgili

Çalışmaların gözden geçirilmesini, risk kriterlemesini, risk değerdendirmesini ve koruma ilkelerini kapsayan bir yelpazedeki araştırma yöntemlerini içine alır.

Dünyada ve özellikle büyük kentlerde tam bir elektromanyetik kirlilik egemen olmakla birlikte her geçen gün biraz daha fazla elektromanyetik alan ve dalganın etkisi altında kalıyoruz. Örneğın, günlük hayatta ev ve işyerlerinde kullandığımız buzdolabı, bulaşık makinası, kurutma makinası, TV, bilgisayar, elektrikli ısıtıcı, cep telefonu vb. gibi kısaca yaşamımızı kolaylaştıran tüm aletler birer elektromanyetik kirliliğe neden olmaktadır. Oldukça düşük frekanslı elektrikli cihazlarının yanı sıra trafolar, baz istasyonları, yüksek gerilim hatları da en büyük elektromanyetik kirlilik kaynaklarıdır.

Bu nedenle bir bölgenin elektromanyetik kirliliğın haritalar üzerinde gösterilmesi, EM problem kaynaklarının ortaya konulması, çözüm yollarının üretilmesi amaçlamaktadır. Ölçümler yapılarak farklı noktalardaki kirlilik düzeyleri belirlenmekte, kirlilik düzeyleri sınıflandırılarak farklı bir renk verilebilmekte böylece, az, orta, çok kirlilikteki alanlar belirlenip gelecekte bu alanlarda uygulanacak önlem çalışmalarının izlenmesine alt yapı oluşturulabilmek adına önemlidir.

1.8. GSM Sistemi ve Yapısı

1972 yılında Bell Laboratuvarları'nda mobil iletişim için hücresele kavramı ortaya kondu ve bütün dünyada bu temelde farklı analog mobil iletişim sistemleri geliştirildi. Tüm mobil şebeke kapsama alanı küçük hücrelere ayrılmıştır, her bir hücrenin kendi alıcı/vericisi ve tanımlı frekansları bulunmaktadır. Mobil istasyon bir hücreden başka bir hücreye hareket edebilir ve herhangi bir sabit bağlantı olmaksızın konuşma yapabilir.

Sistemlerden bazılarının gelişimi çok başarılı olmuştur. Fakat sistemlerin bağımsız olmaları ve birbirleri ile uyumlu olmamaları gibi kesin kısıtlamalar vardı. Bir sistemdeki mobil telefon cihazı başka bir sistemde kullanılamıyordu. 1982 yılında, Avrupalı otoriteler, büyük bir öngörü ile Mobil iletişimdeki uzun süreli potansiyeli belirlemiş ve mobil iletişimin sonraki jenerasyonunu planlamaya başlamışlardır. 2.jenerasyon sistemi oluşturmak amacıyla GSM (Groupe Special Mobile) alışma grubu kurulmuştur.

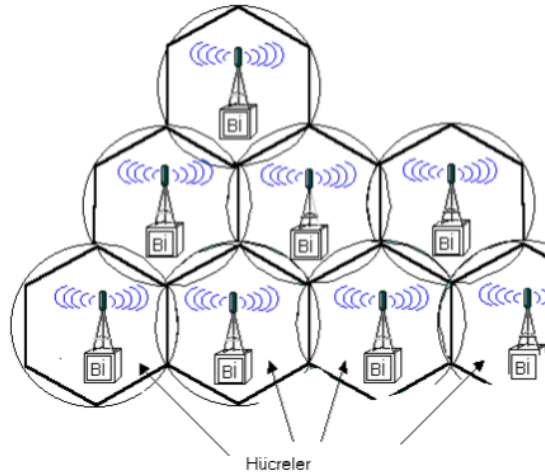
“Group Spéciale Mobile” isimli kuruluşun , cep telefonu iletişiminin tüm dünyaya yayılması amaçlanarak geliştirilmiş ve küresel haberleşme sistemi olarak tanımlanmış (Global System for Mobile Communications-GSM) iletişim kurumudur.

1.9. Hücresel Haberleşme Sistemi

Her hücrenin merkezinde bir baz istasyonu bulunur. Hücresel yapı sayesinde aynı anda daha çok kullanıcının haberleşmesi mümkün olabilmektedir. GSM hücrelerinin planlanması yerleşim bölgelerinin özelliklerine göre yapılır. Hücre planlamasını hücrenin şehir içinde ya da şehir dışında olması ve kapsanacak bölgedeki GSM abone sayısı belirler.

GSM hücresel sisteminde kapsama alanına göre üç tip hücre vardır: makro hücre, mikro hücre, piko hücre. Türkiye’de de kullanılan GSM900 sistemi için makro hücreler, yerleşimin seyrek olduğu bölgelerde 25-35 km yarıçapında bir alana hizmet verebilirler. Ancak bina, ağaç ve tepe gibi engellerin çok olduğu yerleşim yerlerinde oluşturulan makro hücrelerin yarıçapları daha küçük olur. Makro hücrelerde GSM900 baz istasyonu antenlerinin çıkış güçleri 40-60 Watt olabilir.

Mikro hücreler, genellikle yerleşimin yoğun olduğu ve makro hücresel kapsamayı geliştirici ve tamamlayıcı olarak kurulan sistemlerdir. Mikro hücreler hava alanı, büyük alışveriş merkezleri gibi yerlerde kurulur. Birkaç yüz metrelik yarıçapı olan alanları kapsar ve çıkış güçleri makro hücrelere göre düşüktür (GSM900 için) (5-10 Watt civarında). Piko hücreler ise daha çok bina içi haberleşmelerde kullanılır ve birkaç watt çıkış gücündedir



Şekil 1.5. Hücresel Ağ Yapısı

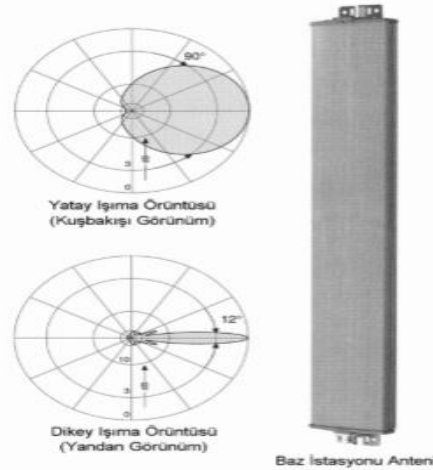
1.10. Baz İstasyonları

Mobil telefonlarının iletişimini sağlayan baz istasyonları, haberleşme sisteminin merkezini oluştururlar. Mobil telefonların birbirleri üzerinden görüşme yapmasını

sağlamasının yanı sıra sabit ağ telefonları da baz istasyonu üzerinden görüşme yaparlar. Herhangi bir baz istasyonunun aynı zaman diliminde hizmet verebileceği görüşme sayısı o baz istasyonuna tahsis edilen taşıyıcı frekans sayısı ile doğru orantılıdır.

Oluşturulan hücrelerin sayısı ne kadar küçük olursa bir o kadar da yüksek kullanıcı sayısına ulaşılmış olur. Bu nedenle daha sık ve kapsama alanı daha dar baz istasyonları kurulur. Baz istasyonlarında çoğunlukla enerjiyi karşılarında bulunan dar bir alana gönderebilecek şekilde tasarlanmış yönlü antenler kullanılmaktadır.

Mobil telefon, ilk çağrı sırasında çıkış gücü maksimum seviyede kendisine en yakın baz istasyonuna bağlanmaya çalışır. Baz istasyonu ve mobil telefon arasındaki bağlantı kurulduktan sonra maksimuma ulaşan güç en ekonomik seviyeye düşer. Mobil telefon ile baz istasyonu arasındaki mesafe arama sırasındaki gücü etkilemektedir. Yani uzaklık arttıkça çıkış gücü daha yüksek iken azaldıkça daha düşük olmaktadır. Mobil telefonlar için 900 MHz 'den yüksek çıkış gücü 2 W, 1800 MHz'de 1 W'dır.



Şekil 1.6. GSM baz aktarım istasyonlarında kullanılan tipik antenlerin ışıma görüntüsü (TÜBİTAK,2001)

1.11. Radyofrekans Elektromanyetik Alana Maruz Kalma ve Risk Algısı

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), RF-EMF'nin sağlık etkilerinin altını çizmeye yönelik araştırmalara öncelik vererek, insan epidemiyolojik çalışmalarında kişisel maruziyetlerin ölçülmesinin gerekliliğini vurguladı (Van Deventer ve ark., 2011). Daha sonra, Avustralya Radyasyondan Korunma ve Nükleer Güvenlik Ajansı (ARPANSA) halka RF-EMF'ye maruz kalmanın en aza indirgenmesi konusunda önleyici mesajlar sundu (ARPANSA, 2017).

Radyofrekans elektromanyetik alana maruz kalma, cep telefonu baz istasyonları (MPBS) gibi çevre ortamdaki uzak alan kaynaklarından veya cep telefonu ahizelerinden (Roser'dan çıkanlar gibi) kişiye yakın olan kaynaklardan olabilir. Cep telefonlarının genel kişisel RF-EMF maruziyetine ana katkı maddesi olduğu bildirilmektedir (Roser ve ark., 2017). Tersine, uzak-alan RF-EMF kaynakları sabit saha vericileridir ve yakın-alan kaynaklarına göre çok daha düşük, fakat sürekli ve ayrı ayrı kontrol edilemeyen RF-EMF maruziyet seviyeleri ile sonuçlanır (Bolte ve Eikelboom, 2012; Martens ve ark., 2016). Cep telefonlarından veya MPBS'den RF-EMF ile bir ilişki için net bir kanıt bulunmamasına rağmen, insanlar sık sık endişelerini dile getirmekte ve MPBS'ye maruz kalma riskinin kişisel telefon kullanımlarından daha yüksek olma riskini algılamaktadır (Rubin ve ark. ., 2005; Röösli ve ark., 2010, 2010; Rubin ve ark, 2010; Freudenstein ve diğerleri, 2015, 2015).

RF-EMF maruziyetine maruz kalan kişilerin risk algısı, katılımcılara belirli bir durum ya da davranış olarak ne kadar riskli, tehlikeli ya da tehdit edici olduğunu soran bir ya da daha fazla maddeyle yapılan ankete dayalı çalışmalar ile önceden değerlendirilmiştir (Siegrist ve ark, 2005; Freudenstein ve ark., 2014; Freudenstein ve ark., 2015, 2015; Boehmert ve ark, 2016). Bununla birlikte, ihtiyati tedbirlerin alınmasından kaynaklanan risk algısı üzerindeki etkiyi araştıran araştırmalar eşdeğerdir. Bazı çalışmalar (Wiedemann ve Schutz, 2005; Wiedemann ve ark., 2006), önlemlerin alındığı kişilerin risk algılarının arttığını bildirirken, diğerleri bu etkiyi gözlememiştir (Cousin ve Siegrist, 2010; Claassen ve ark., 2017). Bu nedenle, RF-EMF'lerle ilgili ihtiyati mesajlar, farklı kişilere farklı şekillerde farklı görünmektedir.

Katılımcılara, uzaktan maruz kalma ilişkisini ve yakın alanın (örneğin cep telefonları) uzak alan RF-EMF kaynaklarına (örneğin MPBS) karşı göreceli katkısını açıklayan önleyici bilgiler verilerek ve bu gerçeklerin kullanılması için çalışmalar yapılmıştır. İhtiyati tedbirlerin göreceli etkilerini açıklar (Wiedemann ve ark, 2013; Boehmert ve ark, 2016; Boehmert ve ark, 2017). Bazı çalışmalarda, çeşitli mikro-ortamlarda, eksposimetreleri kullanarak RF-EMF'ye kişisel maruziyetler bildirilmiş olmasına rağmen (Joseph ve Verloock, 2010; Röösli ve ark, 2010, 2010; Durrenberger ve ark., 2014),

İnsanların MPBS'nin potansiyel sağlık risklerine yönelik risk algısı ve MPBS'den kişisel maruziyet ölçümleri şu ana kadar araştırılmamıştır. İnsanların risk algılarının kişisel RF-EMF maruziyet seviyeleri konusundaki bilgisine bağlı olup olmadığı hala açık değildir. Her ne kadar insanlar arasında RF-EMF ile ilgili risk algılarının kaygılarını tetiklemek ve

arttırmak için ihtiyati tedbirlerin sağlanmasının öngörölmüş olmasına rağmen (Wiedemann ve Schutz, 2005; Wiedemann ve ark, 2013), ancak kişisel RF'nin sağlanıp sağlanmadığı bilinmemektedir. EMF maruziyet seviyeleri benzer etkiye sahip olacaktır. Uzman olmayanların RF-EMF kaynaklarına ilişkin risk algılarının temel olarak sübjektif maruz kalma algısı, yani bir RF-EMF kaynağına maruz kalmanın tahmini yoğunluğu ile belirlendiğı ve maruz kalmanın azaltılmasının düşük risk algılarına yol açtığı belirtilmiştir (Freudenstein ve diğlerleri). ve diğlerleri, 2015a, 2015b). İnsanların RF-EMF'ye maruz kalma konusunda anlamadıklarından dolayı, maruz kalma iletişimi, halkın bu kablosuz teknolojilerin güvenliği ve kabul edilebilirliği hakkında oluşturulmuş kararlar vermesine yardımcı olmak için umut verici bir yol gibi görünmektedir. Bu nedenle, insanlara objektif olarak ölçölen RF-EMF maruziyetini günlük yaşam koşullarında telekomünikasyon teknolojilerine (örn. MBPS) ilişkin risk algısı konusunda maruz kalma etkisinin değlerlendirilmesi önemlidir. Giyilebilir kişisel RF-EMF exposimetrelerinin kullanımının mümkün olduğı kanıtlanmıştır (Bogers ve ark., 2018) ve ölçüm belirsizlikleri korunabilmesi kaydıyla, vekilleri varsaymak zorunda kalmadan tüm gün boyunca insanların maruziyetini gözlemlemek için en iyi yolu sağlar. mümkün olduğı kadar küçük (Bolte ve ark., 2011; Lauer ve ark, 2012). Kişisel RF-EMF maruziyet seviyelerinin sağlanması ve insanların risk algılaması üzerindeki etkisi şu ana kadar değlerlendirilmemiştir. Bu nedenle, kişisel RF-EMF maruziyet seviyelerindeki bireysel farklılıkları ve insanların potansiyel sağlık risklerine karşı risk algılarını inceleyen daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışma, ihtiyati ilkeler veya sadece temel bilgilerle sağlananlara kıyasla, 900 MHz downlink'ten objektif olarak ölçölmüş RF-EMF seviyelerinin sağlandığı kişilerin, MPBS'lerin sağlıkları için riskli olma ihtimalinin daha düşük olacağını göstermeyi amaçlamıştır.

1.12. İletişim Standartları

Günümüzde mobil iletişimler için küresel sistem (GSM) ve evrensel mobil telekomünikasyon sistemi (UMTS) olmak üzere iki temel mobil iletişim teknolojisi kullanılmaktadır. GSM şebekesi bu alandaki cep telefonlarına hizmet etmek için karşılık gelen, bir kule ile etkileşim içinde çeşitli hücrelere ayrılmıştır. GSM standardı başlangıçta 900 MHz bandını kullanmıştır (Wargo ve ark., 2012).

Frekans		Dalga boyu
1 Hertz	1 Hz	Saniyede bir salınım
1 Kilohertz	1 kHz	Bin Hz
1 Megahertz	1 MHz	Bir milyon Hz
1 Gigahertz	1 GHz	Bir milyar Hz

Evrensel Mobil Telekomünikasyon Servisi (UMTS) sesi, görüntüyü ve metni içeren bilgi paketlerini ileten 3G geniş bantıdır. UMTS sonuç olarak kara kökenli veya uydu vericilerinin aralığında herhangi bir yerde hizmet ve kapsama alanı ile uyumlu küresel bir standarttır. İnsan sağlığı üzerindeki UMTS mikrodalgalarının etkileri üzerine çok az araştırma mevcuttur. 2002 yılında Federal İletişim Komisyonu (FCC) tarafından onaylanan Ultra geniş bant (UWB) teknolojisi, kısa mesafe için çok düşük güçte frekans bantlarının geniş bir spektrumu üzerinden dijital verilerin büyük miktarlarda aktarımını sağlamıştır (Belyaev ve ark., 2009; Söğüt, 2016; Şahin, 2016).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kablosuz telefonların ve baz vericilerinin kullanımı ile ilgili sağlık sorunları hakkında ICNIRP bir beyanname yayınlamıştır (ICNIRP, 1996).

2013 yılında, Avrupa Çevre Ajansı, elektromanyetik alanlarla ilgili aşağıdaki kararları alıp, çocukların cep telefonu kullanımı ile ilgili olarak da özel tavsiyede bulunmuştur. Elektromanyetik alanlara (EMF) maruz kalma, modern hayatın kaçınılmaz bir gerçeğidir. Radar, radyo istasyonları ve baz istasyonlardan gelen elektromanyetik radyasyonun yüksek düzeyleri önemli sağlık etkilerine neden olabilir, ancak insanların çoğunun günlük hayatlarındaki maruziyetleri genellikle daha düşüktür. Mobil telefon kullanımı ile baş ve boyun kanserleri oluşma sıklığı arasındaki ilişkinin mevcut çalışmaları kesin değildir, fakat ihtiyati eylem değerini işaret etmektedir. WHO'nun Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) radyofrekans elektromanyetik alanları, insanlar için potansiyel kanserojen olarak sınıflandırmıştır. Çocukların devam eden sinirsel gelişimleri açısından radyofrekans alanına maruziyete, yetişkinlerden çok daha duyarlı oldukları için çocuklar tarafından cep telefonu kullanımına ilişkin tavsiyeye özellikle dikkat edilmelidir (European Environment Agency, 2013).

2009 yılında, Health Canada, 300 GHz ile 3 kHz Frekans Aralığındaki Radyofrekans Elektromanyetik Enerjiye Maruz Kalma Limitleri başlıklı bir çalışma yaptı ve bu çalışmada elektromanyetik radyasyona maruz kalma limitleri güncellenmiştir (Health Canada, 2009).

2005 yılında, Kavas ve Firengiz tarafından yapılan bir araştırmada ölçümler sırasında cep telefonları ile haberleşmenin yapıldığı yerlerde ölçülen elektromanyetik alan şiddetlerinin zaman ortalamalarının ulusal/uluslararası standartlarda verilen değerlerin altında kaldığının gözlemlendiği söylenmesine rağmen, cihazdan cihaza farklılık görülmesine karşın ölçümlerde oluşan tepe değerlerinin verilen sınır değerlerin üzerine sıklıkla çıktığını da söylemişlerdir (Kavas ve Firengiz, 2005).

İyonize olmayan radyasyon kaynakları biyolojik etkileri, emisyon ve etkilenmeler konulu bir çalışma yapılmış ve bu araştırmada elektromanyetik radyasyonun kaynakları hakkında bilgiler verilmiştir.

2011 yılında Güçlü tarafından, 50 Hz Elektromanyetik Alanlar ve Biyolojik Etkileri, başlıklı yapılan yüksek lisans tezinde orta gerilimle enerji dağıtımında yaygın

olarak kullanılan 34.5 kV'luk hatlar çevresindeki manyetik alan düzeyi Biot-Savart yasasına göre hesaplanmış, teorik olarak araştırılmış ve yüksek gerilim hatları çevresindeki elektrik ve manyetik alan düzeyleri ve dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Bunlara ek olarak, 50 Hz frekanslı EMA ile ilgili dünyada ve Türkiye'de yapılan bilimsel çalışmalar araştırılmış, Dünyadaki ve Türkiye'deki durum tespiti yapılmış ve bu konudaki en son güvenlik standartları ve çalışmaları değerlendirilmiştir (Güçlü, 2011).

Ek olarak, iyonlaştırıcı olmayan insan yapımı radyasyona maruziyet ve çeşitli kaynaklardan yayınlanan radyasyona ait güncel bir araştırma, Birleşik Krallığın Ulusal Radyolojik Koruma Kurulu (NRPB) ve Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonuna (ICNIRP) dayalı olarak sunulmaktadır (Kwan-Hoong Ng, 2003).

