



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADİYAMAN İL MERKEZİNDE
ELEKTROMANYETİK ALAN ŞİDDETİNİN
ÖLÇÜLMESİ

ŞÜKRÜ KARADENİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOMÜHENDİSLİK VE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2016

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADİYAMAN İL MERKEZİNDE
ELEKTROMANYETİK ALAN ŞİDDETİNİN
ÖLÇÜLMESİ

ŞÜKRÜ KARADENİZ

Bu tez,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2016

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Şükrü KARADENİZ tarafından hazırlanan “Adıyaman İl Merkezinde Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 09/09/2016 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

Doç. Dr. Burhanettin Göker DURDU (ÜYE)

.....

Fizik Anabilim Dalı

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Erdal KÜÇÜKÖNDER (ÜYE)

.....

Fizik Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKEİ

.....

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 eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Şükrü KARADENİZ



Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No:2013/4-8YLS

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.

**ADİYAMAN İL MERKEZİNDE ELEKTROMANYETİK ALAN
ŞİDDETİNİN ÖLÇÜLMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Şükrü KARADENİZ

ÖZET

Bu araştırmada, Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca (5750 m) 250 m aralıklarla, 24 farklı noktada elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. Seçilen noktalarda elektrik alan şiddetlerini, manyetik alan şiddetlerini ve güç yoğunluklarını ölçmek için Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve TES-593 elektromanyetik alan ölçer cihazları kullanılmıştır. Ölçümler, aynı noktada aynı gün içerisinde sabah 10.00-12.00 ve öğleden sonra 17.00-19.00 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, ICNIRP ve IEEE/FCC gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından tanımlanan değerlerden daha küçük olduğu tespit edildi.

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

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Eylül / 2016

Danışman: Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT

Sayfa sayısı: 113

**MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELD STRENGTH IN THE
CENTRE OF ADIYAMAN PROVINCE**

(M.Sc. THESIS)

ŞÜKRÜ KARADENİZ

ABSTRACT

In this study, the measurements of the electric field strength, magnetic field strength and the equivalent plane wave power density in 24 different points, with 250 m intervals, throughout Atatürk Boulevards (5750 m) in the centre of Adıyaman province were performed. Spectran HF-60105 V4 portable spectrum analyzer and TES-593 electromagnetic field meter devices were used to measure the electric field strengths, magnetic field strengths and the equivalent plane wave power densities in selected points. Measurements were done on the same day and at the same points at two different time intervals including the mornings (10.00-12.00) and afternoons (17.00-19.00). 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 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.

Key words: Base station, Radiation, Mobile phone, Human health, ICNIRP, FCC

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Bioengineering and Sciences, September/ 2016

Supervisor: Prof. Dr.Ömer SÖĞÜT

Page Numbers: 113

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.

Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün kullanma kılavuzunun çevirisine katkı sağlayan Serkan KUTLU'ya, ölçümlerin yapılmasında ve ölçümlere ait grafiklerin çizilmesinde bana yardımcı olan Mehmet ERDOĞAN'a ayrıca emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

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



İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLERDİZİNİ	vi
ÇİZELGELERDİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALARDİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Telekomünikasyon Nedir?	7
1.2. Mobil İletişimler	9
1.3. Hücresel Yapı	10
1.3.1. Ana konum kaydı (HLR) ve ziyaretçi konum kaydı (VLR)	11
1.4. Mobil İletişim için Küresel Sistem (GSM)	11
1.5. Üçüncü Nesil Hücresel Sistemler (3G)	12
1.6. Geleneksel Bir Telefonunun Çalışma Prensipleri	13
1.7. GSM Sisteminin Mobil Haberleşme Sistemleri Arasındaki Yeri	14
1.8. Telefon Numaralandırma	15
1.9. Çağrıların Engellenme Olasılığı	16
1.10. Baz İstasyonları	17
1.10.1. Baz istasyonlarının yapısı	18
1.11. Hücresel Radyo İlkeleri	18
1.12. GSM Kökenli RF Kaynakları	21
1.13. GSM Haberleşme Sistemleri	22
1.14. Cep telefonları	23
1.15. Elektromanyetik Işınım Üretilmesi	24
1.16. Elektromanyetik Alanların Genel Özellikleri	26
1.17. Elektromanyetik Spektrum	28
1.18. Elektromanyetik Kirliliği Oluşturan Alanlar	28
1.19. İletişim Standartları	29
1.20. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyona Maruz Kalmanın Oluşturabileceği Sağlık Riskleri	30

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	34
3. MATERYAL VE METOT	39
3.1. Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğunun Hesaplanması	53
3.2. Bir Telekomünikasyon Cihazından Güvenlik Mesafesinin Hesaplanması	54
3.3. Radyo Dalgalarına Çevresel Etkileri	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	113



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 1.1.	Telekomünikasyonun yapısı (Anttalainen, 2003).....	8
Şekil 1.2.	Telekomünikasyon sistemlerinin ve hizmetlerinin gelişimi (Anttalainen, 2003).	9
Şekil 1.3.	Bir mobil telsiz ağının hücresel yapısı (Anttalainen, 2003).	10
Şekil 1.4.	GSM şebekesinin yapısı	12
Şekil 1.5.	Geleneksel bir telefonunun çalışma prensibi (Anttalainen, 2003).	14
Şekil 1.6.	Mobil Telefon Sistemlerinin Nesilleri (www.ieee.org; Cevizli, 2009).	15
Şekil 1.7.	Telefon numarası aşama düzeninin yapısı (Anttalainen, 2003).	15
Şekil 1.8.	Bir hücresel radyo ağının temel yapısı (Anttalainen, 2003).	19
Şekil 1.9.	Bir hücresel şebekenin temel işlemleri (Anttalainen, 2003).	20
Şekil 1.10.	Elektromanyetik Spektrum Çizelgesi	26
Şekil 3.1.	TES-593 Elektromanyetik alan ölçer.....	42
Şekil 3.2.	Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bilgisayar (Söğüt, 2016)	43
Şekil 3.3.	Adıyaman il merkezi Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların haritası.....	44
Şekil 3.4.	Adıyaman il merkezi Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların uydu haritası.....	45
Şekil 3.5.	Adıyaman il merkezi Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların çevresindeki baz istasyonlarının haritası	46
Şekil 3.6.	Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.....	47
Şekil 3.7.	Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu	48
Şekil 3.8.	Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu	49
Şekil 3.9.	Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu	50

Şekil 3.10. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu	51
Şekil 3.11. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında alınan örnek manyetik alan şiddeti spektrumu	52
Şekil 4.1. TES-593 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	66
Şekil 4.2. TES-593 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	66
Şekil 4.3. TES-593 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 yoğunluklarının karşılaştırılması	67
Şekil 4.4. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	68
Şekil 4.5. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	69
Şekil 4.6. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması	69
Şekil 4.7. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum elektrik alan şiddeti ile maksimum ortalama elektrik alan şiddetinin karşılaştırılması	71
Şekil 4.8. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum manyetik alan şiddeti ile maksimum ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	71
Şekil 4.9. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları ile maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması	72
Şekil 4.10. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum elektrik alan şiddetleri ile maksimum ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	73

Şekil 4.11. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum manyetik alan şiddetleri ile maksimum ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	73
Şekil 4.12. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları ile maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması.....	74
Şekil 4.13. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 4.14. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 4.15. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması	76
Şekil 4.16. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	77
Şekil 4.17. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 4.18. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması.....	78
Şekil 4.19. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	80
Şekil 4.20. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	80
Şekil 4.21. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması.....	81

Şekil 4.22. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	82
Şekil 4.23. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	82
Şekil 4.24. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması	83
Şekil 4.25. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	84
Şekil 4.26. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.27. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması	85
Şekil 4.28. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	87
Şekil 4.29. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması	87
Şekil 4.30. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ile GSM 1800 MHz uplink frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması.....	88
Şekil 4.31. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ile GSM 1800 MHz uplink frekansında elektrik alan şiddetinin karşılaştırılması	89
Şekil 4.32. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ile GSM 1800 MHz uplink frekansında manyetik alan şiddetinin karşılaştırılması.....	89

Şekil 4.33. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ile GSM 1800 MHz uplink frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması.....	90
---	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No:

Çizelge 3.1. Taşınabilir TES-593 Elektromanyetik alan ölçerin özellikleri.....	40
Çizelge 3.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün özellikleri	41
Çizelge 4.1. TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ölçüm değerleri	57
Çizelge 4.2. TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama ölçüm değerleri	58
Çizelge 4.3. GSM 900 MHz downlink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri	60
Çizelge 4.4. GSM 900 MHz uplink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri	61
Çizelge 4.5. GSM1800 MHz downlink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri	62
Çizelge 4.6. GSM 1800 MHz uplink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümler	63
Çizelge 4.7. UMTS 2100 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümler	64

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
H	: Manyetik alan
E	: Elektrik 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)
α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gama

1. GİRİŞ

Global System for Mobile Communications veya kısaca GSM bir mobil iletişim sistemidir. GSM, dünya genelinde ilk olarak Finlandiya’da kullanılmaya başlanmıştır. Finlandiya, gerek coğrafi yapısı, gerekse hava şartları ve yerleşiminin oldukça dağınık olması nedeniyle, kablolu iletişime alternatif olarak mobil sistem üzerinde çalışmalar yapmaya başlamıştır ve 1982 yılında sistem üzerinde ilk deneyleri yapmıştır (Anonim 1) (Cevizli, 2009; Söğüt, 2016; Şahin, 2016). Kablosuz telekomünikasyonlar bilgiyi göndermek ve almak için cep telefonu kulelerinin (baz istasyonlarının) geniş bir ağına dayanmaktadır. Cep telefonu kuleleri, cep telefonları ve yerel kablosuz ağlar için hizmet veren antenler ve elektronik cihazlardan oluşmaktadır. Cep telefonu ile bir arama yaptığınızda, telefonunuz ve yakındaki bir cep telefonu kulesi düşük güç radyofrekans (RF) enerjisi kullanarak haberleşir (Anonim 2).

Endüstrileşme ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak, elektrik enerjisinin kullanımı ve ihtiyacı giderek artmaktadır. Bunun sonucunda insanlar, hayvanlar ve bitkiler, kısacası tüm çevre elektromanyetik alanların veya elektromanyetik kirliliğin etkisi altında kalmaktadır. Elektromanyetik kirlilik diğer çevre kirliliklerinin aksine gözle görülmemesi ve etkilerinin hemen ortaya çıkmamasından dolayı yeterince önemsenmemektedir. İnsan, uzunluğu 500.000 km olan ve yaklaşık 25 milyar hücreden oluşan çok karmaşık bir sinir ağına sahiptir. Bu karmaşık ağ iletişimi 1-250 mikro volt arası çok küçük gerilimlerle fiziksel fonksiyonların gerçekleşmesini sağlar. Bu kompleks yapıya dışarıdan gelen herhangi bir elektromanyetik müdahale dolaşım ve sinir sisteminde bozukluklara yol açabilir. Dolaşım sisteminin bozulmasına ve bağışıklık sisteminin zayıflamasına neden olur. Bu durumun tıp uzmanları tarafından kanseri arttıran bir risk olarak tanımlandığı için tehlike ihmal edilemeyecek kadar büyüktür (Güçlü, 2011).

Radyasyon bir kaynaktan yayınlanan, maddede ve boşlukta hareket edebilen bir çeşit enerji veya enerji aktarımıdır. Aktarımlar dalgalar ya da foton denen parçacıklar aracılığı ile yapılmaktadır. Her gün, tüm insanlar hem ev ve hem de çalışma ortamlarında radyasyon ile temas halindedirler. Radyasyon iyonlaştırıcı olan ve iyonlaştırıcı olmayan olarak sınıflandırılabilir. İyonlaştırıcı radyasyon atom veya moleküllerden elektron koparabilmek için yeterli enerjiye sahiptir. İyonize edici radyasyonun zararlı etkileri, etkileşimde bulunduğu maddenin kimyasal bileşimini değiştirebilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bir radyasyonun atomları hareket ettirmek veya titreştirmek için yeterli enerjisi varsa, ancak atomun elektronlarını koparmak için enerjisi yetersiz ise bu

radyasyona iyonlaştırıcı olmayan radyasyon denir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun kaynakları arasında cep telefonu, radyo, televizyon vericileri, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan çeşitli aletler sayılabilir. EM (Elektromanyetik) radyasyon kaynakları arasında cep telefonu kullanımının giderek artması cep telefonlarının insan sağlığı üzerine olan etkilerinin kapsamlı bir şekilde araştırılmasını gündeme getirmiştir. İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyon olarak bilinen cep telefonu radyasyonu, bazı gıda uygulamalarında da kullanılmıştır (İlter, 2012). Radyo dalgalarının frekansına bağlı olarak yayılma karakteristikleri değişir ve bu karakteristiklere bağlı olarak farklı uygulamalar için, farklı frekanslar kullanılır. Ses, veri veya görüntü iletimi için kullanılan iki yollu haberleşme sistemlerinde, bir çalışma ortamına sabitlenmiş durumda bir baz istasyonu ve bunun etrafında gezgin istasyon bulunur. Elektriksel haberleşme için bir frekans çifti kullanılır (Develi, 2010; İlter, 2012).