Karadağ ve ark., 2013 yılında, İnönü Üniversitesi yerleşkesinde bulunan baz istasyonlarının ve diğer elektromanyetik alan kaynaklarının yaydığı elektromanyetik alan şiddetlerinin dönemsel ve uzun süreli ölçümlerini yapmışlar, yerleşkenin frekans bazlı elektromanyetik alan yoğunluk haritalarını çıkartmışlardır. Dönemsel değişimleri kıyaslayarak sonuçları değerlendirmişler. 2011 yılından 2013 yılına kadar uzun bir periyotta dönemsel ölçümler alınmıştır. 2013 yılı Haziran ayında üniversite yerleşkesinde var olan elektrik alan seviyelerinin günün değişen saatlerindeki değerlerini gözlemlemek amacıyla iki adet Wavecontrol marka MonitEM sürekli elektromanyetik alanları ölçüm istasyonu kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi GSM ve UMTS frekanslarında ölçüm alırken, diğeri de 100kHz-8GHz frekans aralığında, haftalar süresince 24 saat sürekli ölçümler alarak gün içerisinde elektrik alan değişim değerleri anlık olarak belirlemiştir (Karadağ ve ark.,2014).

Bu çalışma, CBS yardımı ile problem kaynaklarının ortaya konulması, çözüm yollarının üretilmesi ve elektromanyetik kirliliğin haritalar üzerinde gösterilmesini amaçlamıştır ve ölçümlerde SPECTRAN HF-60105 marka portatif bir elektromanyetik alan ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 900 MHz ve 1800 MHz frekansları için yapılmış ve bulunan sonuçlar ICNIRP'nin ve WHO'nun tanımlamış olduğu limit değerleri ile karşılaştırılmıştır (Uygunol ve Durduran, 2009).

İşgalci Teknolojinin Gençler ve Genç Yetişkinler Arasında Cep Telefonu Kullanımının Etkisi başlıklı çalışmada ise seçilmiş 201 öğrenci ile anketler yapılmış ve anlamlı sonuçlar elde edebilmek için toplanan veriler, çeşitli araçlar ve teknikler yardımıyla analiz edilmiştir (Krithika ve Vasantha, 2013).

İyonize olmayan radyasyondan korunma hakkında Uluslararası İyonlaştırıcı

Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından; ICNIRP Yeniden Bilimsel İnceleme, Cep Telefonları, Beyin Tümörleri ve Dahili Telefon Çalışması: Şimdi Neredeyiz? Konulu bir araştırma yaptırılmıştır (Swerdlow ve ark., 2011).

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında yapılan bir araştırmada 900 MHz ve 1800 MHz mobil telefonların oluşturduğu elektromanyetik alan dalgalarının (EMA) tendon iyileşmesine etkisi:

Ratlarda deneysel çalışma konu bir uzmanlık tezi hazırlanmış ve bu araştırmada her bir grupta 10 (n=10) rat olacak şekilde toplam 30 (n=30) rat kullanılmış ve üç grup oluşturulmuştur. Tüm ratların tendon calcaneus communis'lerinde deneysel hasarlanma yaratıldıktan sonra; 1. grup 900 MHz EMA'ya 2. grup 1800 MHz EMA'ya maruz bırakılmıştır. 3. grup kontrol grubu olarak EMA'ya maruz bırakılmamıştır. 3 haftalık maruziyet sonrası tendon iyileşme süreci histopatolojik olarak incelenmiş ve elde edilen veriler 900 MHz ve 1800 MHz grupları ile kontrol grubunun ikili ve üçlü istatistiksel değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuç olarak, 900 MHz ve 1800 MHz elektromanyetik alan dalgalarının yara iyileşme sürecinde hemosiderin miktarını artırıcı etkisi olduğu sonucuna varılmıştır (Ermol, 2008).

Bu çalışmada, embriyo kültür ortamına 2000 MHz'lik (üçüncü nesil) cep telefonunun oluşturduğu manyetik alanın embriyo gelişimi üzerine olan etkisi araştırılmıştır. 48 saatlik kültür periyodu sonunda değişik sürelerde (24 saat, 48 saat) cep telefonunun oluşturduğu manyetik alana tabi tutulan embriyolarda gelişim morfolojik olarak değerlendirilmiştir. Morfolojik skora göre toplam morfolojik skor, vitellus kesesi çapı, baş-kıç uzunluğu ve somit sayısı karşılaştırıldığında kontrol grubuna göre, deney gruplarında anlamlı bir gerilemenin olduğu tespit edilmiş ve sonuçların manyetik alanın etkisine bağlı olarak embriyonik gelişimde gerileme ve bozukluğun olabileceğini ortaya koyduğunu söylemişlerdir. (Gürlek, 2009)

Bu çalışmada, GSM sisteminin tanımı yapılmış ve GSM sisteminin genel özellikleri anlatılarak sistemde bulunan cihazlarla ilgili bilgiler verilmiş. Daha sonra RF radyasyonun etkilerine yönelik olarak RF dalgalarının özellikleri ve GSM de kullanılan farklı frekanslar incelenerek bunların özellikleri verilmeye çalışılmıştır. Soğurulan enerji için kullanılan ölçüm yöntemleri belirtilerek SAR açıklanmıştır. SAR değerinin ölçüm zorluğundan dolayı daha kolay ölçülebilen parametreler olan “Elektrik Alan Şiddeti” ve “Güç Yoğunluğu” hakkında bilgi verilerek bunların hesaplanma yöntemleri belirtilmiş ve 900 MHz üzerinden yayın yapan bir baz aktarım istasyonunun belli bir mesafede bulunan yaşam alanına

etkisinin güç yoğunluğu ve elektrik alan cinsinden hesaplanması yapılmıştır. Bulunan sonuçlar ülkemizin, INCRP ve ANSI tarafından belirlenen sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (Cevizli, 2009).

2006 yılında Köklü tarafından “Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları” başlıklı Fizik Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans Tezi hazırlanmış. Tezde radyasyonla ilgili temel bilgiler anlatılmış daha sonrada radyasyonun insan sağlığına etkisi üzerinde durulmuş. Bu verilerden hareketle radyasyonun tıpta nerelerde kullanıldığından bahsedilmiş ve bu konuda bilgi verilmeye çalışılmıştır. Ek olarak, Konya S. Ü. Meram Tıp Fakültesi’nden radyasyon kullanılarak yapılan tetkikler hakkında bilgi alınmış ve çalışmanın son bölümünde bu veriler hakkında yorumlar yapılmıştır (Köklü, 2006).

2011 yılında yapılan bir başka araştırmada, cep telefonu kullanmanın uyku kalitesi üzerine etkisi araştırılmış ve çalışmada deney grubuna; bir ay süreyle uyurken cep telefonlarını kapatması, kontrol grubuna; eski uyuma alışkanlıklarına devam etmeleri belirtilmiştir. Veriler yüzdelik hesabı ki-kare testi ve iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi kullanılarak değerlendirilmiş ve bireylerin cep telefonu kullanma durumunun uyku kalitesini olumsuz etkilediği sonucuna varmışlardır (Mollaoğlu ve ark., 2011).

2012 yılında yapılan bir araştırmada da, düşük ve yüksek frekans elektromanyetik alanların kırık iyileşmesine etkileri araştırılmıştır. Hem cep telefonları hem de iletimimi sağlamak için kurulan baz istasyonları, bazı dokulara zararlı oldukları tespit edilmiş yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar oluştururlar. Bunun için kemik kırık iyileşmesini de olumsuz yönde etkileyebilirler. Düşük frekanslı ve darbeli EMA’nın kırık iyileşmesi üzerine olumlu etkileri klinik olarak tedavide kullanılmaktadır ve bu konuda FDA onaylı ürünler mevcuttur. Diğer yandan EMA frekansı, şiddeti, uygulama süresi, maruziyet ve diğer faktörler biyolojik dokularda oluşacak etkide farklılıklar yaratabilir. Cep telefonu ve baz istasyonlarından yayılan yüksek frekans EMA’nın biyolojik dokulardaki bazı olumsuz etkileriyle ilgili kanıtlar dikkate alındığında, kemik oluşumu ve kırık iyileşmesi bu çevresel kaynaklardan etkilenebilir. Ancak kırık üzerine olumsuz etkileri ile ilgili her hangi bir kanıt bulamamışlardır (Aslan, 2012).

2013 yılında yapılan başka bir çalışmada E. coli ve B. subtilis bakterileri üzerine elektromanyetik dalgaların etkileri araştırılmış ve elektromanyetik dalgaların E. coli ve B. subtilis bakterilerinin büyümesini durdurduğunu söylemişlerdir (Akbal ve Balık, 2013).

2012 yılında, cep telefonlarından yayınlanan elektromanyetik dalgaların çimlenmeye, kök büyümesine ve Lens culinaris Medik'in kök tipi hücre mitoz bölünmesine etkisi adlı bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada cep telefonlarından yayınlanan elektromanyetik dalgalardan çimlenmeden daha çok tohumların etkilendiğini söylemişlerdir. Ancak, baskın tohumların durumda oksidatif stresin olası etkileri nedeniyle kök büyümesinin azaldığını söylemişlerdir (Akbal ve ark., 2012).

Baz İstasyonlarının İnsanlar Üzerindeki Sağlık, Sosyal ve Psikolojik Etkileri Üzerine Bir Araştırma başlıklı Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunda İdari Uzmanlık Tezi hazırlanmış ve bu konularla ilgili yetkili kurumlar tarafından alınması gereken tedbirlere dikkat çekilmiştir (Özel, 2013).

2010 yılında IARC ve WHO tarafından cep telefonu kullanımı ile beyin kanseri riski üzerinde dahili telefon sistemi çalışması yapılmış ve sonuçlar bir basın bildirisi olarak yayımlanmıştır. Yayımlanan makalede, birleştirilmiş tüm dahili telefon sistemindeki çalışma merkezlerinde cep telefonu kullanımıyla ilgili risk analizlerinin sonuçları gösterilmiştir. Sonuç olarak, temporal lobdaki tümörler, glioma ve onların tümörü olarak başın aynı tarafında her zamanki gibi telefon kullanımının rapor edilen konularda çok daha az meningioma ve glioma riskinin arttığı önerisi yapılmıştır (IARC, 2010).

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde belirli aralıklarla 13 farklı noktada iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından yayımlanan radyo frekans kökenli radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti (E) , manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapıldı.

Ölçümlerde frekans aralığı 1MHz-9.4GHz olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve Narda NBM-550 geniş bant ölçer ile EF-0691 probe (100Khz-6GHz) olmak üzere iki farklı elektromanyetik alan ölçer cihazı kullanılmıştır. ICNIRP'nin önerisi doğrultusunda aynı noktadaki her bir ölçüm anlamlı bir sonuç ifade edebilmesi için en az 6 ile 8 dakika boyunca yapılmış ve bu ölçümler üçer kez tekrarlanarak ortalamaları alınmıştır (ICNIRP,2009).

Bu cihazlardan Narda NBM-550 geniş bant ölçer ile EF-0691 probu ortamdaki tüm RF alanlarını ölçerken, Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bir diz üstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda sadece GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS (3G) 2100 MHz frekansları için elektrik alan şiddeti (E) , manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapılmıştır.

Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün, Narda NBM-550 geniş bant ölçer cihazı ve probunun özelliklerini gösteren çizelgeler sırasıyla, çizelge 3.1. çizelge 3.2. ve çizelge 3.3. de verilmiştir.

HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü için geliştirilmiş ve PC, MAC veya Linux'da kullanılabilen spectrum analizör yazılımı “MCS” SPECTRAN'IN yüksek potansiyelini göstermektedir. Yazılım spektrum analizere ek olarak kullanılmaktadır. Yazılım bağlantısı gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır. Yani ekranda sinyal analizi ve gösterimi arasında hiçbir zaman farkı oluşmaz. Narda NBM-500 serisi ise en doğru iyonize olmayan radyasyon ölçme sistemlerinden biridir. Cihaz elektrik ve manyetik alanların en geniş frekans kapsamını sağlar. Tüm NBM problemleri cihaz parametrelerini ve kalibrasyon verilerini içeren kalıcı bir belleğe sahiptir ve problemler sayaçtan bağımsız olarak kalibre edilebilir. Herhangi NBM probu, herhangi bir NBM-500 serisi sayaçla kullanılabilmekte ve toplam kalibrasyonu da bozulmamaktadır.

Kullanılan proba bağlı olarak, Narda geniş bant alan ölçer NBM-550 100kHz'den 60 GHz frekans aralığında büyük bir hassasiyetle iyonlaştırıcı olmayan radyasyonu ölçen bir alet ile ilgili hemen hemen her şeyi sağlar. Cihaz geniş bir fonksiyona sahip olmasına

rağmen kullanımı çok kolaydır. Aynı zamanda kullanışlı bir tasarım, sağlam gövde, uzun pil ömrü ve yüksek ölçüm hassasiyetine de sahiptir. Bu cihazla yüksek radyasyon seviyeleri olan iş yerlerinde, kişisel güvenliğiniz için elektrik ve manyetik alanları, güç yoğunlukları doğrulukla ölçülebilir. Bu prob endüstri, Telekom, radyo ve televizyon yayınlarından oluşan alanları kapsayan 100 kHz'den GHz 6 frekanslarına kadar olan elektrik alanlarını algılar. Bu prob alan ölçümü için ideal mekanik ve elektrik özelliklerle tasarlanmıştır.

Çizelge 3.1. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün özellikleri

Frekans aralığı	1MHz-9.4GHz
DANL	-155dBm(1Hz)
Maksimum ölçüm aralığı	-170dBm(1Hz)
Preamplifier	-150dBm (1Hz)
Maksimum güç	20dBm (opt. +40dBm)
En düşük örnekleme zamanı	5ms
Resolution (RBW)	200Hz to 50MHz
EMC filtresi	200Hz, 9kHz, 120kHz, 200kHz, 1,5MHz, 5MHz
Birimler	PC yazılımı aracılığı ile dBm, dBµV, V/m, A/m, W/m ² , dBµV/m, W/cm ²
Dedektörler	RMS, Min/Max
Demodulator (kip çözücü)	AM, FM, PM, GSM
Giriş	50 Ohm SMA RF-input (f)
Doğruluk	+/- 1dB (typ.)
Interface (arabirim)	USB 2.0/1.1
El tipi duyarlılığında Dünya Rekoru	
14bit Dual-ADC	
DDC donanım filtresi	
150 MIPS DSP (CPU)	

Çizelge 3.2 NBM-550 geniş bant elektromanyetik alan ölçerin özellikler

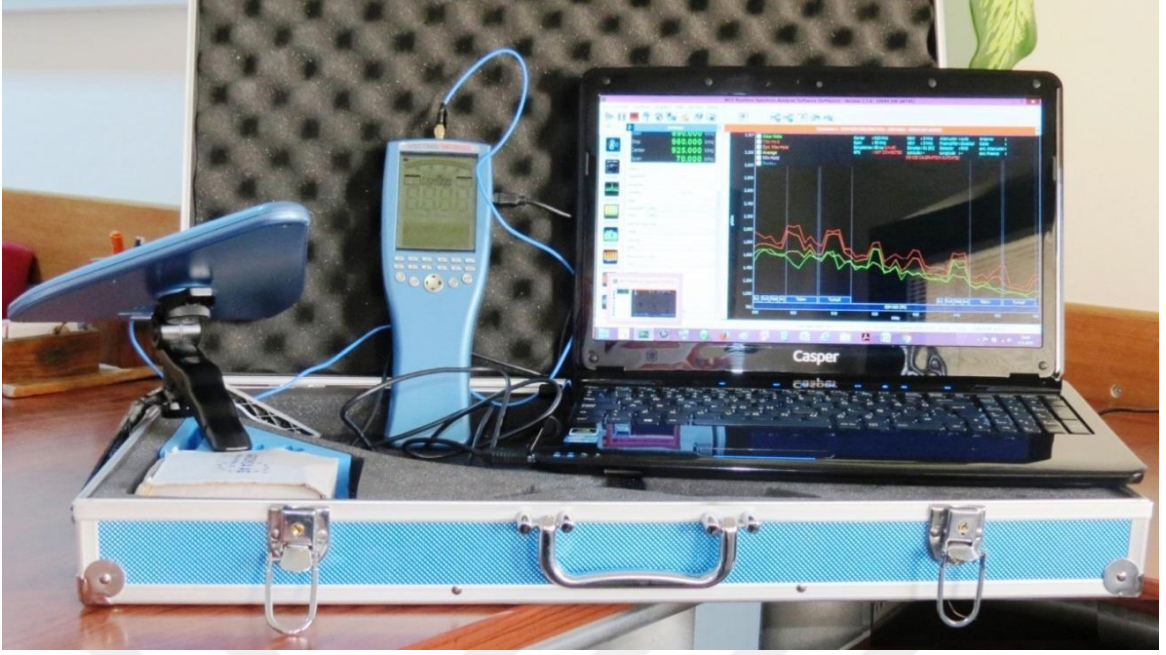
EKRAN	
Ekran Tipi	Işık yansıtıcısı LCD, siyah beyaz
Ekran Boyutu	10 cm (4 inç), çözünürlüğü 240 x 320 noktalar
Arka ışık	Beyaz LED'ler, seçilebilir aydınlatma süresi (Kapalı, 5s, 10s, 30s, 60s, Kalıcı)
Yenileme hızı	Çubuk grafik ve grafikler için 200 ms, sayısal sonuçlar için 400 ms
ÖLÇÜM FONKSİYONLARI	
Sonuçların birimleri	mW/cm ² , W/m ² , V/m, A/m, standardın %
Görüntü aralığı, sabitlenmiş üçlü takım	Tüm birimler için 0.0001 ile 9999 (4basamaklı)
Görüntü aralığı, değişken üçlüler	0.01 V/m ile 100 k V/m; 0.027 m A/m ile 265.3 A/m; 0.265 µ W/m ² ile 26.53 m W/m ² ; 0.027 n W/cm ² ile 2.653 k W/cm ² , % 0.0001 ile %9999
Sonuç türleri (izotropik RSS)	Gerçek (Act), maksimum (Max), minimum (Min), ortalama (Avg), maksimum ortalama (Max Avg)
Sonuç türleri (X-Y-Z modu)	Gerçek X, gerçek Y, gerçek Z, (ayrı eksenli bir prob gerektirir)
Ortalama zaman	4 saniyeden 30 dakikaya kadar seçilebilir, (2 saniye adımlarla)
Çoklu pozisyon mekansal ortalama	24 saate kadar mekânsal olarak ortalanmış sonuçların ortalaması her pozisyonu ve toplamı saklanır.
Geçmiş görüntüleme	Gerçek sonuçların grafik ekran zamana karşı (2 dakika ile 8 saat süre)
Frekans düzeltme	1 kHz'den 100 GHz'e kadar veya kapalı (doğrudan frekans girişi, kalibrasyon noktaları arasındaki interpolasyon)
Bağlantı noktası arama	Azalan ve artan alan şiddeti için sesli gösterge (sonuç tipi gerçek veya maksimum)
Alarm fonksiyonu	2 kHz işitilebilir sinyal (4 Hz tekrarlama), ayarlanabilir eşik
Günlük zamanlayıcı	Ön seçim zaman başlatma: 24 saate kadar ya da hemen Günlük süresi: 100 saate kadar Kayıt aralığı: (11 adımda) 1 saniyeden 6 dakikaya kadar
SONUÇLAR HAFIZASI	
Fiziksel Hafıza	Ölçüm sonuçları ve sesli yorumlar için 12 MB kalıcı flash bellek
Saklama Kapasitesi	(Test parametreleri, zaman bilgisi ve hazır olduğunda GPS verileri dahil) 5000 sonuç

Çizelge 3.3 EF0691 probunun özellikleri

EF0691 Probu	Elektrik Alan (E)	
Frekans aralığı	100 kHz'den 6 GHz'e kadar	
Ölçüm aralığı	0.38'den 650 V/m (CW) 0.38'den 22 V/m (gerçek RMS)	38 n W/cm ² 'den 112 m W/cm ² (CW) 38 n W/cm ² 'den 0.13 m W/cm ² (gerçek RMS)
Dinamik aralık	65 dB	
CV hasar seviyesi	1000 V/m	265 m W/cm ²
Pik hasar seviyesi	10Kv/m	26 W/cm ²
Sensör tipi	Diyot tabanlı sistem	
Yönlülük	İzotropik (üç eksenli)	
Okuma modu/mekânsal değerlendirme	3 ayrı eksen	
Belirsizlik		
Frekans tepkisi kararlılığı Kalibrasyon belirsizliği dahil değildir	±1.0 dB (1 MHz'den 4 Ghz'e) ±1.5 dB (0.3 MHz'den 5 Ghz'e) -2.5 dB typ.0.15 MHz	
Kalibrasyon belirsizliği 0.2 m W/cm ² (2.75 V/m)	±1 dB (<400 MHz) ±1.5 dB (400 MHz'den 1.8 GHz'e) ±1 dB (≥1.8 GHz)	
Doğrusallık 0.2 m W/cm ² (2.75 V/m)'ye refere edilmiş	0.5 dB. (2.2'den 316'ye V/m)	±0.5 dB (0.0013'den 26.5'ye m W/cm ²)
İzotropik yanıt	±1 dB.	
Uygunluk	NBM-500 serisi sayaçlar	
Kalibrasyon frekansları	0.1/0.2/0.3/1/3/10/27.12 MHz 0.1/0.2/0.3/0.5/0.75/1/1.8/2.45/2.7/3/4/5/6 GHz	