Radyofrekans (RF) enerjisi (bazen RF yayınları, RF dalgaları veya RF alanları) mikrodalga radyasyonu, görünür ışık ve X-ışınları içeren elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Cep telefonları ve cep telefonu kulelerinin yaydığı radyofrekans alanları iyonlaştırıcı olmayan radyasyon türüdür. AM/FM radyo ve TV yayın sinyallerinde kullanılan enerjinin türüne benzerdir. Cep telefonları ve diğer kablosuz cihazlardan yayınlanan RF enerjisi vücudumuzdaki kimyasal bağları koparamazlar. Ülkemizde kullanılan cep telefonları ve cep telefonu kuleleri, RF enerjisine maruz kalma miktarını sınırlayan yasal gereksinimleri karşılaması gerekmektedir. Cep telefonları, radyofrekansı (RF) enerjisinin düşük seviyelerini yayarlar ve bunların bir kısmı da vücudumuzda soğurulurlar. Vücudumuz tarafından soğurulan RF enerjisi sinyal gücüne ve cep telefonunu vücudumuza ne kadar yakın tuttuğunuz gibi birçok faktöre bağlıdır. Cep telefonları kaliteli bir aramayı sürdürmek ve bağlamak için gerekli olan asgari güçte çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Cep telefonları, bağlantılarını radyo sinyalleri aracılığı ile baz istasyonları ağıyla sürdürürler. Bir cep telefonu verici gücü, ağın türüne ve cep telefonu kulesinin uzaklığına bağlı olarak değişir. Güç genellikle en yakındaki cep telefonu kulesinden uzaklaştıkça daha da artar. Bazen insanların evlerinin veya iş yerlerinin yakınındaki çatıların, su depolarının, direklerin, kulelerin üzerine yerleştirilmiş cep telefonu kulesi antenleri ile ilgili olarak sağlık problemleri ifade edilmektedir. Ancak, bilim camiasının cep telefonu kulelerinden gelen RF enerjisinin insanlarda olumsuz sağlık etkilerine neden olamayacak kadar düşük olduğu konusunda fikir birliğinde bulunmuşlarsa da, son zamanlarda yapılan çalışmaların bazılarında RF enerjisinin insan sağlığına birçok olumsuz etkilerinin olduğu ifade edilmektedir (Anonim 2).

Mobil telefonlar veya cep telefonları artık modern telekomünikasyonun ayrılmaz bir parçasıdır. Cep telefonları 0.1 ile 2 watt aralığında pik güçleri ile 450 ve 2700 MHz arasındaki frekanslarda çalışan, düşük enerjili radyofrekans vericileridir. Dünyadaki cep telefonu kullanıcıları sayıca göz önüne alındığında, cep telefonlarının halk sağlığı üzerinde herhangi bir potansiyel sağlık riski oluşturup oluşturmadığının izlenmesi, araştırılması ve anlaşılması çok önemlidir. Cep telefonları açıldığında ahize sadece güç iletir. Güç, cep telefonundan artan mesafe ile hızla azalır. Bir kişi vücudundan 30-40 cm uzakta cep telefonu kullanırken, başına (kulağına) cep telefonunu tutan birinden daha az radyofrekans alanlarına maruz kalmaktadır. Bunlara ek olarak, telefon görüşmeleri sırasında, cep telefonunu baş ve vücuttan uzak tutarak, kablosuz cihazlar kullanarak ve görüşme sayısını ve süresini sınırlayarak da RF radyasyonuna maruziyet azaltılabilir. İyi çekim alanlarında telefonun kullanılması telefona düşük güç aktarmasını sağlar ve böylece maruziyet de azaltılır. Radyofrekans sinyalleri belirli elektro-medikal cihazlarla ve navigasyon sistemleri ile etkileşime girebildiği için cep telefonları genellikle hastanelerde ve uçaklarda yasaklanmıştır. Cep telefonlarının potansiyel sağlık riski oluşturup oluşturmadığının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların çoğu son yirmi yılda yapılmıştır (WHO, 2014). Özellikle son yüzyılda bilim ve teknolojiye meydana gelen baş döndürücü gelişmeler ile birlikte üretilen cihazlar radyasyonu yaşamımızın bir parçası haline getirirken, sağlık alanından iletişime, sanayiden savunmaya kadar birçok alanda hayatımızı kolaylaştıran vazgeçilmezlerimiz olmuştur. Hayatımızı kolaylaştırırken bu cihazlar, tehlikeyi de yanlarında taşımışlardır. Örneğin tanı ve tedavi amaçlı kullanılan röntgen cihazlarından lazer cihazlarına ve iletişim amaçlı kullanılan televizyondan cep telefonlarına kadar kullandığımız cihazların hepsi belirli oranda radyasyon dozuna maruz kalmamıza neden olurlar (Söğüt, 2016). İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun etkileri kısa ve uzun vadeli etkiler olarak sınıflandırılmıştır.

Kısa vadeli etkiler; Dokunun ısınması ile ilgilidir. Doku ısınması, radyofrekans enerji ile insan vücudu arasındaki etkileşimin temel mekanizmasıdır. Cep telefonları tarafından kullanılan frekanslarda, enerjinin çoğu deri ve diğer yüzeysel doku tarafından soğurulur ve beyinde ya da vücudun herhangi bir başka organ ya da organlarında sıcaklık artışına neden olabilir. Araştırmaların çoğunda, gönüllülerde, beynin elektriksel aktivitesi, bilinçsel fonksiyonu, uyku, kalp atım hızı ve kan basıncı üzerine radyofrekans alanların etkileri incelenmiştir. Bugüne kadar yapılan araştırmalar doku ısınmasına sebep olanların altındaki düzeylerde radyofrekans alanlara maruz kalmadan dolayı, sağlık üzerinde olumsuz etkilerinin tutarlı bir kanıtını önerememiştir. Ayrıca, elektromanyetik alanlara

maruz kalma ile elektromanyetik aşırı duyarlılık arasında da bir ilişki bulamamıştır. Ancak yakın zamanda yapılan bazı araştırmalarda elektromanyetik aşırı duyarlılığın olabileceğinden bahsedilmektedir (Wargo ve ark., 2012; Söğüt, 2016). Radyofrekans dalgalarında elektromanyetik alanlar vardır ve bu alanlar; X-ışınları ve γ -ışınları gibi, iyonlaştırıcı radyasyonun aksine, insan vücudunda ne iyonlaşmalara neden olabilir nede kimyasal bağları kırabilir (IEEE, 2005; ICNIRP, 2009; WHO, 2014).

Uzun vadeli etkiler; Radyofrekansına maruz kalmadan potansiyel uzun vadeli risklerin incelenmesi için yapılan epidemiyolojik araştırmalar çoğunlukla beyin tümörleri ve cep telefonu kullanımı arasındaki ilişkiyi araştırmakla ilgili olmuştur. Çünkü birçok kanser türü uzun yıllar öncesine kadar tümöre neden olan etkileşimlerden sonra tespit edilemiyordu. Cep telefonları 1990'ların başına kadar yaygın olarak kullanılmadığı için günümüzdeki epidemiyolojik çalışmalar sadece kısa süreler içinde belirgin hale gelmiş olan bu kanserleri değerlendirebilmiştir. Ancak, hayvanlar üzerinde yapılan araştırmaların sonuçları, tutarlı olarak radyofrekans alanlara uzun süre maruz kalma için, kanser riskinde hiç bir artış olmadığını göstermemiştir. Bu verilere dayanarak, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), kablosuz telefon kullanımı ile ilişkili, beyin kanserinin bir malign türü olan gliyomanın artma riskine bağlı olarak (Grup 2B) radyofrekans elektromanyetik alanlarını insanlar için muhtemel kanserojen olarak sınıflandırmışlardır (WHO, 2011; Söğüt, 2016). Beyin tümörleri riskini artırdığı kesinleşmese de, cep telefonlarının artan kullanımı ve 15 yıldan daha uzun süre boyunca cep telefonu kullanımı için veri eksikliği nedeniyle cep telefonu kullanımı ve beyin kanseri riski arasındaki ilişki ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Özellikle, son popülerlik ile gençler arasında cep telefonu kullanımı ve bu nedenle maruziyetin potansiyel olarak daha uzun süre ile bu grub üzerinde daha fazla araştırma yapılmasına neden olmuştur (WHO, 2014).