Şekil 3.1. NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer



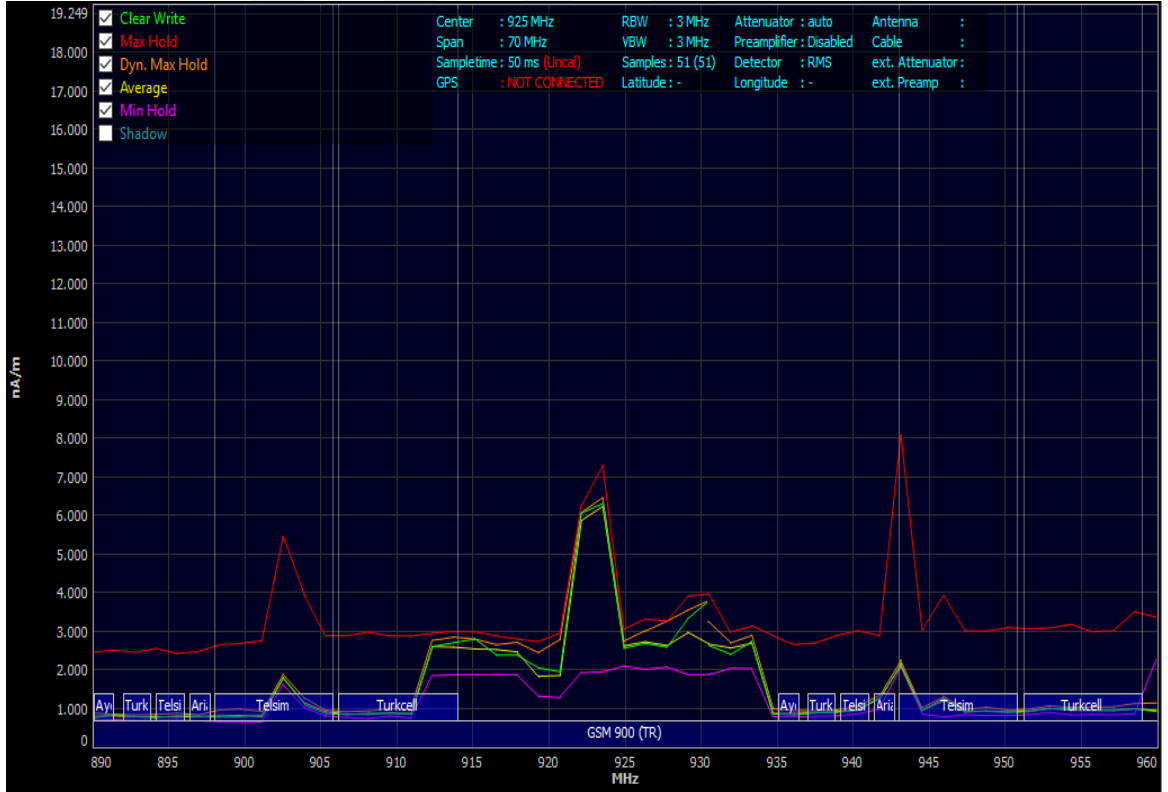
Şekil 3.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bilgisayar (Söğüt, 2016)



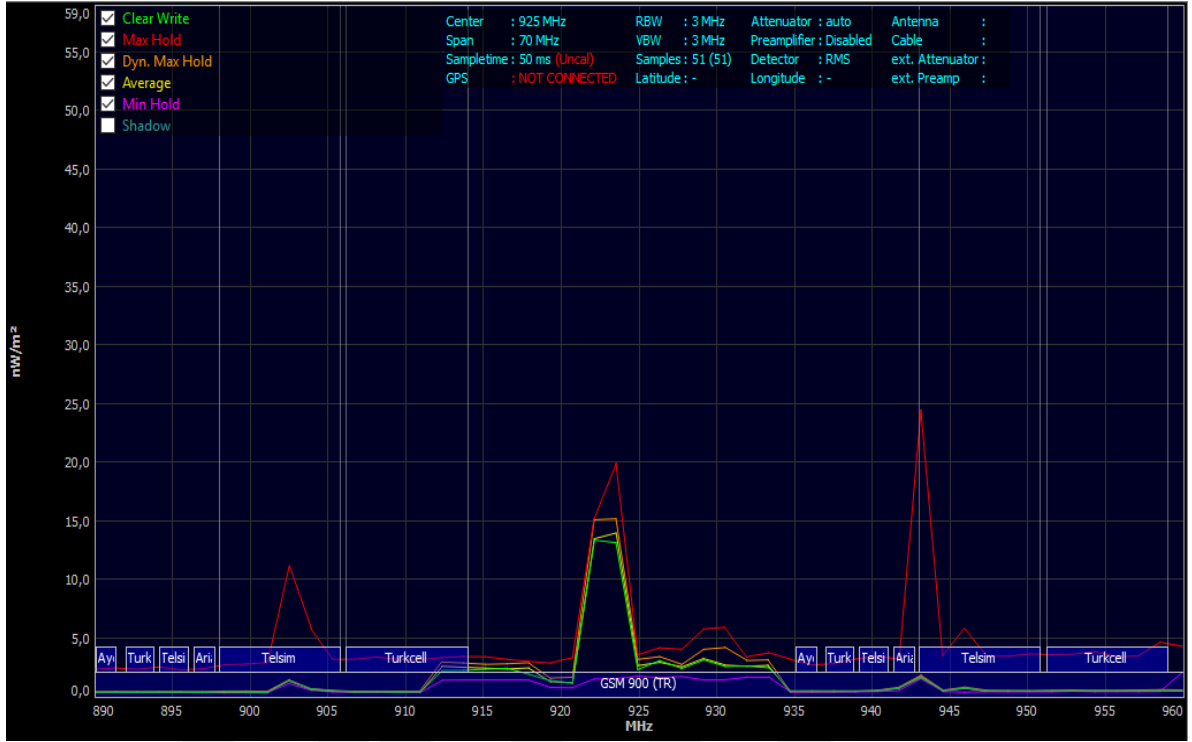
Şekil 3.3. Avşar Kampüsü boyunca ölçüm yapılan noktaların uydu haritası



Şekil 3.4. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.



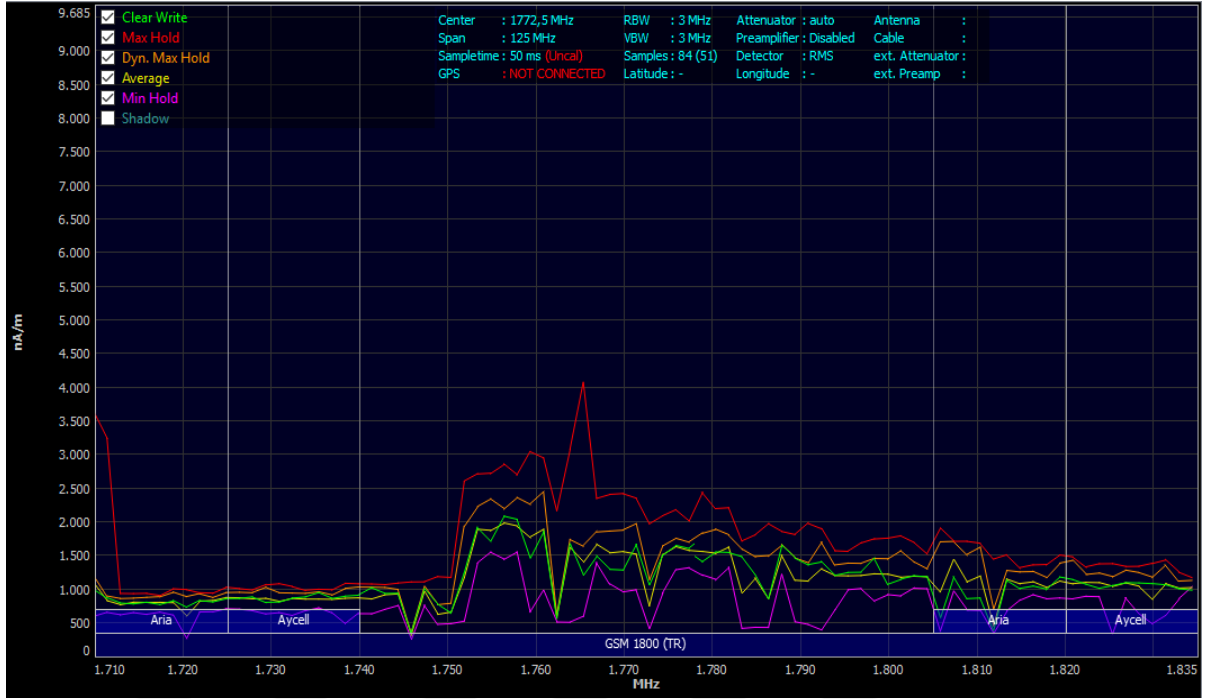
Şekil 3.5. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.



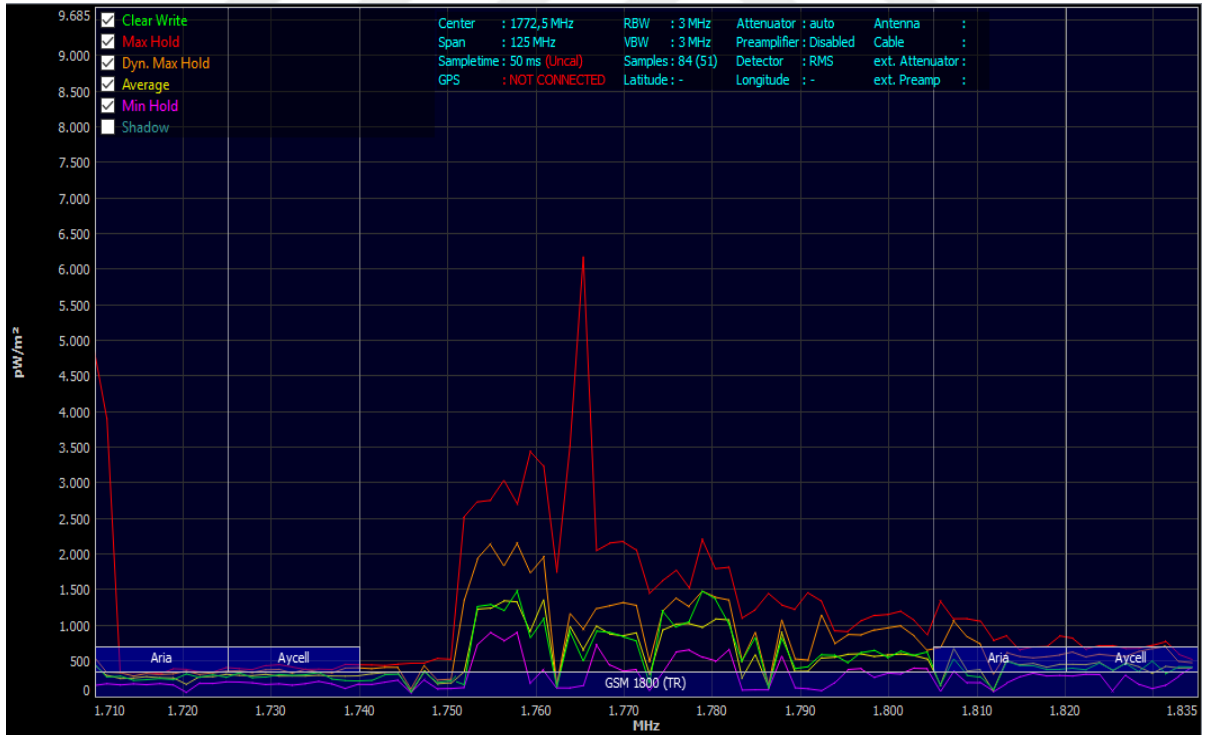
Şekil 3.6. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.



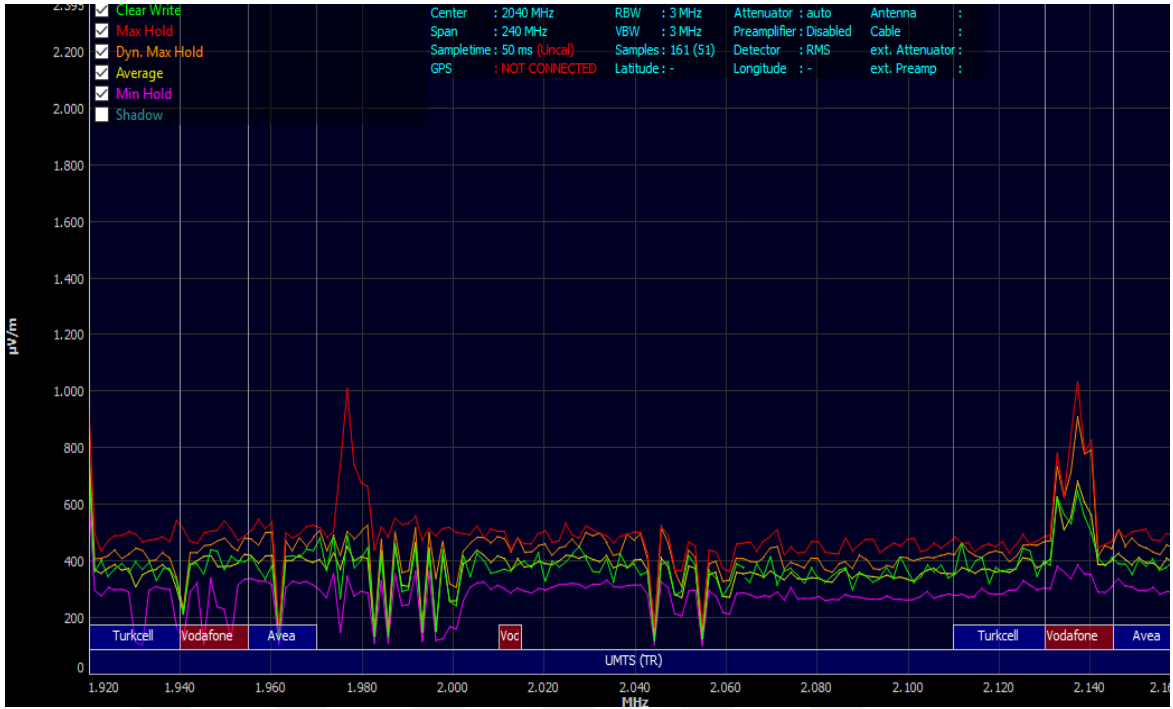
Şekil 3.7. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.



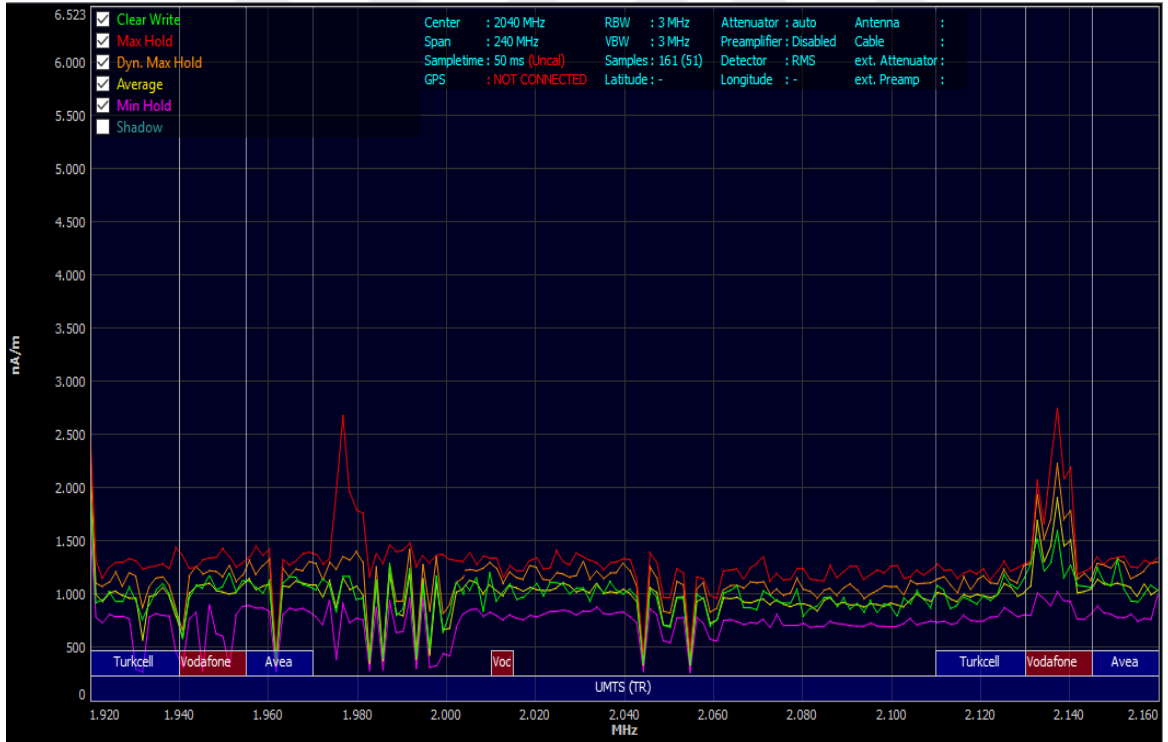
Şekil 3.8. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.



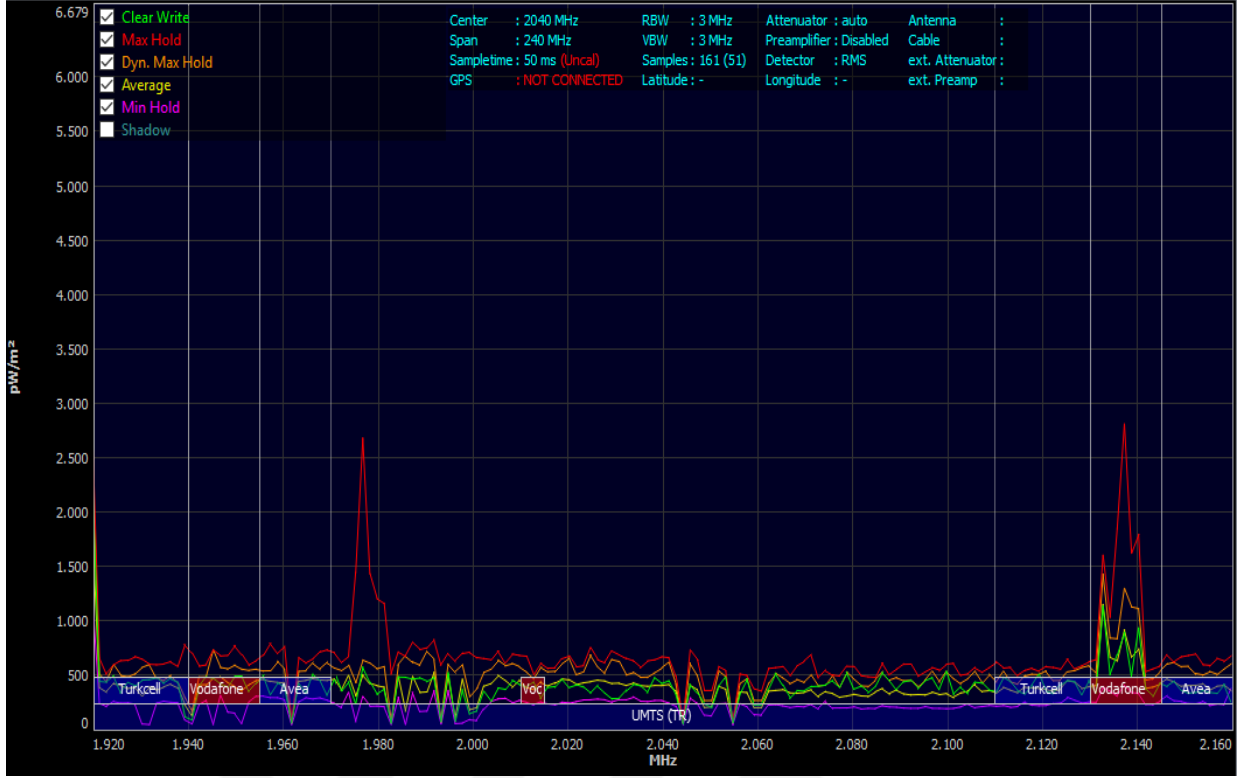
Şekil 3.9. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.