Daha önce belirtildiği gibi, RF radyasyon iyonlaştırıcı olmayan radyasyondur. Bu radyofrekansların foton enerjisinin iyonlaşmaya neden olamayacak kadar az olmasından kaynaklanmaktadır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon için, doku ısıtma (termal etki), doku hasarı için tek doğrulanmış mekanizmadır. Termal olmayan ya da sıcaklığa bağlı olmayan hücre hasarı ve mutasyon sadece iyonlaştırıcı radyasyona atfedilebilir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun diğer olası sıcaklığa bağlı (athermal) biyolojik etkileri öne sürüldü ancak ispatlanmamış olarak kaldı. Cep telefonu kullanımı arttıkça 1990'ların başlarında artan bir endişe varken, cep telefonu kullanıcılarının sayısal çoğunluğu, özellikle kafaya

yakın cep telefonu kullananlarda cep telefonundan gelen radyasyonun beyin kanserinin bazılarında sorumlu olduğunu kabul ederek cep telefonunu kullananların bazı kanserlere kurban olacağını garanti etmişlerdi. Aslında evdeki elektromanyetik radyasyonun diğer kaynakları daha fazla maruziyete neden olur ve ayrıca asgari risk oluşturacağına inanılmaktadır. Son derece Düşük Frekans (ELF) aralığında, saç kurutma makinesi, su yatağı ısıtıcıları ve elektrikli battaniye gibi aletlerin neden olduğu manyetik alanlar, alanların yoğunluğu ve işlem yakınlığı nedeniyle yüksek frekanslarda muhtemel elektromanyetik alanlardan daha büyük risk unsurudur. Düşük güç yoğunluklu elektromanyetik dalgalara uzun süre maruz kalmanın etkileri konusunda öğrenilecek çok şey varken, ölçülü güç yoğunluğu seviyelerinde yeterli deneysel, dengeli veri maliyeti ve riski, güvenli maruz kalma limitlerini oluşturmak için yeterince veri elde edilememiştir. Koruyucu standartların bir dizisi Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) tarafından geliştirilmiştir. Güvenli olmayan seviyelere yüksek verici gücü, yüksek anten kazancı, iletim antenine veya bunların herhangi bir kombinasyonuna yakın olması nedeniyle ulaşılabilir (Seybold, 2005).

Sağlıkla ilgili EMF araştırmaları yıllar boyunca bu alanda büyük bir bilgi birikimi oldu. Alan frekansına bağlı olarak elektromanyetik alanlar ve hücrelerin, dokuların ve organizmaların arasındaki temel etkileşimlerin doğası iyi anlaşılamadı. Bununla birlikte, yüksek gerilim hatlarının, DECT (telsiz) telefonların, cep telefonlarının ve baz istasyonlarının sağlık üzerine etkileri bilim ve kamuoyunda hala tartışılmaktadır. Bir dereceye kadar, bu durum elektrikli battaniye, görsel ekran birimleri, mikrodalga fırınlar, radyo ve TV istasyonları için de geçerlidir. Toplumda hala bazı soruların cevapları aranmaktadır. Elektromanyetik alanlar bir bireysel ve/veya genel nüfusun sağlığı için bir tehdit midir? Çocuklar yetişkinlerden daha savunmasız olabilir mi? Önlem gerekli midir? Şayet evet ise hangi boyutta olmalıdır? Elektromanyetik aşırı duyarlılık, bir gerçek mi ya da sanal bir fenomen mi? Bu tartışmanın birçok nedeni vardır. Elektrik ve manyetik alanlara maruz kalma ile ilişkili sağlık ve çevre etkileri üzerine araştırma için en büyük yapılardan biri haline gelen Uluslararası EMF Projesi 1996 yılında, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) üzerinden toplumun bu konudaki endişelerine bir tepki olarak başlatılmıştır. Araştırma sonuçları hem bilimsel literatürde ve hem de WHO'nun monograflarında (Çevresel Sağlık Kriterleri serisi) yayınlanmıştır (WHO, 2006b). Bunlara ek olarak, mikrodalga aralığındaki mobil iletişim alanlarına yönelik ulusal ve uluslararası bir dizi araştırma programları oluşturulmuştur. INTERPHONE çalışması, Avrupa Birliği ve Alman

Cep Telefonu Araştırma programının REFLEX projesi iyi bilinen örneklerdir. Diğer ortak araştırma faaliyetleri, örneğin Cemfec, RAMP2001 ve PERFORM-A projeleri de vardır.

IRPA Ulusal Radyasyon Güvenliği Kurumlarının dünya çapında bir derneğidir (Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Sağlık Fiziki Derneği gibi). 1977 yılında, dördüncü uluslararası kongreye kadar, IRPA sadece iyonize radyasyonun sağlık ve güvenlik yönüyle ilgileniyordu. Bu toplantıda, IRPA, NIR'in güvenli kullanımını dâhil etmek için kapsamlarının genişletmesine karar vermiştir. Bu genişleme, mesleki ve kamu maruz kalma limitleri için, belgelere dayanarak kuralların oluşturulması, NIR'in güvenli kullanımı için maruz kalma limitlerinin nasıl uygulanacağı konusunda tavsiyelerde bulunması ve NIR'in sağlık kriteri belgelerinin basılması için görevlendirilmiş Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Komitesinin (INIRC) hemen kurulmasıyla hayata geçirilmiş ve daha sonra INIRC Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonuna (ICNIRP) dönüştürülmüştür. Şimdi ayrı bir örgüt olmasına rağmen ICNIRP, IRPA ile yakın ilişki ve bağlantılı çalışmasını sürdürmektedir.

Cep telefonları ve baz istasyonu antenleri tarafından üretilen elektromanyetik radyasyon (EMR), Mobil İletişim için Küresel Sistemde (GSM) 900-2100 MHz frekans aralığındadır. İnsanlarda epidemiyolojik çalışmaların sonuçları EMR halk maruziyeti ile ilgili potansiyel sağlık riskleri bildirilmiştir (Yüksel ve ark., 2016; Burch ve ark., 2002). Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu ve Avrupa Komisyonu yüksek bir güvenlik düzeyi sağlamak için bu risklerden nasıl korunacağı hakkında önerilerde bulunmuştur (Altpeter ve ark. 2006; ICNIRP, 2011). Bununla birlikte, deneysel kanıtlar 900 MHz EMR'nin tiroid uyarıcı hormon, büyüme hormonu, prolaktin, luteotropik hormon, folikül uyarıcı hormon (FSH) ve adrenokortikotropik hormonu gibi belirli insan hormonlarının seviyelerini etkilemediğini göstermektedir (de Seze ve ark., 1998; Djeridane ve ark., 2008). Oysa, bu deneysel kanıtların aksine diğer çalışmalarda, insanlarda lüteinizan hormonu (LH), prolaktin, büyüme hormonu, kortizol ve FSH gibi hormonların seviyelerinde bir azalma olduğu bildirilmiştir (Woldanska-Okonska ve ark., 2004; Djeridane ve ark., 2008). Hayvanların gebelikleri boyunca EMR maruziyeti, gelişimsel anomalileri ve potansiyel fetal ölüme (Al-Akhras ve ark., 2001; Sommer ve ark., 2009; Poullietier de Gannes ve ark., 2012; Kismali ve ark., 2012;) neden olan etkileşimlere sebep olabilir ve Norveçli kadınlarda göğüs kanseri ve EMR'nin konut ve mesleki maruziyet arasındaki ilişki de dahil olmak üzere, üreme hormonlarının aşırı salgılanması, EMR ve kanser arasında doğrudan bir bağlantı rapor edilmiştir (Kliukiene ve ark., 2004). İnsan