Şekil 3.10. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.



Şekil 3.11. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.



Şekil 3.12. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.

3.1. Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğunun Hesaplanması

Güç akı yoğunluğu; Bir elektromanyetik dalganın hareket doğrultusuna dik, birim alana düşen güç miktarı (W/m^2 ya da W/cm^2) olarak tanımlanmaktadır. Elektrik alan şiddeti (E); Uzayda herhangi bir noktada; bir birimlik pozitif elektrik yüküne etki eden kuvvetin, (V/m) vektörel büyüklüğü ve manyetik alan şiddeti (H) ise manyetik akı yoğunluğunun, ortamın geçirgenliğine oranı (A/m) olarak tanımlanmıştır (BTK, 2011). Güç yoğunluğunun (güç akı yoğunluğu ya da elektromanyetik alan olarak adlandırılır) hesaplanması aşağıdaki denklemle yapılabilir (Söğüt, 2016; IEEE Std C95.1, 1999).

$$S\left(\frac{W}{m^2}\right) = E\left(\frac{V}{m}\right) \times B\left(\frac{A}{m}\right) \quad (3.1)$$

Şayet, burada B bilinmiyorsa, havanın alan direncini 377 Ohm kabul ederek aşağıdaki denklemlerle S hesaplanabilir.

$$S\left(\frac{W}{m^2}\right) = \frac{E^2\left(\frac{V}{m}\right)}{377\Omega} \quad (3.2)$$

$$S\left(\frac{W}{m^2}\right) = B^2\left(\frac{A}{m}\right) \times 377\Omega \quad (3.3)$$

Şayet E ve B elektrik ve manyetik alanı şiddetleri hesaplamak istenirse, aşağıdaki denklemler kullanılabilir.

$$E\left(\frac{V}{m}\right) = \sqrt{S\left(\frac{W}{m^2}\right) \times 377\Omega} \quad (3.4)$$

$$B\left(\frac{A}{m}\right) = \sqrt{\frac{S\left(\frac{W}{m^2}\right)}{377\Omega}} \quad (3.5)$$

Yapılan ölçümlerde, ölçülen elektrik alan şiddeti temel ölçüm değeri alınarak ölçümlerde bulunan manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğunun değerleri denklem (3.2) ve denklem (3.5)'e göre hesaplanarak kontrol edilmiştir ve tüm ölçümlerin birimlerinin tümü, gerekli olduğu yerlerde, birim dönüşümleri yapılarak ($1\mu W/cm^2 = 0.01 W/m^2 = 0.001 mW/cm^2$ ya da $10\mu W/cm^2 = 0.1 W/m^2 = 0.01 mW/cm^2$ şeklinde) mV/m, mA/m ve mW/m² olarak alınmıştır (IEEE Std C95.1, 1999).

3.2. Bir Telekomünikasyon Cihazından Güvenlik Mesafesinin Hesaplanması

Güvenlik mesafesi, antenden itibaren ve antenlerin yayın yönü ile cihaz çıkış gücü, anten kazancı, elektrik alanının limit değeri dikkate alınarak hesaplanan, metre cinsinden değeridir (BTK, 2011). Güvenlik mesafesinin nasıl hesaplanacağı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından 21 Nisan 2011 perşembe günü 27912 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan, “Elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkında yönetmeliğin 6. Maddesinde”, antenden itibaren ve antenlerin yayın yönü dikkate alınarak, uluslararası IRPA kuruluşunun belirlemiş olduğu, aşağıdaki formülle hesaplanacağını belirtmektedir (Söğüt, 2016).

$$d = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot 10^{10}}}{E} \quad (\text{metre}) \quad (3.6)$$

Burada, P, cihaz çıkış gücünü (Watt); G, anten kazancını (dBi); E, elektrik alanın limit değerini (Volt/metre olarak, tek bir cihaz için limit değerini) ve d, güvenlik mesafesini (metre) göstermektedir (BTK, 2011). Denklem (3.6)'dan da görüldüğü gibi güvenlik mesafesinin hesaplanabilmesi için baz aktarım istasyonunun istenen yöndeki çıkış gücünün, anten kazancının ve hesaplanmak istenen alana göre elektrik alan limit değerinin bilinmesi gerekmektedir (Cevizli, 2009).

3.3. Radyo Dalgalarına Çevresel Etkileri

Radyo dalgaları yayılırken aşağıda özetlenmiş olan bazı çevresel olaylarından etkilenir:

Yansıma ve çok yollu radyo bağlantıları,
Atmosferik kırılma,
Radyo bağlantı güzergâhı ve K-faktörü eğriliği,
Toprak tabanlı ve yüksek radyo kanalları,
Kırınım ve engel kaybı,
Boş alan kaybı,
Soğurulma nedeniyle Atmosferik zayıflama,
Radyo dalgalarının saçılması,
Radyo dalgalarının polarizasyon,

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde belirli aralıklarla 13 farklı noktada, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından yayınlanan radyofrekans (RF) kökenli radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde frekans aralığı 100kHz-6GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü olmak üzere iki farklı elektromanyetik alan ölçer cihazı kullanılmıştır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonunun (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection=ICNIRP) önerisi doğrultusunda aynı noktadaki her bir ölçümün anlamlı bir sonuç ifade edebilmesi için, en az 6 dakika boyunca yapılmış ve bu ölçümler üçer kez tekrarlanarak ortalamaları alınmıştır (ICNIRP, 1998; BTK, 2011).

Bu cihazlardan NARDA NBM-550 ortamdaki tüm RF alanları ölçülürken, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bir dizüstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda sadece GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS (3G) 2100 MHz frekansları için elektrik ve manyetik alan şiddeti (E, H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapılmıştır.

NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılan ölçümler sonucu bulunan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları çizelge 4.4. ve çizelge 4.5' de verilmiştir.

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan ölçümler sonucu bulunan elektrik ve manyetik alan şiddetleri ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları çizelge 4.1., çizelge 4.2. ve çizelge 4.3.' de verilmiştir.

Seçilen noktalarda sabah ve öğleden sonra yapılan ölçümlerin karşılaştırılabilmesi için grafikler çizilmiş ve çizilen grafikler şekil 4.1-21'de verilmiştir. Çizelge 4.1-5'den ve şekil 4.1-22'den de görüldüğü gibi belirlenen noktalarda hem sabah hem de öğleden sonra yapılan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçüm değerlerinin tamamı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonunun (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection=ICNIRP)) tarafından belirlenen sınır değerlerinden daha küçüktür.

Çizelge 4.1. GSM 900 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri

YER	KOORDİNAT	10:00-12:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			(ICNIRP, 1998)			(BTK , 2011)		
								6 Dakika			Ortamın Toplam Sınır Değeri		
		E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)
1.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 12,6" E	1326.366	3520.733	4724.9	1475.33	3916.16	5913.8	61	0.16	10	61	0.16	10
2.NOKTA	37° 35' 16,7" N - 36° 49' 7,7" E	1030.766	2736.033	2823.8	168433	447066	77893000						
3.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 1,1" E	924.6	2454.3	2271.866	61463	163133	10040133						
4.NOKTA	37° 35' 17,2" N - 36° 48' 53,2" E	1277.2	3390.166	4404.166	1173.876	3068.1	3550.266						
5.NOKTA	37° 35' 17,5" N - 36° 48' 44,2" E	925.5	2554.966	2460.3	1050.066	2787.333	2927.933						
6.NOKTA	37° 35' 17,6" N - 36° 48' 34,0" E	993.6	2637.466	2621.7	52066	138200	7204900						
7.NOKTA	37° 35' 7,7" N - 36° 48' 38,1" E	995.433	2642.3	2631.33	1085.866	2882.333	3132.3						
8.NOKTA	37° 35' 9,2" N - 36° 48' 50,0" E	1031.733	2738.666	2829.133	1040.266	2761.266	2876.466						
9.NOKTA	37° 35' 7,6" N - 36° 48' 59,3" E	964.766	2560.9	2473.533	1038.466	2756.5	2865.366						
10.NOKTA	37° 35' 5,1" N - 36° 49' 14,4" E	949.5	2520.333	2393.666	1078.966	2864.066	3092.666						
11.NOKTA	37° 35' 11,7" N - 36° 49' 9,3" E	2306.1	6121.4	14120	1102.966	2927.733	3233.8						
12.NOKTA	37° 35' 7,5" N - 36° 49' 26,2" E	1231.3	3268.4	4025.2	1076.233	2856.8	3074.933						
13.NOKTA	37° 35' 14,8" N - 36° 49' 53,2" E	1218.1	3233.333	3948.266	92306	244933	22680000						

Çizelge 4.2. GSM 1800 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri

YER	KOORDİNAT	10:00-12:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			(ICNIRP, 1998)			(BTK , 2011)		
								6 Dakika			Ortaman Toplam Sınır Değeri		
		E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)
1.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 12,6" E	656.633	1743	1148.433	693.433	1840.633	1280.7	61	0.16	10	61	0.16	10
2.NOKTA	37° 35' 16,7" N - 36° 49' 7,7" E	696.266	1848.2	1300.133	10530	27953	299300						
3.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 1,1" E	884.233	2347.166	2082.933	1243.366	3300.5	4105.2						
4.NOKTA	37° 35' 17,2" N - 36° 48' 53,2" E	625.866	1661.366	1040.866	1010.233	2681.666	2724.5						
5.NOKTA	37° 35' 17,5" N - 36° 48' 44,2" E	534.133	1417.766	757.5	25656	68106	1749266						
6.NOKTA	37° 35' 17,6" N - 36° 48' 34,0" E	625.066	1659.166	1038.533	712533	1891.3	1350.333						
7.NOKTA	37° 35' 7,7" N - 36° 48' 38,1" E	705.3	1872.1	1323.6	682.733	1812.266	1511.433						
8.NOKTA	37° 35' 9,2" N - 36° 48' 50,0" E	666.266	1752.666	1159.133	771.566	2048.1	1582666						
9.NOKTA	37° 35' 7,6 ' N - 36° 48 '59,3" E	724.1	1922.033	1394.733	617.166	1638.2	1014.2						
10.NOKTA	37° 35' 5,1" N - 36° 49' 14,4" E	696.866	1849.8	1292.266	648.733	1722	1118.433						
11.NOKTA	37° 35' 11,7" N - 36° 49' 9,3" E	1125.566	2987.7	3381.2	666.4	1768.9	1188.7						
12.NOKTA	37° 35' 7,5" N - 36° 49' 26,2" E	781.766	2075.133	1636.466	748.3	1986.333	1488.766						
13.NOKTA	37° 35' 14,8" N - 36° 49' 53,2" E	599.033	1590.1	952.966	7686.9	20400	2371666						

Çizelge 4.3. UMTS 2100 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 16.00-18.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri

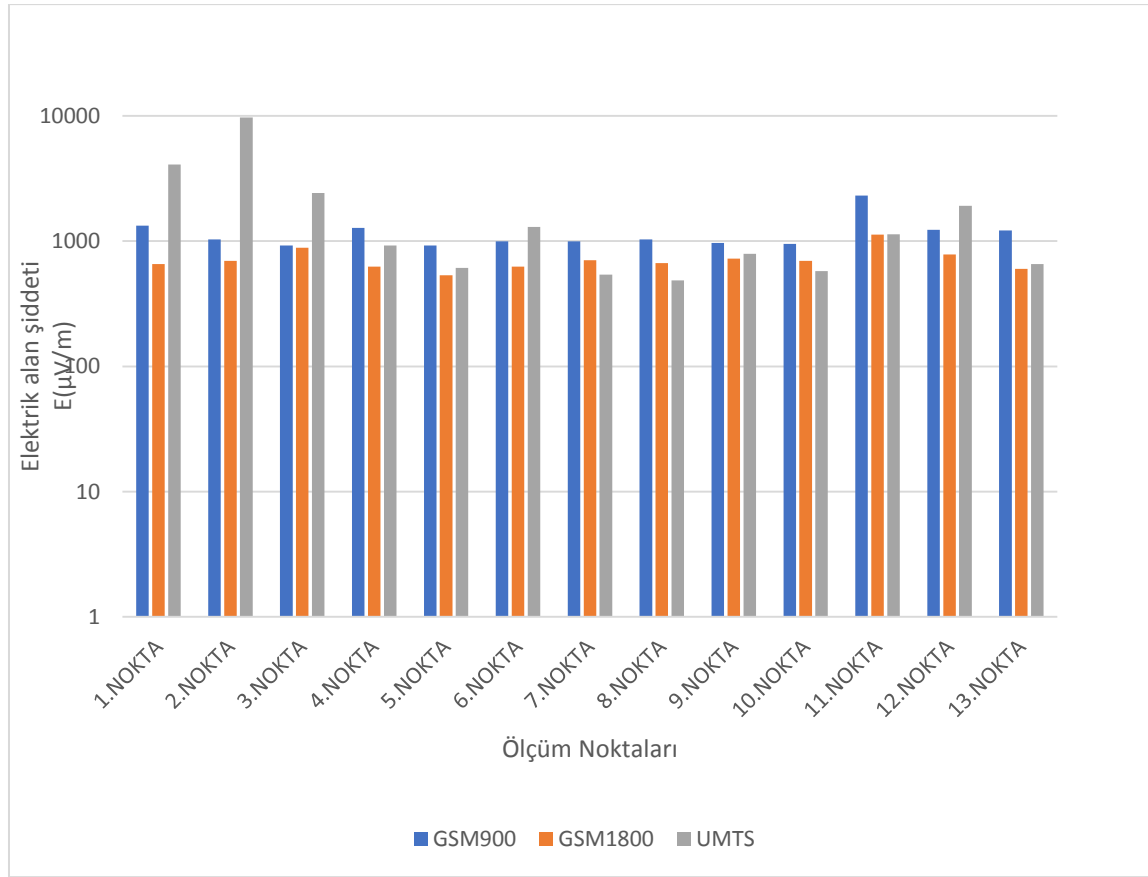
YER	KOORDİNAT	10:00-12:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			(ICNIRP, 1998)			(BTK , 2011)		
								6 Dakika			Ortamin Toplam Sınır Değeri		
		E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (µv/m)	H(nA/m)	S(pW/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m²)
1.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 12,6" E	4079.166	10829.2	1148.433	1607.366	4266.566	7179.766	61	0.16	10	61	0.16	10
2.NOKTA	37° 35' 16,7" N - 36° 49' 7,7" E	9725.033	25813	1300.133	198966	528066	1.05E+08						
3.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 1,1" E	2420.6	6425.3	2082.933	97733	259400	25873300						
4.NOKTA	37° 35' 17,2" N - 36° 48' 53,2" E	921.4	2445.766	1040.866	4738.2	12575.43	62886						
5.NOKTA	37° 35' 17,5" N - 36° 48' 44,2" E	610.166	1619.7	757.5	27616	73300	2038600						
6.NOKTA	37° 35' 17,6" N - 36° 48' 34,0" E	1295	3437.5	1038.533	1185.633	3147.133	3738633						
7.NOKTA	37° 35' 7,7" N - 36° 48' 38,1" E	541.666	1437.8	1323.6	637.3	1691.633	1080.5						
8.NOKTA	37° 35' 9,2" N - 36° 48' 50,0" E	484.733	1286.7	1159.133	579.8	1539	893.6						
9.NOKTA	37° 35' 7,6 ' N - 36° 48 '59,3" E	790.233	2097.6	1394.733	625.666	1660.8	1040						
10.NOKTA	37° 35' 5,1" N - 36° 49' 14,4" E	578.133	1584.566	1292.266	517	1372.266	709.733						
11.NOKTA	37° 35' 11,7" N - 36° 49' 9,3" E	1134.533	3011.466	3381.2	2541.4	6745.866	17170						
12.NOKTA	37° 35' 7,5" N - 36° 49' 26,2" E	1912.4	5076.233	1636.466	842.066	2235.133	1916.933						
13.NOKTA	37° 35' 14,8" N - 36° 49' 53,2" E	657.866	1746.3	952.966	44423	117933	5248066						

Çizelge 4.4. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 16.00-18.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

YER	KOORDİNAT	10:00-12:00 saatleri arasında yapılan ölçümler (maksimum)			16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümler (maksimum)			(ICNIRP, 1998)			(BTK , 2011)		
								6 Dakika			Ortamin Toplam Sınır Değeri		
		E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)
1.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 12,6" E	2.75	7,294x10 ⁻³	20,059x10 ⁻³	2.53	6,706x10 ⁻³	16,978x10 ⁻³	61	0.16	10	61	0.16	10
2.NOKTA	37° 35' 16,7" N - 36° 49' 7,7" E	2.16	5,729x10 ⁻³	12,375x10 ⁻³	3.89	10,318x10 ⁻³	40,138x10 ⁻³						
3.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 1,1" E	1.86	4,933x10 ⁻³	9,176x10 ⁻³	1.41	3,740x10 ⁻³	5,273x10 ⁻³						
4.NOKTA	37° 35' 17,2" N - 36° 48' 53,2" E	1.02	2,705x10 ⁻³	2,759x10 ⁻³	3.17	8,408x10 ⁻³	26,654x10 ⁻³						
5.NOKTA	37° 35' 17,5" N - 36° 48' 44,2" E	1.03	2,732x10 ⁻³	2,814x10 ⁻³	0.95	2,519x10 ⁻³	2,393x10 ⁻³						
6.NOKTA	37° 35' 17,6" N - 36° 48' 34,0" E	3.94	104,509x10 ⁻³	41,176x10 ⁻³	1.47	3,899x10 ⁻³	5,731x10 ⁻³						
7.NOKTA	37° 35' 7,7" N - 36° 48' 38,1" E	0.61	1,618x10 ⁻³	0,987x10 ⁻³	1.57	4,164x10 ⁻³	6,538x10 ⁻³						
8.NOKTA	37° 35' 9,2" N - 36° 48' 50,0" E	1.01	2,679x10 ⁻³	2,705x10 ⁻³	1.73	4,588x10 ⁻³	7,938x10 ⁻³						
9.NOKTA	37° 35' 7,6 ' N - 36° 48 '59,3" E	1.82	4,827x10 ⁻³	8,786x10 ⁻³	2.26	5,994x10 ⁻³	135,480x10 ⁻³						
10.NOKTA	37° 35' 5,1" N - 36° 49' 14,4" E	1.81	4,801x10 ⁻³	8,689x10 ⁻³	0.76	2,015x10 ⁻³	1,532x10 ⁻³						
11.NOKTA	37° 35' 11,7" N - 36° 49' 9,3" E	2.13	5,649x10 ⁻³	12,034x10 ⁻³	1.90	5,039x10 ⁻³	9,575x10 ⁻³						
12.NOKTA	37° 35' 7,5" N - 36° 49' 26,2" E	1.80	4,774x10 ⁻³	8,594x10 ⁻³	0.60	4,244x10 ⁻³	6,790x10 ⁻³						
13.NOKTA	37° 35' 14,8" N - 36° 49' 53,2" E	1.42	3,766x10 ⁻³	5,348x10 ⁻³	1.60	2,811x10 ⁻³	2,980x10 ⁻³						

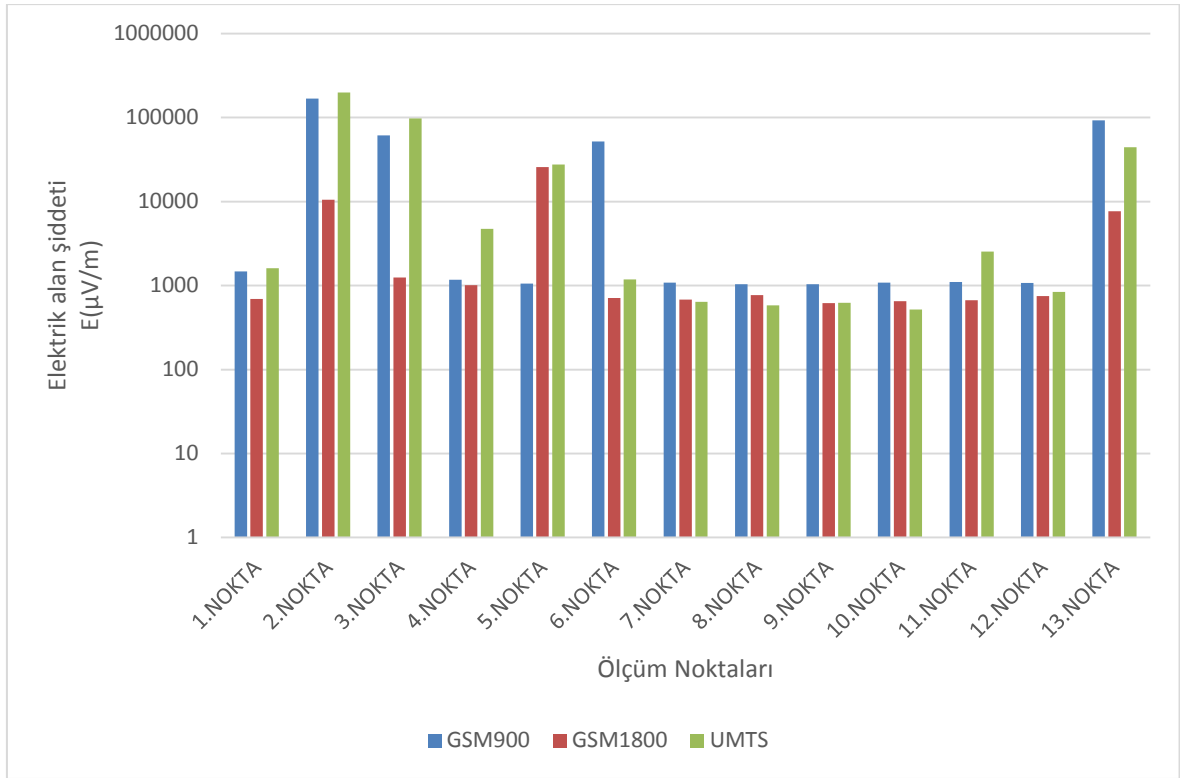
Çizelge 4.5. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu ile Avşar Kampüsünde Öğleden Önce ve Öğleden Sonra Yapılan Elektrik Alan, Manyetik Alan Güç Yoğunluklarının Ölçüm (Ortalama) Değerleri.