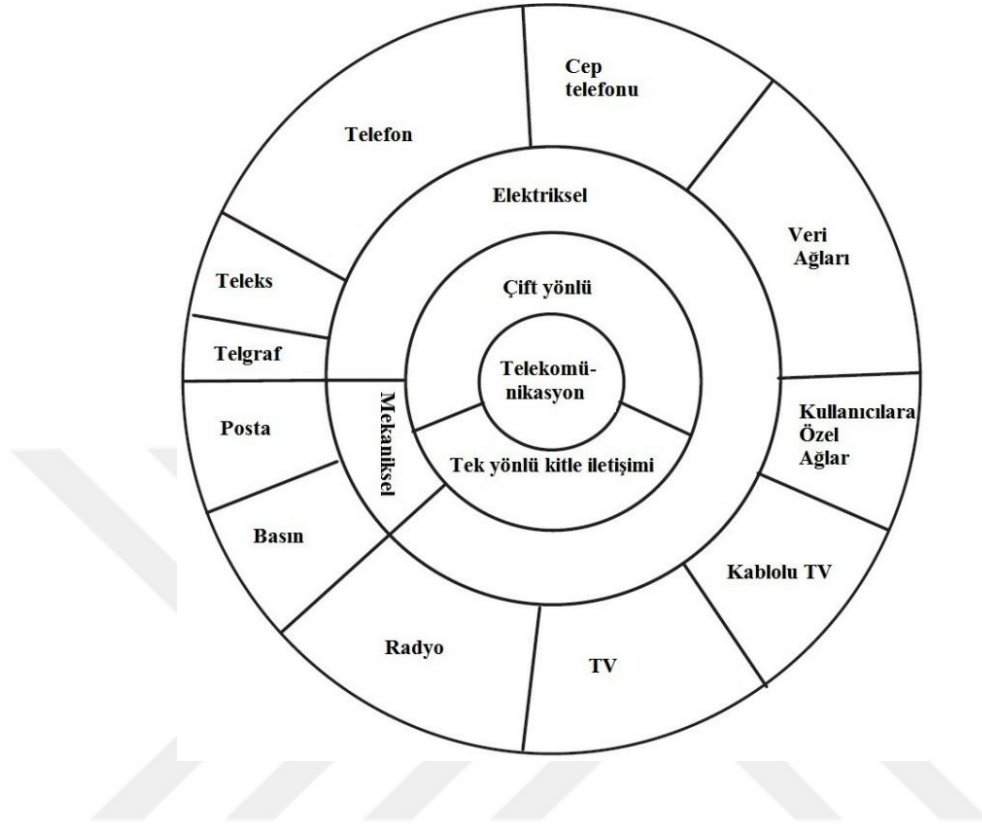
hücrelerinde EMR soğurma oranını, dalga frekansı, polarizasyonu ve güç yoğunluğu kapasiteleri etkiler. Soğurma oranı ile indüklenen toksik etkiler ağırlıklı olarak hücreler tarafından radyofrekans enerjisinin soğurulmasına dayanmaktadır. Radyofrekans hem termal olan hem de termal olmayan etkilere sahiptir. Termal mekanizmada, elektrik alanının radyofrekansı salınımlı bir akım oluşturur. Yerel sıcaklıktaki küçük bir artış, enerjinin moleküllere hızlı bir şekilde aktarılmasıyla sonuçlanır ve elektrik alanının ısı kapasitesinin çoğu moleküler hareketten sorumludur (Belyaev, 2005). İnsan hücreleri üzerinde EMR'nin termal olmayan toksik etkisi geniş ROS üretimi ile ilgilidir. Daha önce belirtildiği gibi, ROS üretimi, hedef hücrelerde oksidatif hasara neden olmuştur (Yüksel ve ark., 2016).

Düzenli elektromanyetik alanların sağlık sorunlarını çözmek için, alanın doğası (düşük, orta ya da yüksek frekans (HF) ve muhtemelen modülasyonu (sabit dalga veya darbeleri) statik veya alternatif elektrik veya manyetik) dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda, maruziyet koşullarında elektrik / manyetik alan şiddeti, güç yoğunluğu ve süresi rol oynar. Cep telefonlarının tümü uzayda birlikte hareket eden, elektrik ve manyetik alan bileşenlerinden oluşan ve elektromanyetik alan (EMA) olarak adlandırılan radyasyonun bir türünü yaydıkları için, bazı araştırmacılar cep telefonu kullanımının, insan sinir sistemini ve üremesini etkilediğini, DNA hasarına ve davranış değişikliklerine ya da davranış bağımlılığına neden olduğunu söylemişlerdir (Wargo ve ark., 2012). Son yıllarda yapılan bazı araştırmalar cep telefonu radyasyonunun insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkilerinin olduğunu göstermiştir.

1.1. Telekomünikasyon Nedir?

Telekomünikasyon belirli bir mesafeden iletişim ile ilgili bir teknoloji olarak tanımlanır ve çeşitli şekillerde kategorize edebiliriz. Şekil 1.1 telekomünikasyonun farklı bölümlerinin olası bir görünümünü göstermektedir. Telekomünikasyon giderek daha da karmaşık elektrik sistemlerini kullanan mekanik bir yapıdan elektrik yapıya dönüştüğü için mekanik ve elektrik iletişimi kapsar. Bu nedenle, ulusal posta, telgraf ve telefon (PTT) gibi şirketler birçok yetkili kurumlar yapıların her ikisini de kullanarak telekomünikasyona katılırlar. Şekil 1.1'in üst kısmında gösterildiği gibi bizi asıl endişelendiren konu, elektrik ve çift yönlü iletişimdir. Geleneksel posta ve basın gibi mekanik telekomünikasyonun payının zamanla düşmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, elektrik, özellikle çift yönlü

iletişim artacak ve gelecekte telekomünikasyonda büyük pay alacaktır. Telekomünikasyon ağıları dünyadaki en karmaşık ekipmanı oluşturur (Anttalainen, 2003).