YER	KOORDİNAT	10:00-12:00 saatleri arasında yapılan ölçümler (ortalama)			16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümler (ortalama)			(ICNIRP, 1998)			(BTK , 2011)		
								6 Dakika			Ortamın Toplam Sınır Değeri		
		E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)	E (v/m)	H(A/m)	S(W/m ²)
1.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 12,6" E	1.64	4,350x10 ⁻³	7,134x10 ⁻³	1.49	3,952x10 ⁻³	5,888x10 ⁻³	61	0.16	10	61	0.16	10
2.NOKTA	37° 35' 16,7" N - 36° 49' 7,7" E	1.34	3,554x10 ⁻³	4,762x10 ⁻³	1.14	3.023	3,447x10 ⁻³						
3.NOKTA	37° 35' 16,8" N - 36° 49' 1,1" E	0.80	2,122x10 ⁻³	1,697x10 ⁻³	0.70	1,856x10 ⁻³	1,299x10 ⁻³						
4.NOKTA	37° 35' 17,2' 'N - 36° 48' 53,2" E	0.28	0,742x10 ⁻³	0,207x10 ⁻³	0.51	1,352x10 ⁻³	0,689x10 ⁻³						
5.NOKTA	37° 35' 17,5" N - 36° 48' 44,2" E	0.39	1,034x10 ⁻³	0,403x10 ⁻³	0.44	1,167x10 ⁻³	0,513x10 ⁻³						
6.NOKTA	37° 35' 17,6" N - 36° 48' 34,0" E	0.46	1,220x10 ⁻³	0,561x10 ⁻³	0.31	0,822x10 ⁻³	0,254x10 ⁻³						
7.NOKTA	37° 35' 7,7" N - 36° 48' 38,1" E	0.16	0,424x10 ⁻³	0,067x10 ⁻³	0.25	0,663x10 ⁻³	0,165x10 ⁻³						
8.NOKTA	37° 35' 9,2" N - 36° 48' 50,0" E	0.28	0,742x10 ⁻³	0,207x10 ⁻³	0.25	0,663x10 ⁻³	0,165x10 ⁻³						
9.NOKTA	37° 35' 7,6 ' 'N - 36° 48 '59,3" E	0.33	0,875x10 ⁻³	0,288x10 ⁻³	0.61	1,618x10 ⁻³	0,987x10 ⁻³						
10.NOKTA	37° 35' 5,1" N - 36° 49' 14,4" E	0.28	0,742x10 ⁻³	0,207x10 ⁻³	0.22	0,583x10 ⁻³	0,128x10 ⁻³						
11.NOKTA	37° 35' 11,7" N - 36° 49' 9,3" E	1.04	2,758x10 ⁻³	2,868x10 ⁻³	1.15	3,050x10 ⁻³	3,507x10 ⁻³						
12.NOKTA	37° 35' 7,5" N - 36° 49' 26,2" E	0.60	1,591x10 ⁻³	0,954x10 ⁻³	0.68	1,803x10 ⁻³	1,226x10 ⁻³						
13.NOKTA	37° 35' 14,8" N - 36° 49' 53,2" E	0.54	1,432x10 ⁻³	0,773x10 ⁻³	0.61	1,618x10 ⁻³	0,987x10 ⁻³						



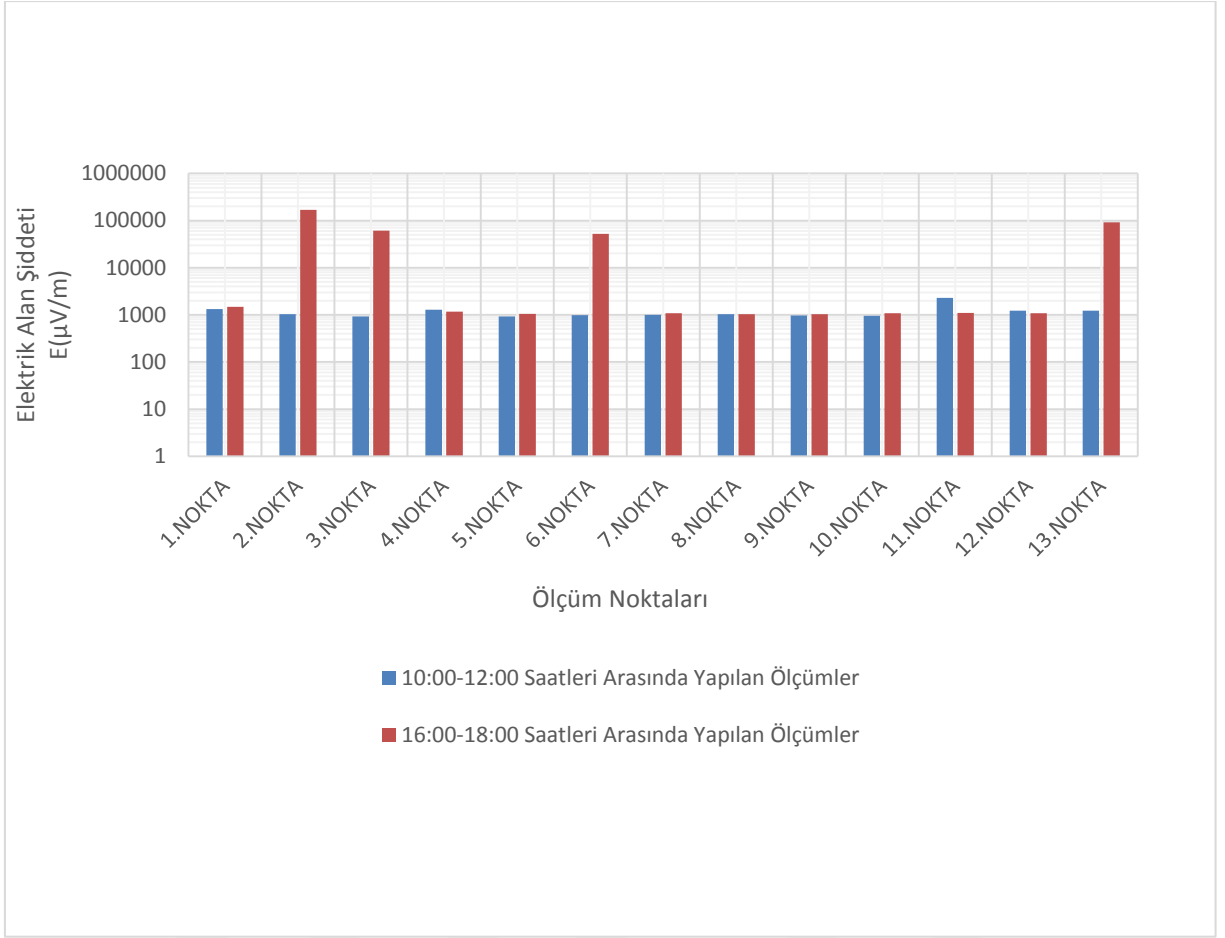
Şekil 4.1. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan elektrik alan şiddeti değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 9725,0333 $\mu\text{V/m}$ olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 8. nokta 484,733 $\mu\text{V/m}$ dir.



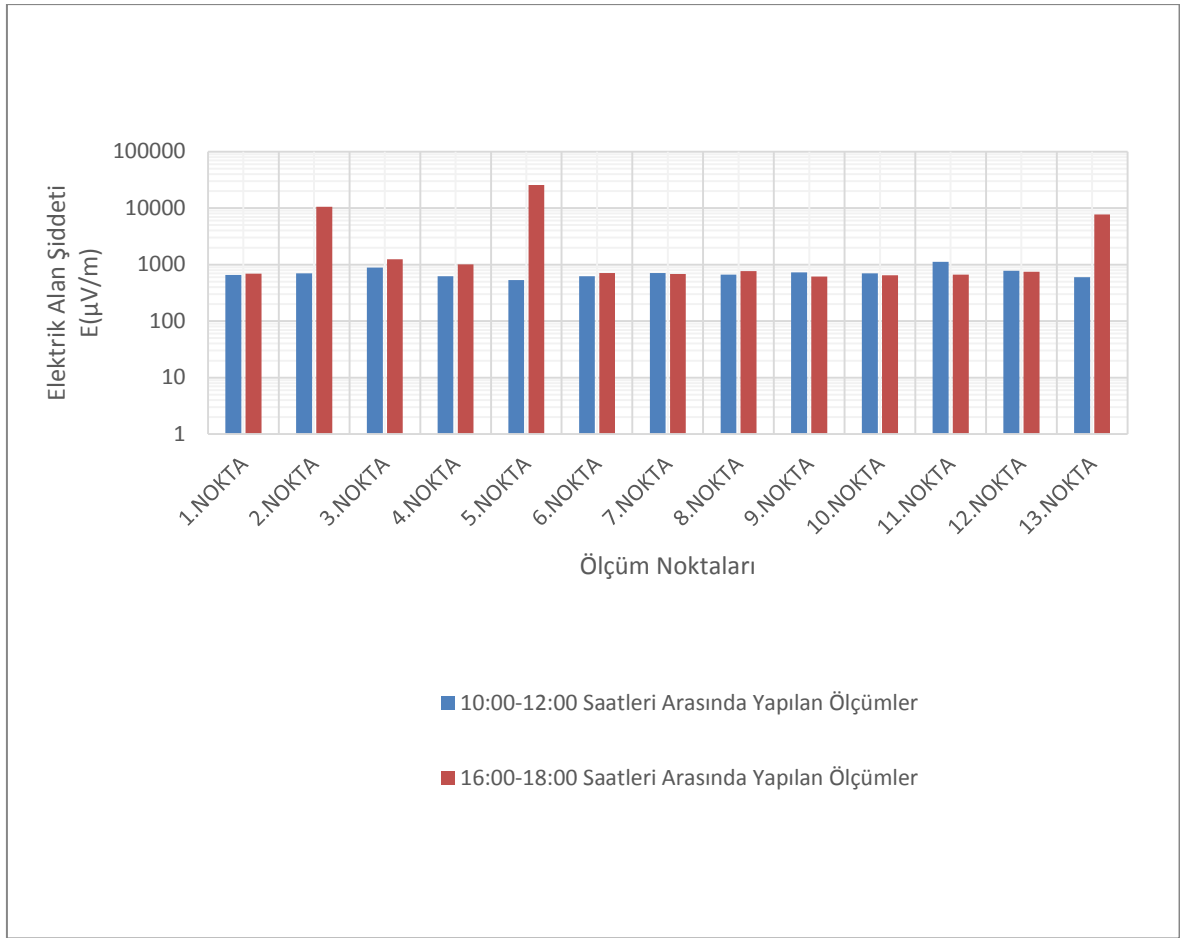
Şekil 4.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan elektrik alan şiddeti değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 198,966 mV/m olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 10. noktada 517 μV/m dir.



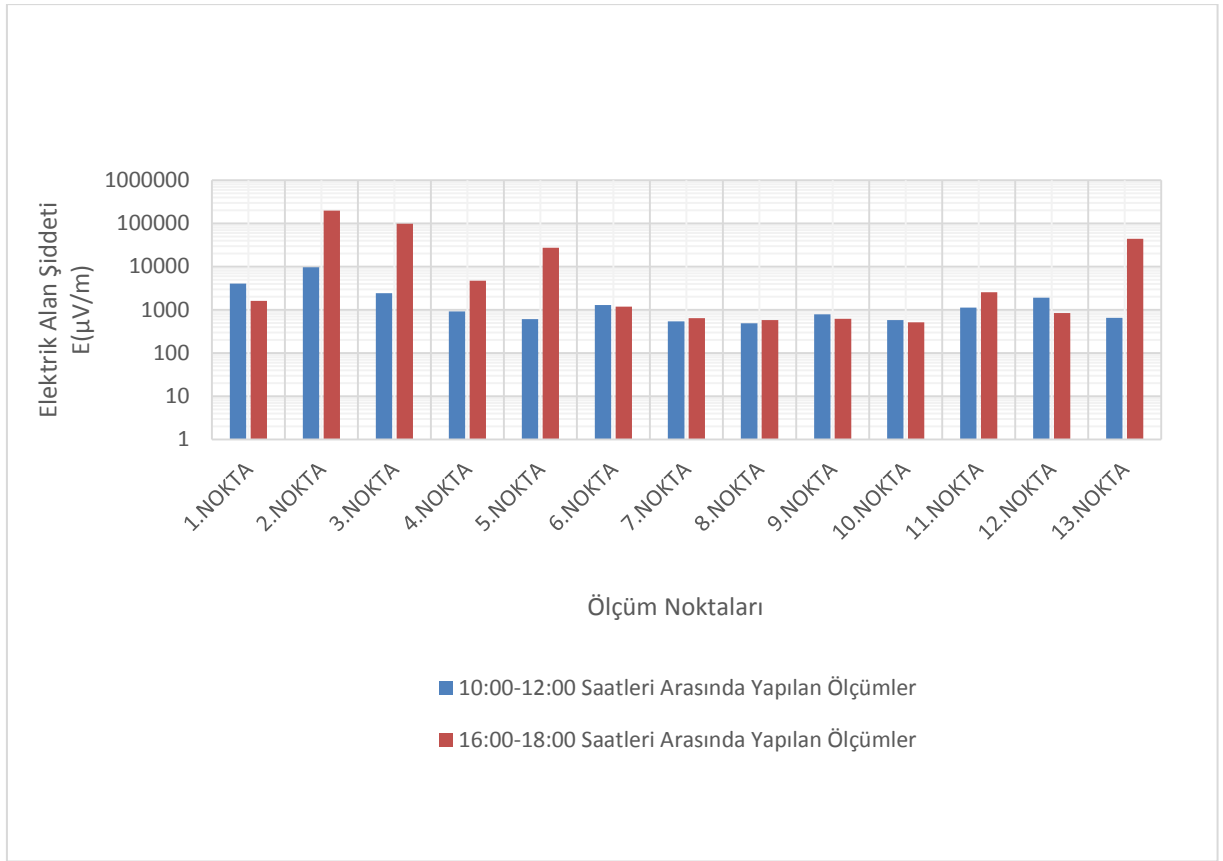
Şekil 4.3. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak GSM 900 MHz frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. Nokta da 2306,1 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 3. Nokta 924,6 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 168,433 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 1038,466 $\mu\text{V/m}$ olarak tesbit edildi.



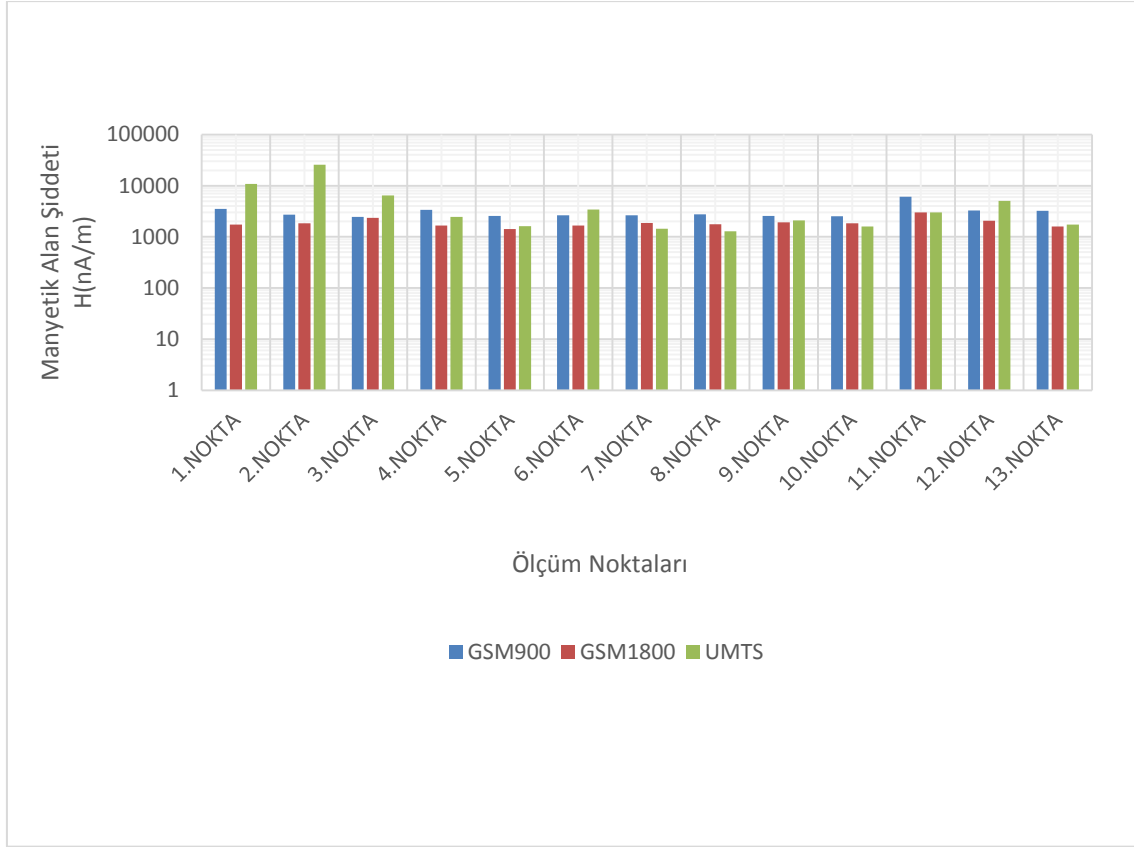
Şekil 4.4. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aynı şekilde GSM 1800 MHz frekansında yapılmış olan olan elektrik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. Nokta da 1125,566 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 5. Nokta 534,133 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 5. nokta da 25,656 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 617,166 $\mu\text{V/m}$ olarak tesbit edildi.