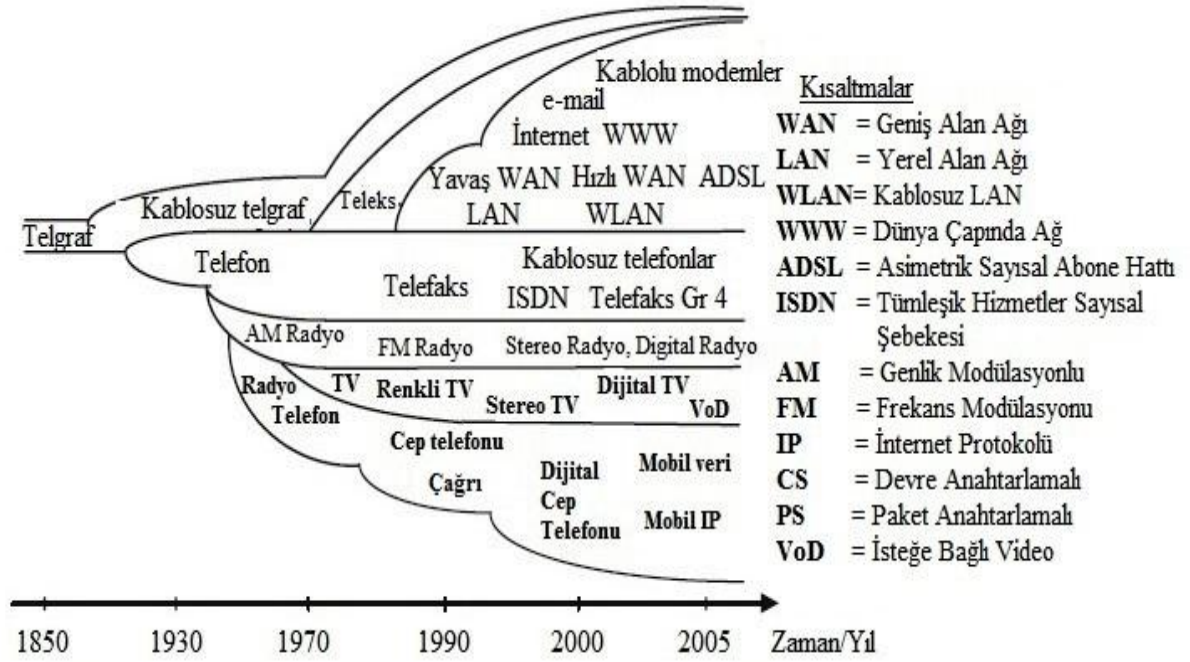
Şekil 1.1. Telekomünikasyonun yapısı (Anttalainen, 2003).

Birçok farklı telekomünikasyon ağı sürekli değişen ve son derece karmaşık küresel sistemi birbirine bağlar. Telekomünikasyon hizmetleri bir topluluğun gelişiminde önemli bir etkiye sahiptir. Bir ülkenin telefon yoğunluğuna bakarak, teknik ve ekonomik gelişme seviyesi tahmin edilebilir. Modern bir toplumun faaliyetleri telekomünikasyona son derece bağımlıdır. Örneğin bir bilgisayarın bağlı olduğu *Yerel Alan Ağı (LAN)* bir şirket içinde diğer yerlerde LAN'larla birbirine bağlanır. Çeşitli bölümlerin verimli olarak birlikte çalışması için bu zorunludur. Ek olarak, elektronik posta, telefon, faks ve cep telefonları yardımı ile diğer kuruluşlardaki insanların her gün iletişim kurması sağlanır. Bu nedenle, telekomünikasyon günlük yaşam içinde birçok alanda önemli bir rol oynar. Günlük yaşam telekomünikasyona bağlıdır. Her birimiz telekomünikasyon hizmetlerine ve her gün sağlanan bu hizmetler için telekomünikasyona güveniriz. Telekomünikasyona bağlı hizmetlerin bazı örnekleri aşağıda verilmiştir (Anttalainen, 2003):

- Bankacılık, otomatik vezne makineleri, mobil bankacılık;
- Kara, deniz ve hava ulaşımında, bilet rezervasyonu;

- Satış, toptan ve sipariş işleme;
- Benzin istasyonlarında, market ve mağazalarda kredi kartı ödemeleri;
- Seyahat acentelerinin otel odaları rezervasyonu;
- Sanayi tarafından malzeme alımı;
- Örneğin vergilendirme gibi hükümet işlemleri ve benzeri diğer birçok işlemlerin yapılması.

Bazı telekomünikasyon hizmetlerinin geliştirilmesi ve genişletilmesi de şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Telekomünikasyon sistemlerinin ve hizmetlerinin gelişimi
(Anttalainen, 2003).

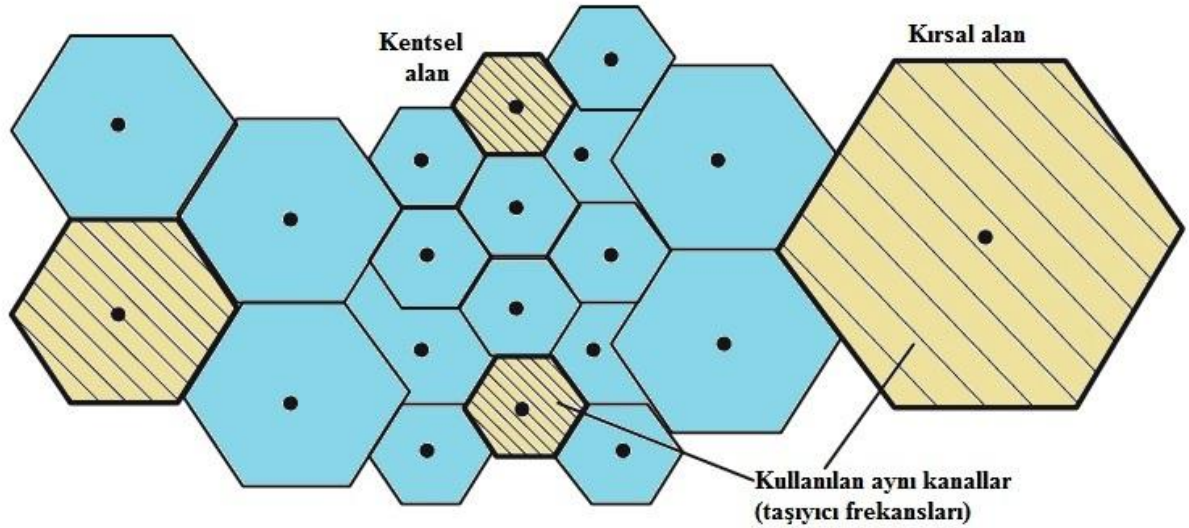
1.2. Mobil İletişimler

Kablosuz iletişim için önemli uygulama konuşma olmuştur. Telsiz telefonlar uzun yıllardır hayatımızda olmasına rağmen, bu sistemlerin kapasitesi çok sınırlı kalmıştır. Bu telsiz telefon şebekeleri, mobil iletişim birimler ile sadece birkaç baz istasyonundan (BS) oluşuyordu ve her BS geniş bir coğrafi alanı kapsardı. Bir BS'nin kapsadığı alan içinde eşzamanlı aramaların sayısı, bu BS için mevcut kanalların sayısı ile sınırlıdır. Bu sistemlerin kapasitesi düşük olduğu için telsiz telefon hizmetini sadece profesyoneller kullanabilirdi. 1970'lerde, dijital anahtarlama ve bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle, modern hücresel telefon sistemlerinin üretimi mümkün olmuştur. Hücresel prensip,

kapasite problemine bir çözüm oluşturdu. Farklı analog hücresel standartlar 1970’li yılların sonunda, İşkandinav ölkelerinde Amerika Birleşik Devletleri’nde ve Japonya’da geliştirildi. Hücresel sistemlerin ortak prensipleri hiçbir kamusal kara mobil ağı için geçerli değildir (Anttalainen, 2003).