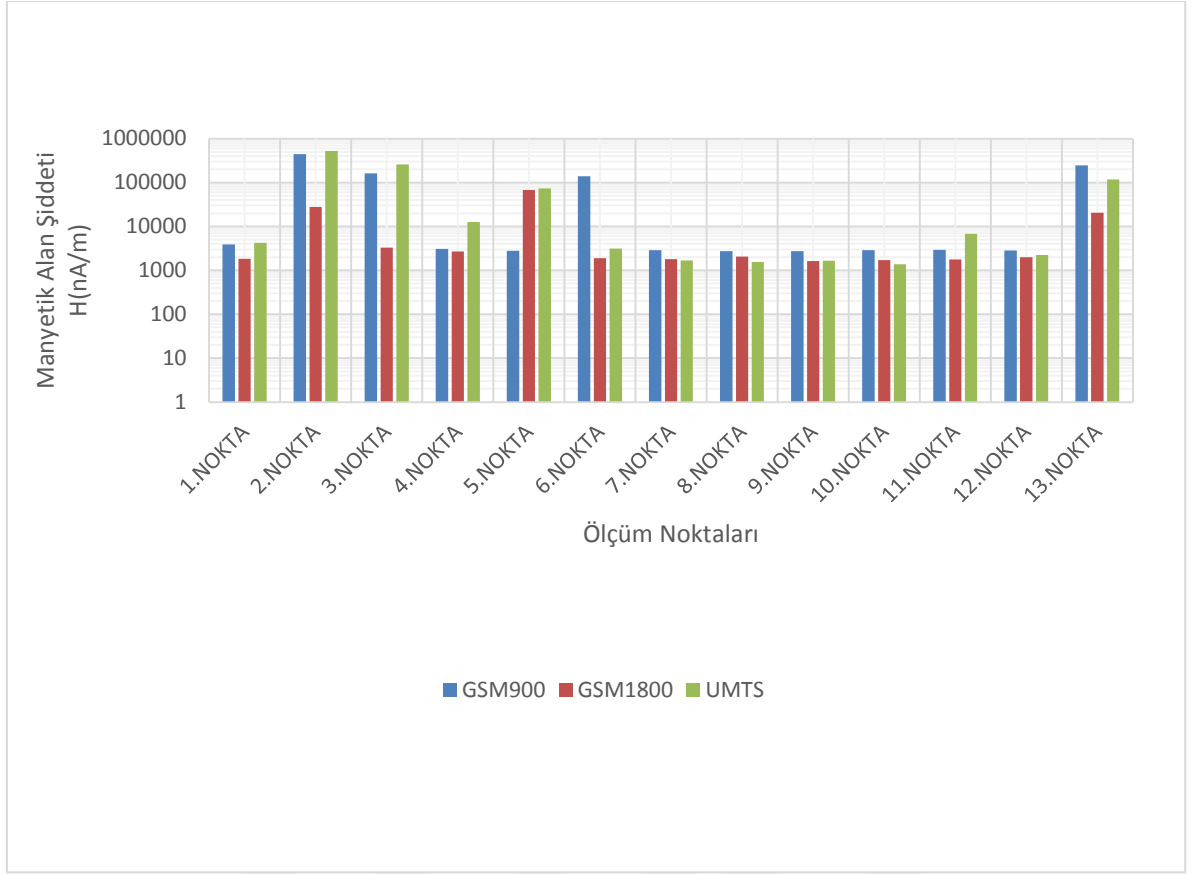
Şekil 4.5. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında UMTS 2100 MHz frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Son olarak UMTS 2100 MHz (UMTS) frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 2. nokta da 9725,0333 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 8. nokta 484,733 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. Nokta da 198,966 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 10. Nuktada 517 $\mu\text{V/m}$ olarak tesbit edildi.



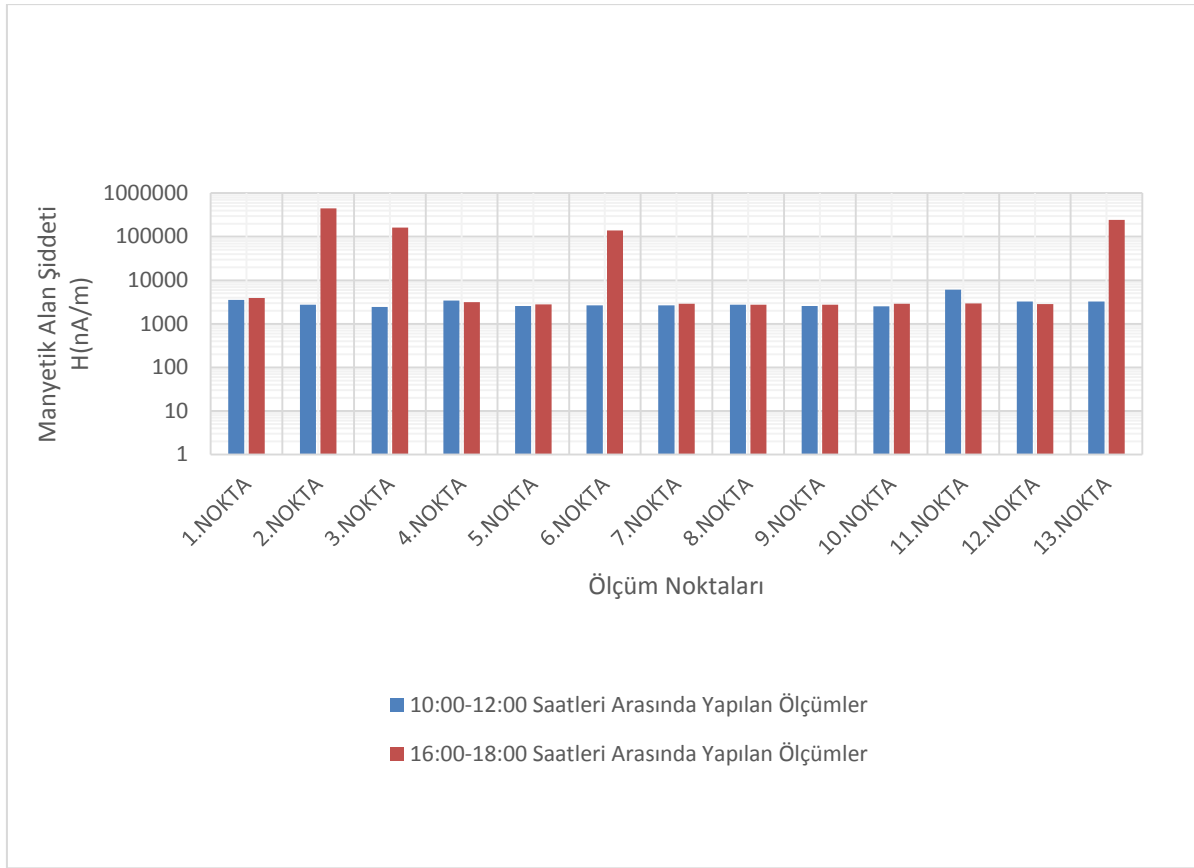
Şekil 4.6. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan manyetik alan şiddet değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 25813 nA/m olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 8. nokta 1286.7 nA/m dir.



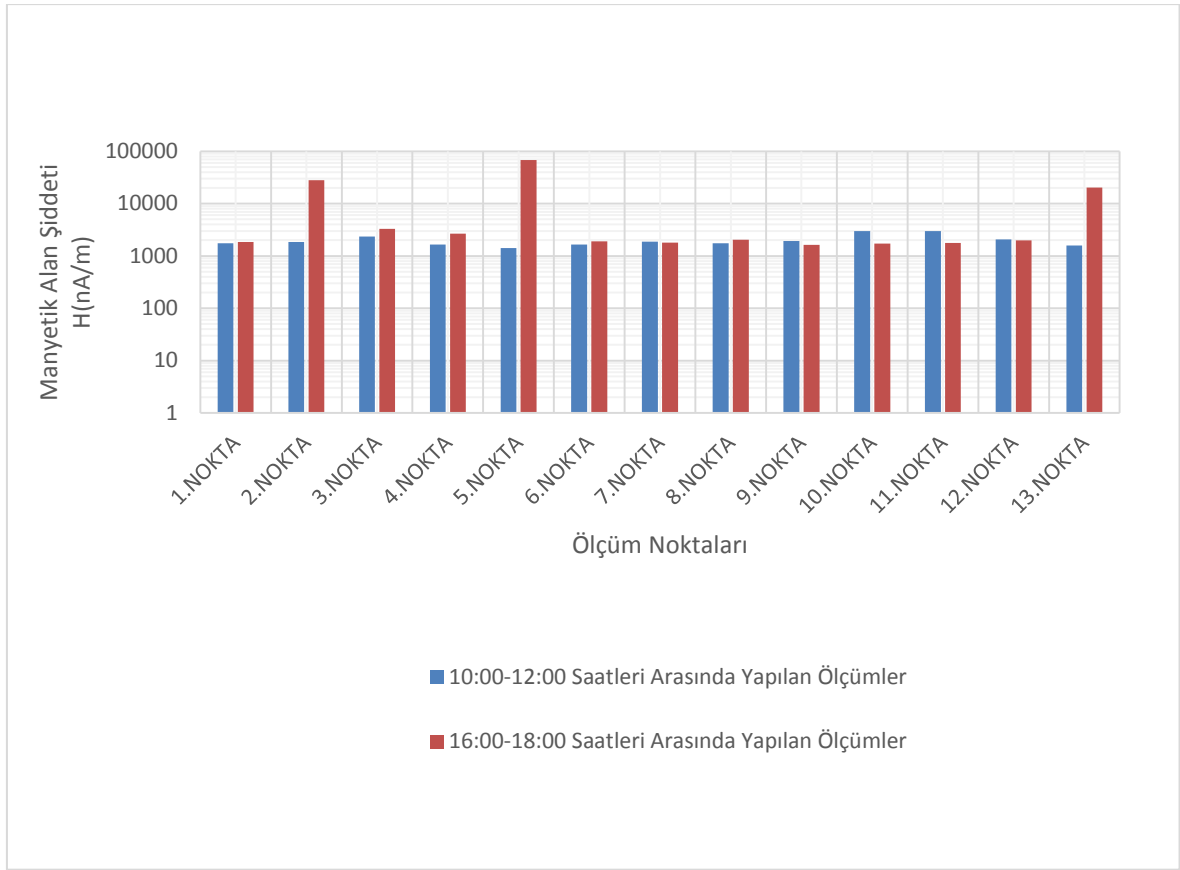
Şekil 4.7. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz,GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan manyetik alan şiddeti değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 528066 nA/m olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 10. nokta da 1372.0266 nA/m dir.



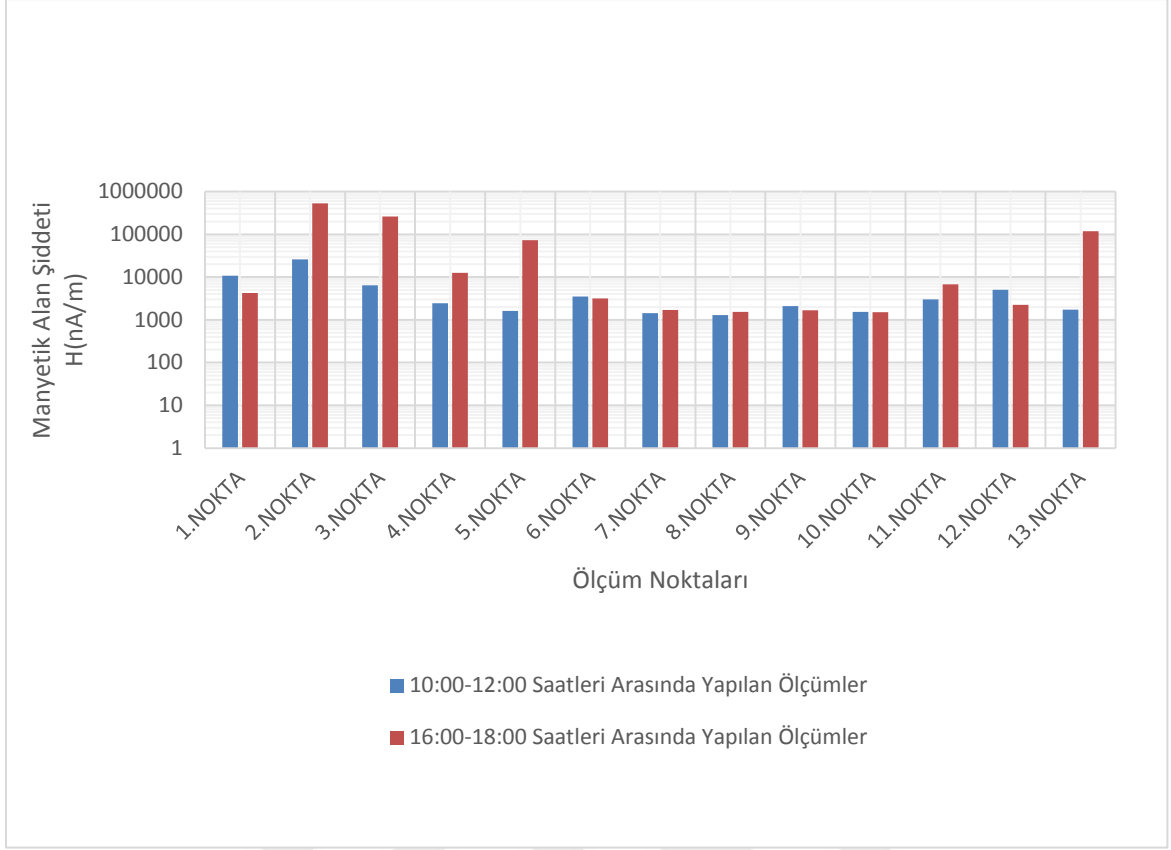
Şekil 4.8. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak GSM 900 MHz frekansında yapılmış olan manyetik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. Nokta da 6121,4 nA/m sabah ölçülmüşken en düşük 3. Nokta 2454,3 nA/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 447066 nA/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 2756,5 nA/m olarak tesbit edildi.



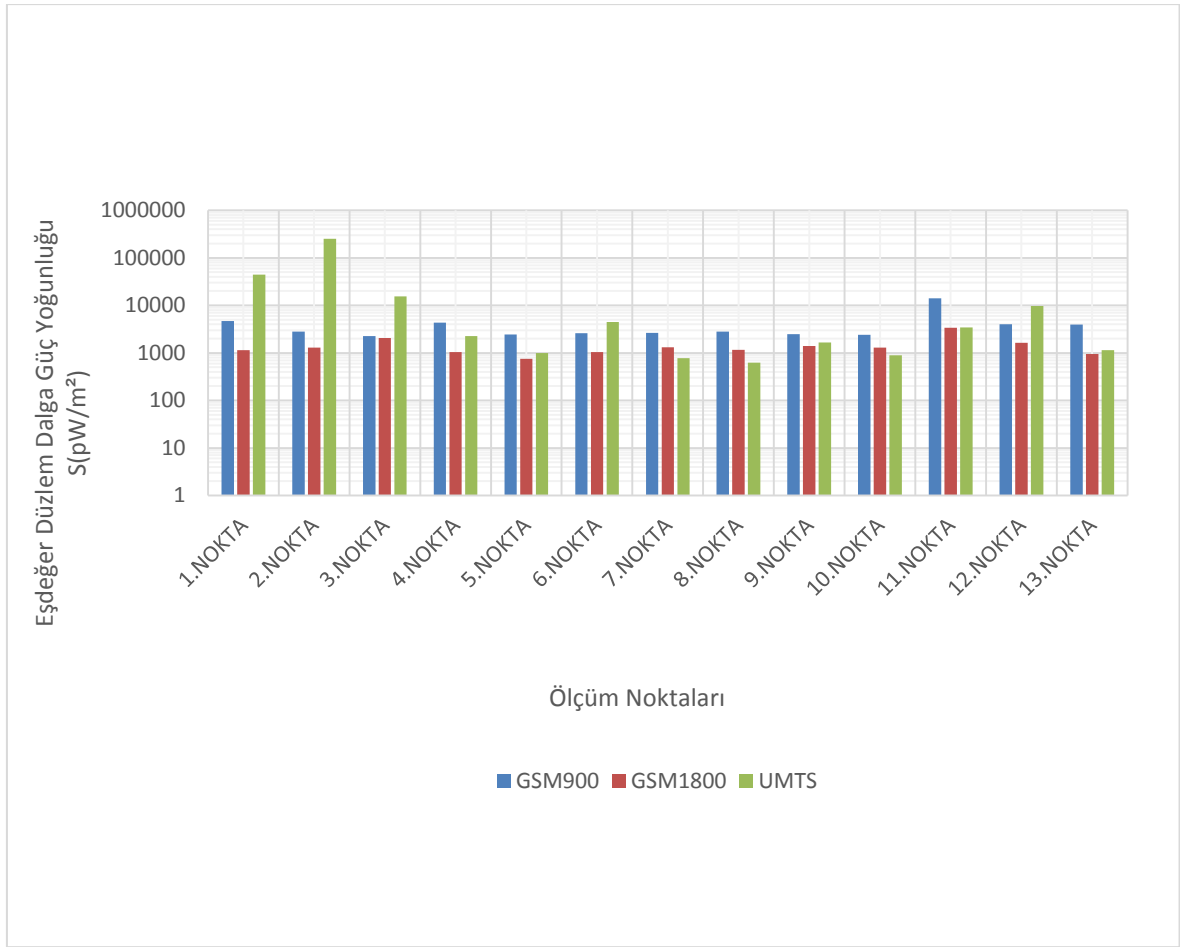
Şekil 4.9. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Aynı şekilde GSM 1800 MHz frekansında yapılmış olan olan manyetik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. nokta da 2987,7 nA/m sabah ölçülmüşken en düşük 5. nokta 1417,766 nA/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 5. Nokta da 68106 nA/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 1638,2 nA/m olarak tesbit edildi.



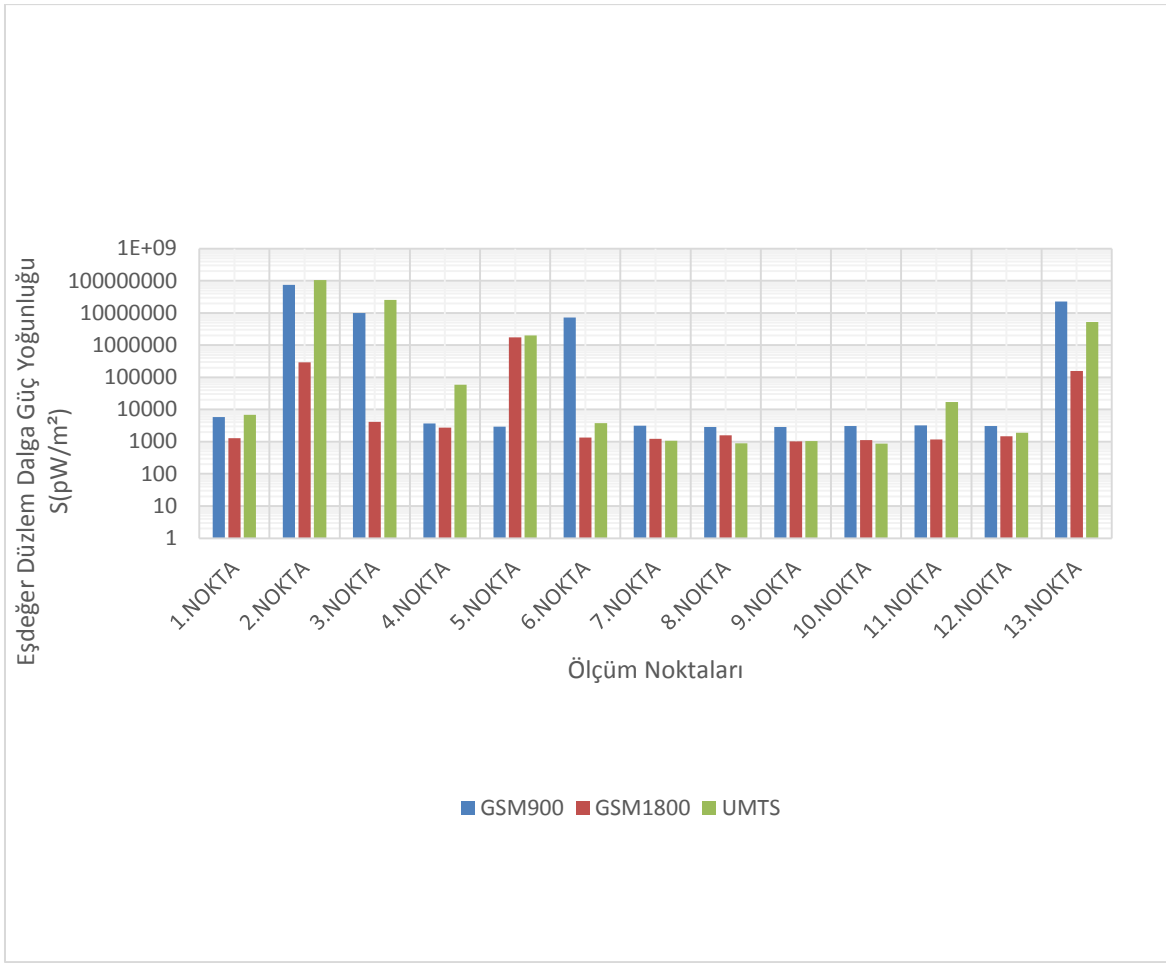
Şekil 4.10. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Son olarak UMTS 2100 MHz (UMTS) frekansında yapılmış olan manyetik alan şiddet değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 2. Nokta da 25813 nA/m sabah ölçülmüşken en düşük 8. nokta 1286,7 nA/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 528066 nA/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 1372,266 nA/m olarak tesbit edildi.



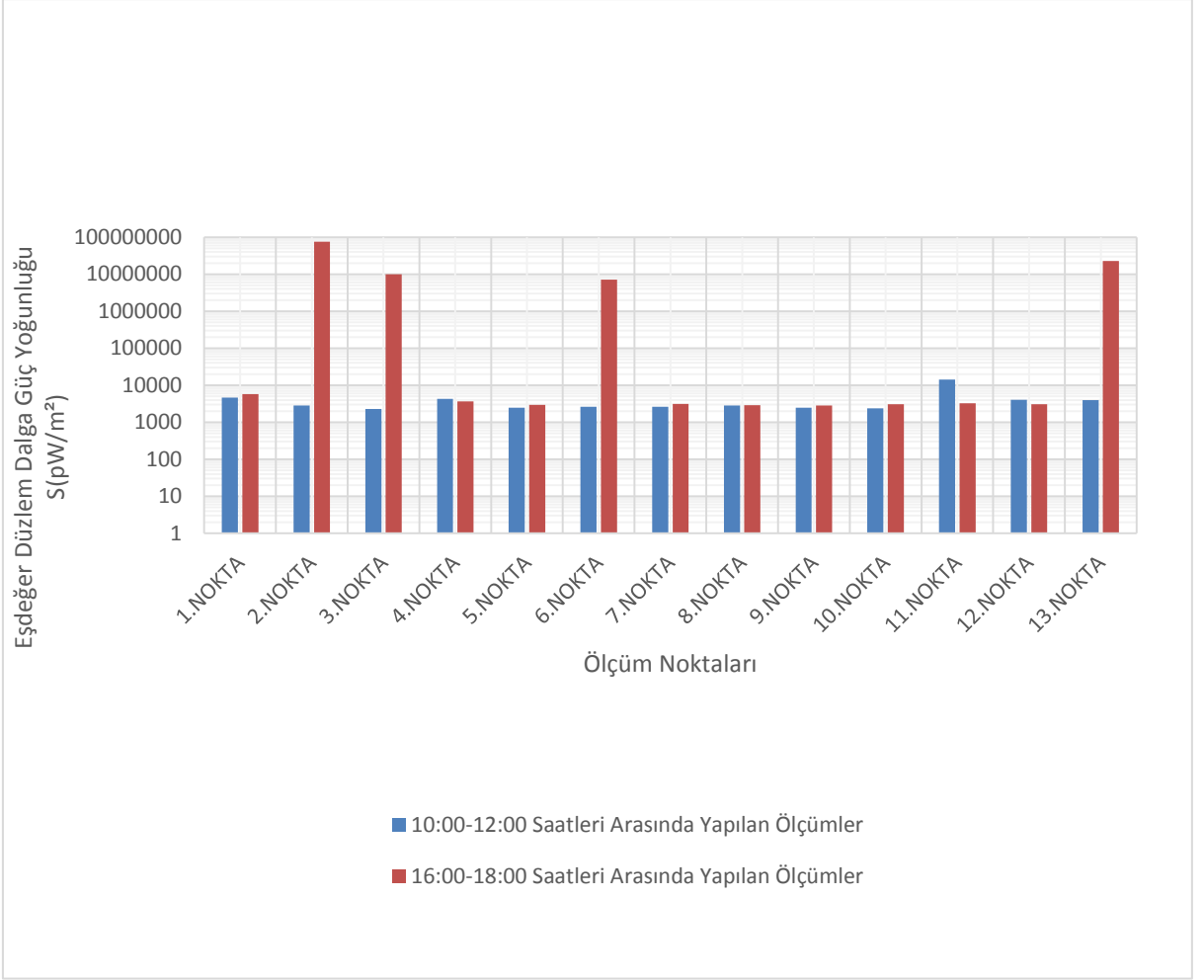
Şekil 4.11. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 1300,133 pW/m² olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 8. nokta 159,133 pW/m² dir.



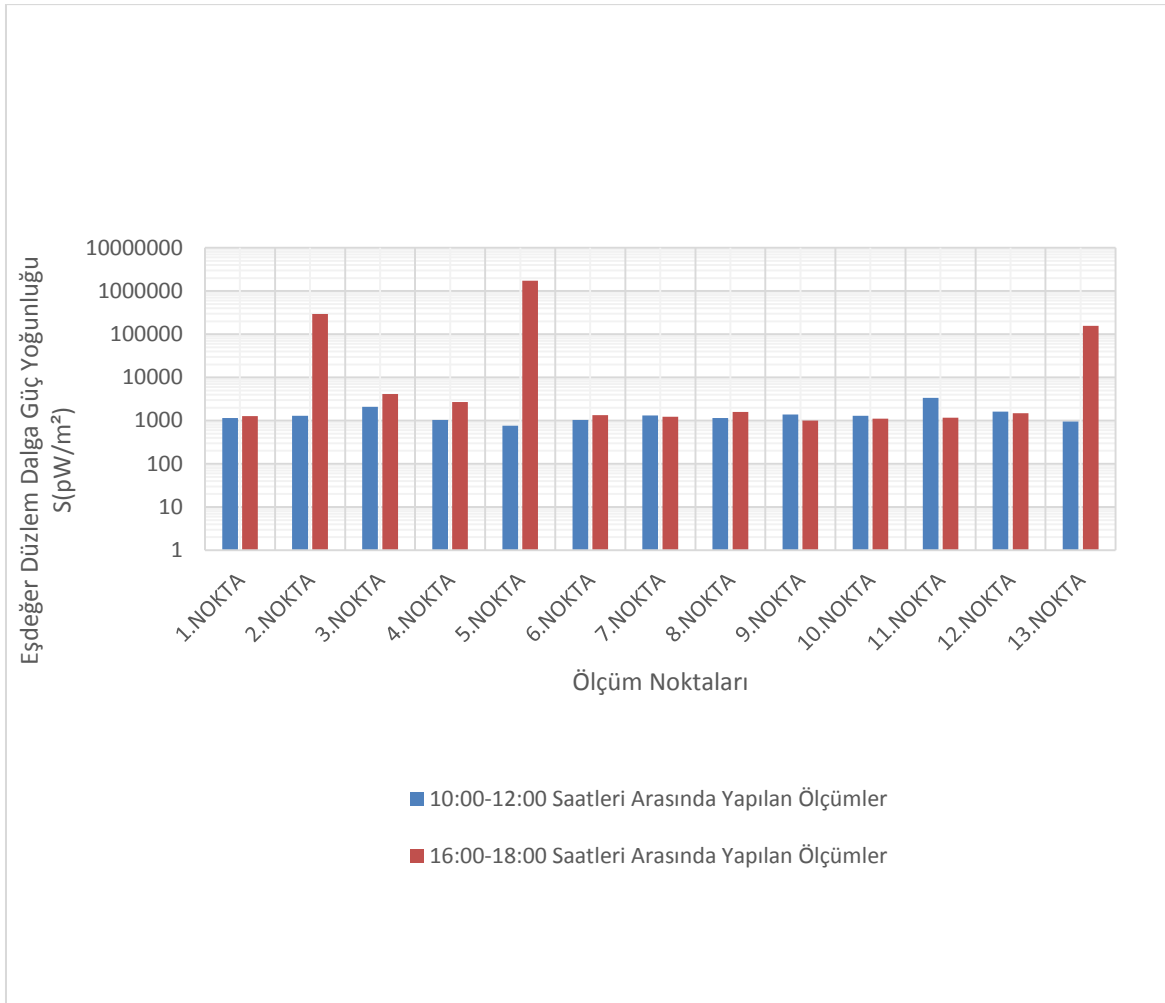
Şekil 4.12. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan spektrum analizörü ile akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz ölçümler sonucu bulunan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinde dalgalanmalar görülürken en büyük değer UMTS 2100 frekansında 2. nokta da 1.05×10^8 pW/m² olarak ölçülmüşken en düşük nokta yine aynı frekansta 10. nokta da 709.733pW/m² dir.



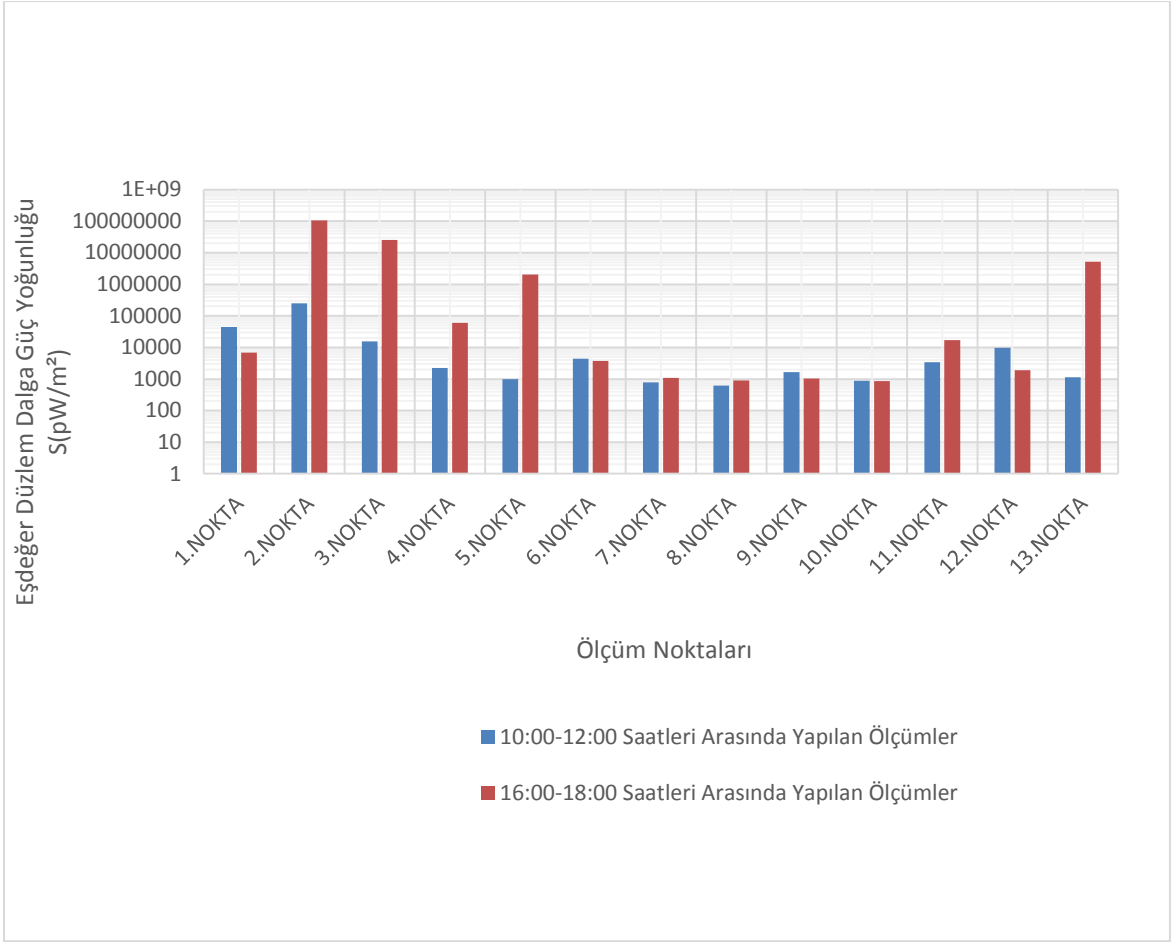
Şekil 4.13. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 900 frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak GSM 900 MHz frekansında yapılmış olan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. nokta da 14120 pW/m² sabah ölçülmüşken en düşük 3. nokta 2271.866 pW/m² dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 77893000 pW/m² ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 2865.366 pW/m² olarak tesbit edildi.



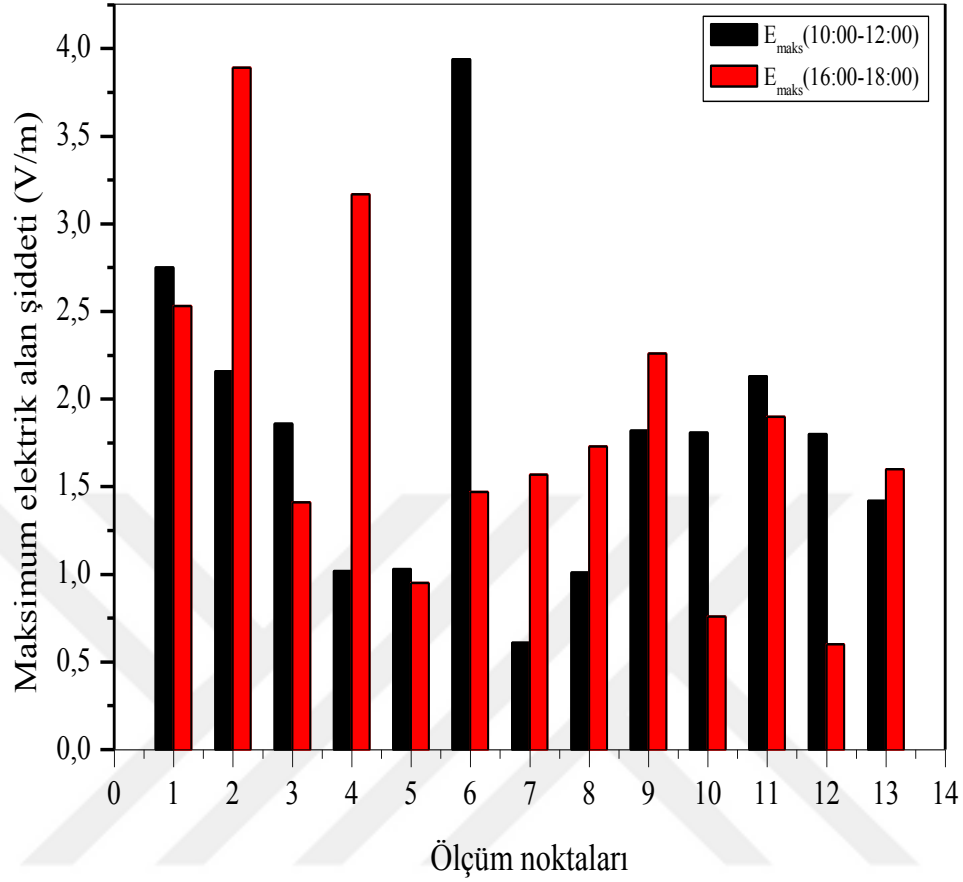
Şekil 4.14. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında GSM 1800 frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

Aynı şekilde GSM 1800 MHz frekansında yapılmış olan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. Nokta da 3381.2 pW/m² sabah ölçülmüşken en düşük 5. nokta 757.5 pW/m² dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 5. nokta da 179266 pW/m² ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 1014.2 pW/m² olarak tesbit edildi.



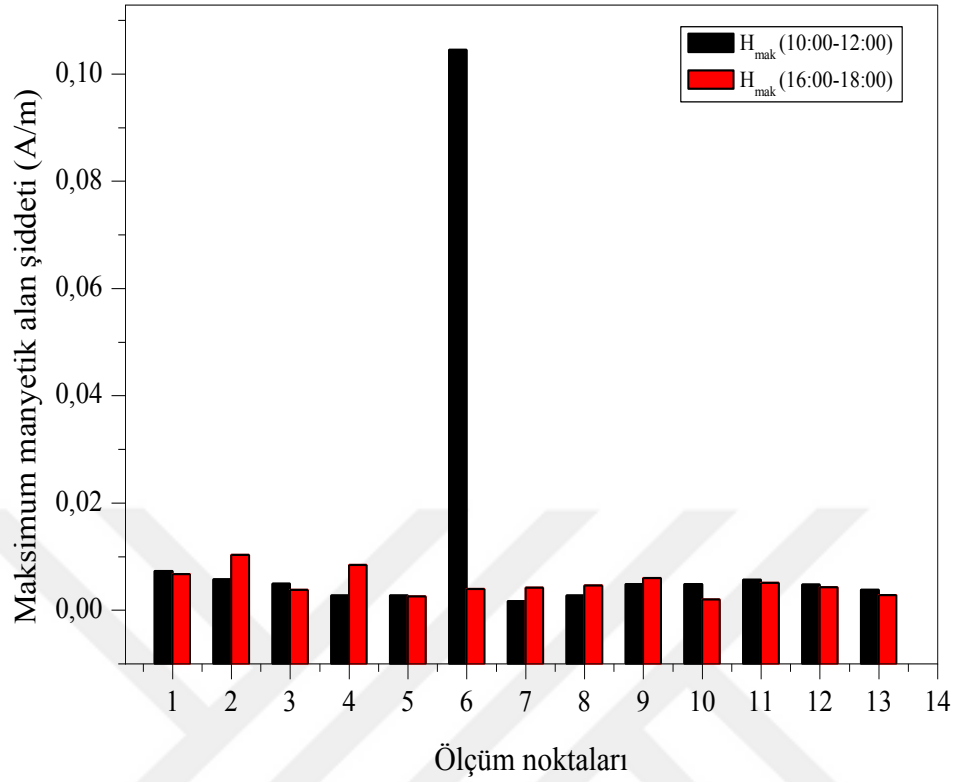
Şekil 4.15. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

Son olarak UMTS 2100 MHz (UMTS) frekansında yapılmış olan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 2. nokta da 1300.133 pW/m² sabah ölçülmüşken en düşük 8. nokta 1159,133 pW/m² dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 1.05x10⁸ pW/m² ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 709.733 pW/m² olarak tesbit edildi.



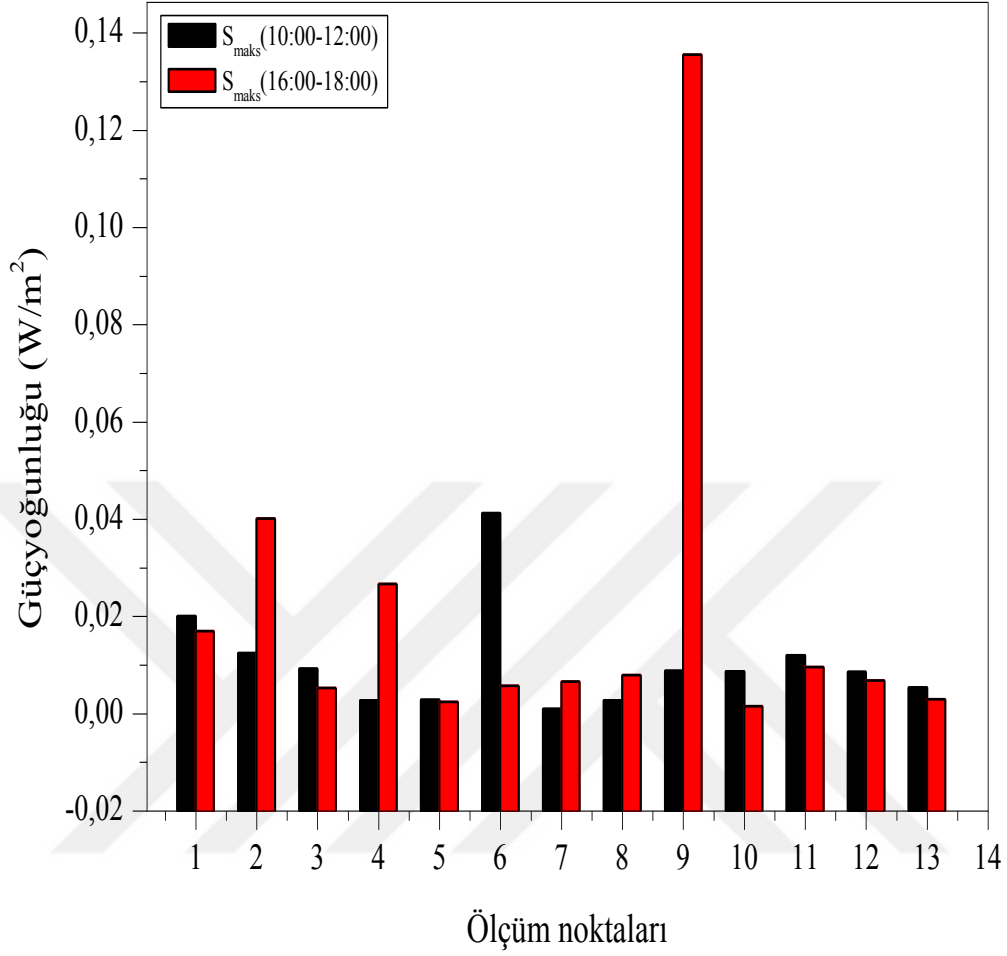
Şekil 4.16. NARDA NBM-550 CİHAZI VE EF0691 KODLU PROBU Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Frekans aralığı 100 kHz - 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan maksimum elektrik alan şiddeti çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 6. nokta da 3,94 V/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 0,61 V/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 3,89 V/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 0,76 V/m olarak tesbit edildi.