1.3. Hücresel Yapı

Yüksek güçlü sabit radyo istasyonları ile tüm bölgeyi kapsamasının (daha eski nesil radyo sistemlerine olduğu gibi) yerine, şekil 1.3’de gösterildiği gibi, bir hücresel şebeke alanı sadece bir kaç kilometrelik ya da daha küçük hücelere bölünür. Abone yoğunluğu yüksek olan alanlar abone yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerden daha küçük hücreleri içermektedir. Güç, baz istasyonlarında (BS) ve mobil istasyonlarda (MS) azaltılmış hücre miktarı ile otomatik olarak azalır. BS ve MS (telefon) mümkün olduğu kadar düşük iletim gücünü korumak için kontrol edilir. Bu düşük güç iletimi, bu hücreden uzakta olan bazı hücrelerden aynı frekansta bulunan (frekansların tekrar kullanımı) diğer kullanıcılarla karışmaz. Her bir frekans kanalı tekrar tekrar nasıl kullanılabilir? Prensip olarak bir şebeke operatörü hücre boyutunu azaltarak, sınırsız olarak kapasitesini artırabilir.



Şekil 1.3. Bir mobil telsiz ağıının hücresel yapısı (Anttalainen, 2003).

Doğal olarak, bu ek BS sistemleri yatırım gerektirmektedir. Her taşıyıcı frekans ne kadar sıklıkla kullanılırsa, frekans yeniden kullanım faktörü olarak adlandırılır ve o sisteme bağlanır. Azaltılmış hücre boyutunun sonuçları daha pratik ve pil için daha uzun çalışma ömrünün yanı sıra telefonlar daha ucuzdur. Düşük iletim gücü, kullanıcıların bakış

açısından bir güvenlik iyileşmesi de sağlamıştır. Taşınabilir terminaller ve onların sağlık üzerindeki olumsuz etkileri hakkında toplum kaygılandığı için, düşük iletim gücü giderek daha da önemli hale gelmiştir. Geleneksel (klasik) sabit bir iletişim şebekesinde, telefon görüşmeleri her zaman sabit bir telefon soketine yönlendirilir. Cep telefonu şebekesindeki bir abone aynı anda bir hücrede yer alır. Şebeke (ağ) aranan abonenin o anda bulunduğu yerdeki hücreye bir aramayı bağlayabilecek bilgiye sahip olmalıdır. Bunu başarmak için, hücresel ağların, yerel bir konum kaydı (HLR) ve ziyaretçi konum kaydı (VLR) gibi iki veri tabanı veya kayıt defteri olmalı ve bunlarla birlikte ağın abonelerinin hareketliliğini yönetmesi de mümkün olmalıdır (Anttalainen, 2003).

1.3.1. Ana konum kaydı (HLR) ve Ziyaretçi konum kaydı (VLR)

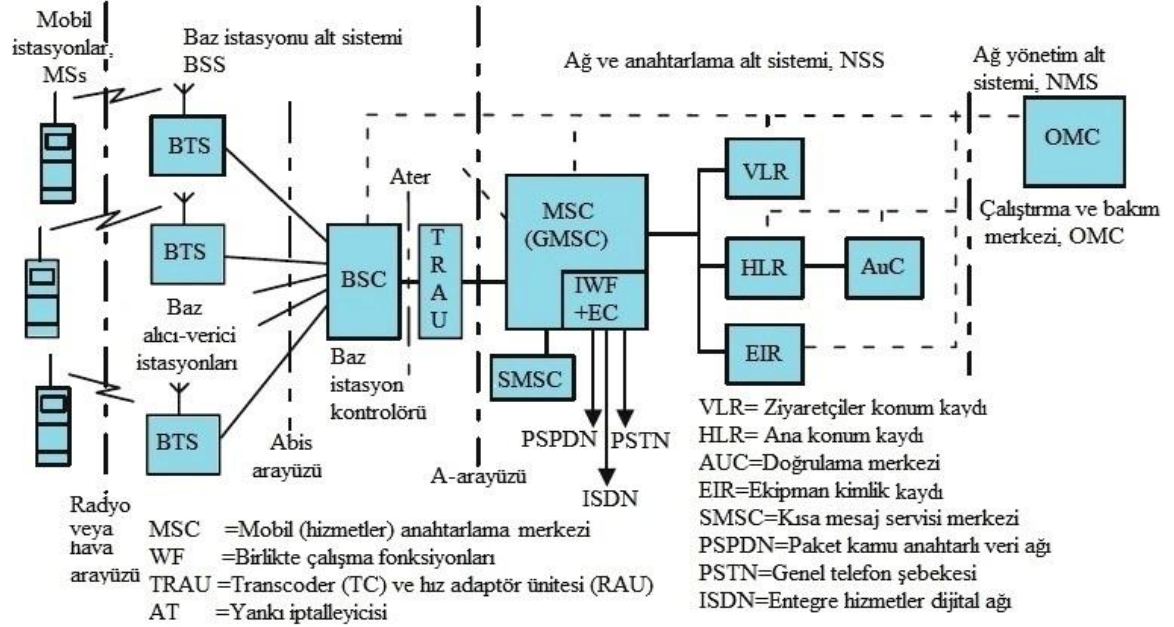
Aboneler cep telefonu satın aldığı anda, cep telefonu operatörünün konum kayıtlarına (HLR=Home Location Register) dahil olurlar. HLR, ziyaretçi konum kayıtları (VLR=Visitors Location Register) dâhil, çağrılarının transfer olduğu bir numara ile abonelerin bulundukları yerden bu güne kadar hangi hizmetleri kullanma hakkına sahip olduğu gibi abone bilgilerini saklar. HLR, aboneler nerede olursa olsun onların bilgilerinin bulunduğu küresel merkez noktasıdır. Bir arama abonelere yönlendirildiği zaman, aranan abonenin telefon numarasını iletişim ağı belirler ve HLR bu aboneye bulunduğu yerde ulaşabilir. VLR kendi alanında her abone hakkındaki bilgileri depolar. VLR yeni bir abone kendi alanına geldiğinde HLR'ye bildirir. Aynı zamanda belirli bir aboneye yönelik gelen aramaları bağlamak için abonenin olduğu yerdeki (hücre veya hücre gruplarının) doğru bilgileri de içermektedir. VLR genellikle cep telefonu santraline entegre edilmiştir. Ancak HLR genellikle fiziksel olarak ayrı bir veritabanı sistemidir.

1.4. Mobil İletişim için Küresel Sistem (GSM)

Dijital hücresel ağına bir örnek olarak, GSM şebekesinin yapısını ve işleyişini verebiliriz. Avrupa dijital hücresel sistemi GSM 1980'lerde CEPT tarafından geliştirilmiştir ve bu çalışma ETSI tarafından devam ettirilmiştir. GSM kısaltması, standardizasyon çalışma ekibi tarafından orijinal olarak kabul edildi ve GSM kısaltmasının günümüzde Mobil İletişim için Küresel Sistem anlamına geldiği de bilinmektedir. Diğer iki hücresel şebeke de GSM teknolojisine dayanmaktadır. Avrupa DCS-1800 ki bu 1800 MHz bandında çalışır ve Amerika GSM 1900 ki bu da 1900 MHz bandında çalışır.