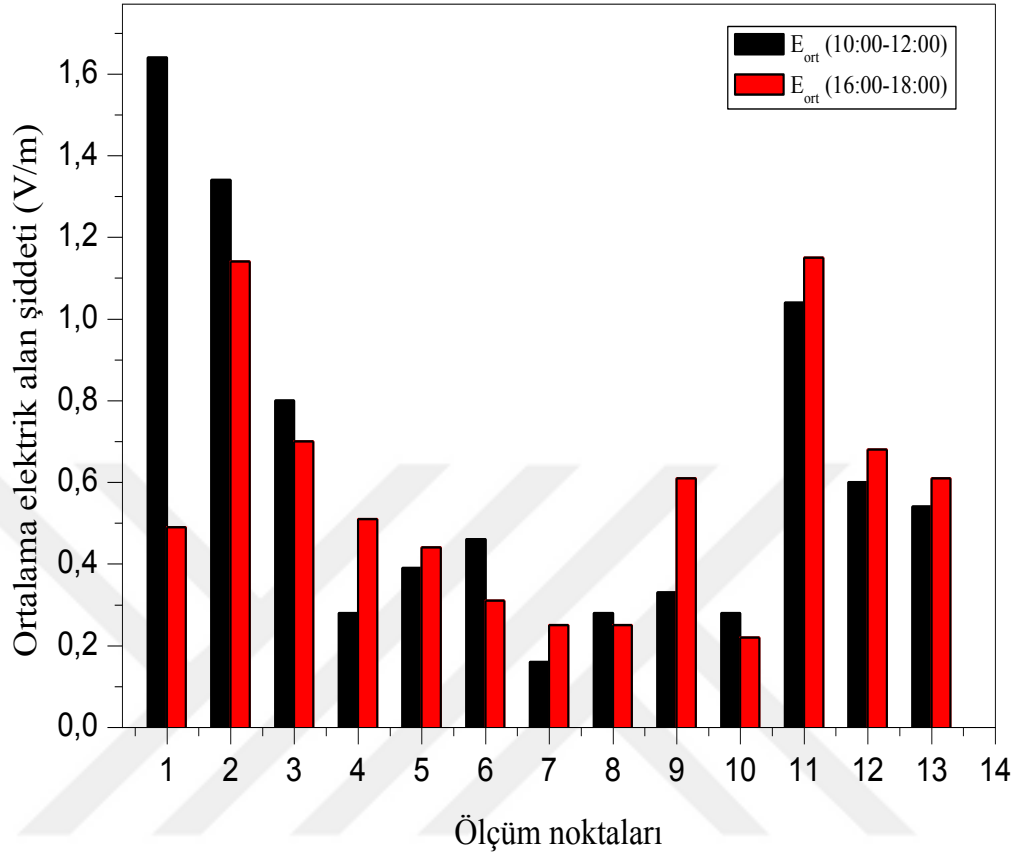
Şekil 4.17. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Frekans aralığı 100 kHz – 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan maksimum manyetik alan şiddeti çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 6. nokta da 104.509×10^{-3} A/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 1.618×10^{-3} A/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 10.318×10^{-3} A /m ölçülmüşken en düşük değer 10. nokta da 2.05×10^{-3} A /m olarak tesbit edildi.



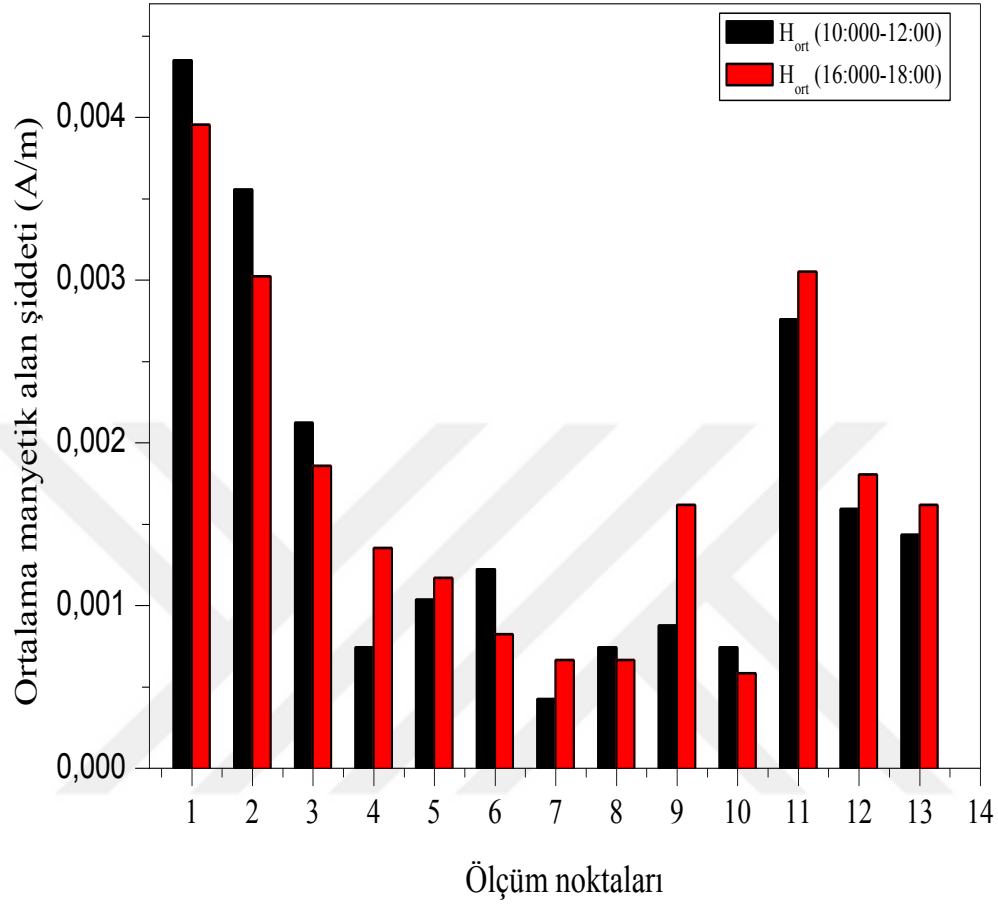
Şekil 4.18. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması.

Frekans aralığı 100 kHz – 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun manyetik alan şiddeti çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 6. nokta da $41.176 \times 10^{-3} W/m^2$ sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta $0.987 \times 10^{-3} W/m^2$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da $40.138 \times 10^{-3} W/m^2$ ölçülmüşken en düşük değer 10. nokta da $1.532 \times 10^{-3} W/m^2$ olarak tesbit edildi.



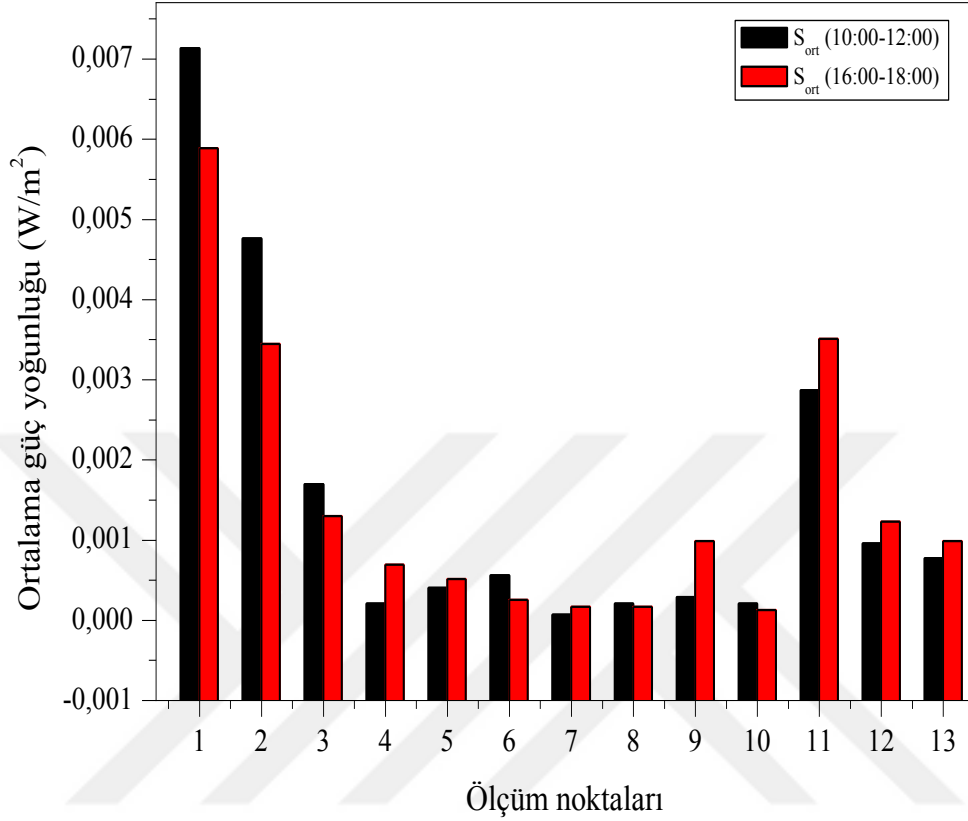
Şekil 4.19. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Frekans aralığı 100 kHz - 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan ortalama elektrik alan şiddeti değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 1. nokta da 1,64 V/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 0,16 V/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 1. nokta da 1,49 V/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 0,22 V/m olarak tesbit edildi.



Şekil 4.20. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

Frekans aralığı 100 kHz – 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan ortalama manyetik alan şiddeti değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 1. nokta da 4.350×10^{-3} A/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 0.424×10^{-3} A/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 1. nokta da 3.952×10^{-3} A/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 0.583×10^{-3} A/m olarak tesbit edildi.



Şekil 4.21. NARDA NBM-550 Cihazı ve EF0691 Kodlu Probu Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması şiddetlerinin karşılaştırılması

Frekans aralığı 100 kHz – 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ortalama değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 1. nokta da $7.134 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta $0.067 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 1. nokta da $5.888 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada $0.128 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ olarak tesbit edildi.

Genel olarak akşam saatlerinde yapılan ölçümlerden elde edilen elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri daha

büyüktür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olma olasılığı yanı sıra baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde daha yoğun olarak kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan yerlerde ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde belirli aralıklarla 13 farklı noktada iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından yayımlanan radyo frekans kökenli radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti (E) , manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapıldı.

Ölçümlerde frekans aralığı 100 kHz – 6 GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak yapılan GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz (UMTS) ölçümler sonucu bulunan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddetleri ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları çizelge oluşturularak verilmiştir. Sabah 10:00-12:00 ve öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında ölçüm yapılan noktalarda elde edilen değerlerin karşılaştırılması için grafikler çizilmiştir.

Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar kullanılarak GSM 900 MHz frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. nokta da 2306,1 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 3. nokta 924,6 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 168,433 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 1038,466 $\mu\text{V/m}$ olarak ölçüldü.

Aynı şekilde GSM 1800 MHz frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 11. nokta da 1125,566 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 5. nokta 534,133 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 5. nokta da 25,656 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 9. noktada 617,166 $\mu\text{V/m}$ olarak tesbit edildi.

Son olarak UMTS 2100 MHz (UMTS) frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 2. nokta da 9725,0333 $\mu\text{V/m}$ sabah ölçülmüşken en düşük 8. nokta 484,733 $\mu\text{V/m}$ dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00

saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 198,966 mV/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 517 μ V/m olarak tesbit edildi.

Frekans aralığı 100kHz-6GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan maksimum elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelgede de görüldüğü üzere en yüksek 6. nokta da 3,94 V/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 0,61 V/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 2. nokta da 3,89 V/m ölçülmüşken en düşük değer 10. noktada 0,76 V/m olarak tesbit edildi.

Frekans aralığı 100kHz-6GHz olan NARDA NBM-550 elektromanyetik alan ölçer ile yapılmış olan ortalama elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri çizelge 4.4. ve 4.5.'den de görüldüğü üzere en yüksek 1. nokta da 1,64 V/m sabah ölçülmüşken en düşük 7. nokta 0,61 V/m dir. Yine aynı frekansta öğleden sonra 16:00-18:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde gözlenen en yüksek değer 1. nokta da 1,49 V/m ölçülmüşken en düşük değer 7. noktada 0,16 V/m olarak tesbit edildi.

Genel olarak akşam saatlerinde yapılan ölçümlerden elde edilen elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri daha büyüktür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olma olasılığının yanı sıra ölçümlerin yapıldığı saatlerde baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların daha yoğun olarak kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan yerlerde ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.

Sonuç olarak;

Yaklaşık 2200 personel ve 19558 öğrenci barındıran Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde yapılan ölçümlerde GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz (UMTS) ve toplam elektromanyetik ölçümleri yapılmıştır.

Oluşturulmuş olan çizelge ve grafiklerden de görüldüğü gibi, belirlenen noktalarda hem sabah hem de öğleden sonra yapılan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçüm değerlerinin tamamı, 2011 yılında Türkiye Bilgi Teknolojileri ve ICNIRP (1998), İletişim Kurumu BTK (2011) tarafından belirlenen sınır değerlerinden daha küçüktür.

Bunun nedeni ölçüm noktalarında, ölçümlerin yapıldığı saatlerde cep telefonu ve benzer iletişim cihazlarının yoğun olarak kullanılmaması, baz istasyonlarının ölçüm

noktalarına uzak ya da sayılarının az olması olabilir. Cep telefonu kullanırken dikkat edilmesi ve yapılması gereken davranışlar ise aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Örneğin, cep telefonu baz istasyonuna yakın olduğu zaman yüksek bağlanma sinyal gücüne (çekim alanına) sahip olduğu için daha düşük güçle çalışır. Bunun aksine, cep telefonları baz istasyonundan uzaklaştıkça ya da bağlanma sinyal gücü zayıfladıkça (çekim alanı düştükçe) cep telefonu baz istasyonlarına bağlanabilmek için daha yüksek güçle çalışmaya başlayacaktır. Bu nedenle, cep telefonu ile konuşurken fazla radyasyona maruz kalmamak için telefonların yüksek sinyal gücüne sahip olduğu yerlerde konuşulmalıdır.

Elektromanyetik radyasyon, duyu organları ile tespit edilemeyen, gelişen bilim ve teknolojiye bağlı olarak oluşan ve çağımızın en önemli çevre kirliliği problemlerinden biri olan bir olgudur. Evinizde eşiniz, çocuklarınız ve torunlarınızla birlikte yaşarken ve hatta işyerinizde bulunduğunuz ortamda yoğun bir elektromanyetik dalga olabilir. Bu elektromanyetik dalgalar bir çok farklı kaynaktan üretilebilir. Bunlar; baz istasyonları, yüksek gerilim hatları, mikrodalga fırınlar, traş makinesi, saç kurutma makineleri, ekmek kızartma makinesi, televizyon, bilgisayar, cep telefonu, buzdolabı, elektrikli ısıtıcı ve çamaşır makinesi gibi evde kullanılan elektrikli cihazlar, elektronik cihazlar ve evin elektrik tesisatı olabilir. Bunlara ek olarak, uydu haberleşme sistemleri ve dünyamızın dışında bulunan uydular vasıtasıyla dünyaya gönderilen dalgalar da vardır ve hatta insanlar yaşamlarını sürdürürken 10^{12} Hz den daha az titreşimli IR (Infrared, Kızılötesi) elektromanyetik radyasyon yayarlar.

Şayet bir iyonlaştırıcı olmayan radyasyon türü, elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etki oluşturacağı kabul ediliyor veya böyle bir ihtimal olabileceği dahi düşünülüyorsa, bu konu ile ilgili yetkili birimler tarafından mutlaka ciddi önlemler alınmalıdır. Çünkü yapılan araştırmalar bu tür radyasyonların, özellikle cep telefonu kullanımı ile ilgili olarak, küçük çocukları ve gençleri daha fazla etkilediğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal A., 2007. Cell phones and male infertility: dissecting the relationship. RBM Online, 15(3), 266-270.
- Agarwal A., Desai N. R., Makker K., Varghese A., Mouradi R., Sabanegh E., and Sharma R., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study, Fertility and Sterility 92(4), 1318-1325. doi:10.1016/j.fertnstert.2008.08.022.
- Akbal A., Balık H.H., 2013. Investigation of Antibacterial Effects of Electromagnetic Waves Emitted by Mobile Phones. Polish Journal of Environment Studies, 22(6): 1589-1594.
- Akbal A., Kıran Y., Sahin A., Turgut-Balık D., Balık H.H., 2012. Effects of electromagnetic waves emitted by mobile phones Germination, root growth and root tip cell mitotic division of lens culinaris Medik. Polish Journal of Environmental Studies, 21(1): 23-29.
- Al-Akhras M.A., Elbetieha A., Hasan M.K., Al-Omari I., Darmani H., Albiss, B. 2001. Effects of low-frequency magnetic field on fertility of adult male and female rats. Bioelectromagnetics 22, 340–344.
- Altpeter E.S., Rösli M., Battaglia M., Pfluger D., Minder C.E., Abelin T., 2006. Effect of short-wave (6-22 MHz) magnetic fields on sleep quality and melatonin cycle in humans: the Schwarzenburg shut-down study. Bioelectromagnetics. 27, 142–150.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumundan (BTK), 2011. Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, 21 Nisan 2011 perşembe Resmî Gazete Sayı: 27912.
- Cevizli E., 2009. GSM iletişimde RF radyasyon etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Kocaeli. 67s.
- Çolakoğlu K, 2007, Serway Physics 2, Elektrik ve Manyetizma, Palme yayıncılık.
- Çoruh D., 2010. Cep Telefonu Kullanımının İn Vitro Düzeyde Bazı Semen

Parametrelerine Etkileri Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji Embriyoloji (Tıp) Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, p. 82.

Develi, İ., 2010. Kablosuz ve Gezgin Haberleşme Ders Notları, Kayseri, 159 s.

Düzgün S., 2009. Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, p.126.

Elhasoğlu, D., 2006. Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı , Yüksek Lisans Tezi, p.113.

Ermol C., 2008. 900 ve 1800 MHz mobil telefonların oluşturduğu elektromanyetik alanın tendon iyileşmesine etkisi: ratlarda deneysel çalışma. Isparta, Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzmanlık Tezi, 89-110.

Güçlü G.G., 2011. 50 Hz Elektromanyetik Alanlar ve Biyolojik Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Enerji Bilim ve Teknoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, p.78

ICNIRP Guidelines, 1998. For Limiting Exposure to Time- Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics 74 (4): 494- 522.

ICNIRP, 2009. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Statement on the “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields” (up to 300 GHz).

Köklü N., 2006. Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları. Yüksek Lisans Tezi. Fizik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya,.74p.

Sorgucu U., 2011. Erciyes Üniversitesi Kampüsünde GSM900 ve GSM1800 Şebekelerinin Oluşturduğu Elektromanyetik Kirliliğin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, p.78.

Söğüt, Ö., 2016. Kahramanmaraş Şehir Merkezindeki Anaokullarında Elektromanyetik Alan Şiddeti Ölçümü, KSÜ Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Kahramanmaraş

Şahin Ö., 2016. Kahramanmaraş İl Merkezinde Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi ve Haritalandırılması, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomühendislik

Bilimleri Anabilim Dalı Y. Lisans Tezi, p.98.

Riadh W. Y. HABASAH Bioeffects and Therapeutic Applications of Electromagnetic Energy

Radiofrequency electromagnetic field exposure and risk perception: A pilot experimental study Berihun M. Zelekea,b,□, Chhavi Raj Bhattb,c,d, Christopher Brzozeka,b, Michael J. Abramsona,b, Frederik Freudensteine, Rodney J. Crofte, Peter Wiedemanne, Geza Benkea,b

TÜBİTAK- BİLTEN, 2001

Web-1 <http://www.lisefizik.com/lise4/magetki.htm> , 2019

WHO, 2006b. Environmental Health Criteria (series; e.g. monograph No. 238).
/www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/index.html

WHO, 2014. Electromagnetic fields and public health: Mobile phones.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/> (28.06.2016 da alındı)

WHO. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans,a31.05.2011.

Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2012.

Bilim ve Teknik Dergisi, Ocak 2000.

Bilim ve Teknik Dergisi, Temmuz 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Gülnihal ÖZSAATCI

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 1985-Kahramanmaraş

Medeni hali : Evli

e-posta : qozsaatci@gmail.com

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fizik	2009