Analog mobil ağlarından farklı olarak, GSM'de abonelik ve mobil ekipmanları farklıdır. Abone verileri saklanır ve aboneye ait bir akıllı kart olan abonenin kimlik modülü

(SIM) tarafından kullanılır. Akıllı kart sadece abonenin kendisine ait ise, bu kart ile abone herhangi bir mobil telefon ekipmanını kullanabilir. Telsiz ekipmanı mobil ekipman olarak adlandırılır (ME) ve mobil istasyonun ME ve SIM olmak üzere iki bölümden oluştuğunu söyleyebiliriz. Yani $MS = SIM + ME$ dir. GSM şebekesinin basitleştirilmiş yapısı şekil 1.4’de sunulmuştur.



Şekil 1.4. GSM şebekesinin yapısı

1.5. Üçüncü Nesil Hücresel Sistemler (3G)

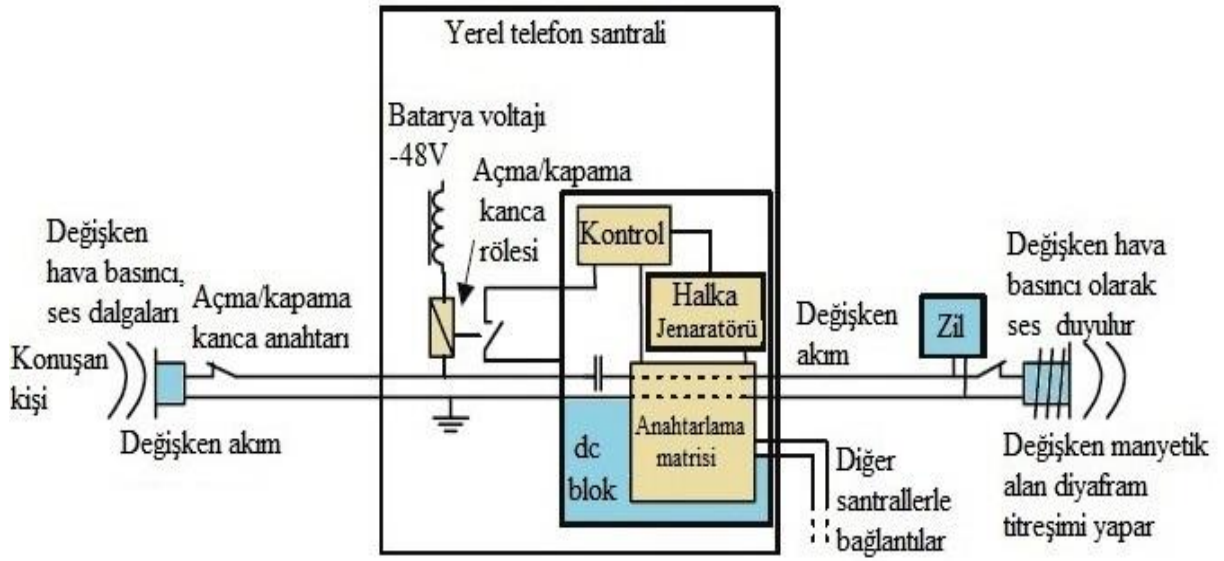
Üçüncü nesil sistemlerinin geliştirilmesinin (3G) arkasındaki temel güçler, ikinci nesil sistemlerinin düşük performanslı veri hizmetleri, dünyanın farklı yerlerindeki uyumsuz hizmetler ve kapasite eksikliği nedeni ile kamçılanmıştır. 1990’lı yıllarda, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) Uluslararası Mobil İletişim (IMT) -2000 olarak bilinen ve günümüzde kullanılmış olan 3G küresel sistemini geliştirmek için bir proje başlattı. IMT-2000 sistemi, üçüncü nesil mobil iletişim için küresel bir sistem olarak tasarlanmıştır. Daha önceden gelecek kamu karasal mobil telekomünikasyon sistemi olarak adlandırılan bu sistem ITU tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemle ilgili birçok problem ülkeler arasında karşılıklı anlaşmayla başarılı bir şekilde önlenmiştir. Sorunlar arasında farklı kıtalarda frekans tahsisi, mevcut farklı ikinci nesil altyapılar ve farklı siyasi çıkarlar vardı. Bunun bir sonucu olarak, ayrıntılı uygulama teknolojisi hakkında ortak bir anlaşma yapılamadı ve IMT-2000 küresel uyumlu teknoloji olarak kabul edilmedi. Bunun yerine farklı temel teknolojilerin sağladığı uyumlu hizmetler için bir şemsiye görevi yapmıştır.

Üçüncü nesil sistemler farklı teknolojiler kullanıyor olsa da mobil terminal teknolojisinin gelişmesi kullanıcılar için uyumsuzluk sorununu kısmen çözecektir. 3G için en önemli ağ teknolojisi UMTS'dir.

UMTS entegre edilmiş mobil hizmetler için bir Avrupa kavramıdır ve GSM ve GPRS'ye dayanır. Onun hedefi, kullanıcısının bulunduğu her yerde mobil hizmetlerini geniş bir yelpazede sağlamaktır. Kablosuz UMTS (TDD) için hücrel ve uydu ara yüzleri tanımlanır. Bu düzenli MS için 2 Mbps'e kadar ve MS'lerin hareketi için 384 Kbps'ye kadar veri hızları ile multimedya hizmeti sağlayacaktır. ETSI onaylı UMTS için hücrel telsiz erişim yöntemi geniş bant CDMA (WCDMA) dır.Temel çalışma prensibi daha önceden tanıtilan CDMA bölgesi aynıdır. 2 GHz aralığındaki yeni frekans bantı UMTS için ayrılmıştır. Kanal bant genişliği 5 MHz ve her bir kanal tüm hücreler tarafından kullanılmaktadır. UMTS'nin çekirdek ağı GSM ve GPRS'nin çekirdek ağı temeline dayanır. UMTS baz istasyonları (BS), GSM baz istasyonları (BS) ile paralel çalışacak şekilde GSM/GPRS şebekesine eklenebilmektedir. UMTS ve GSM/GPRS arasındaki geçişler desteklenmektedir.

1.6. Geleneksel Bir Telefonunun Çalışma Prensibi

Sıradan bir ev telefonu iki bakır tel aracılığıyla yerel santralden çalışması için ihtiyacı olan elektrik enerjisini alır. Bu abone hattı, konuşma sinyallerini taşımasının yanı sıra yerel bir döngü olarak adlandırılan bükülmüş bir çifttir. Değişim alanından gelen güç kaynağının prensibi yerel elektrik güç ağını bağımsız temel telefon hizmeti yapar. Yerel santrallerin elektrik beslemesi kesilirse, birkaç saat abone alıcılarının işlemlerini tutan büyük kapasiteli bir pili vardır. Elektrik güç kaynağı kesildiği zaman telefon ağının özellikle acil durumlarda çalışması önemli olduğu için bu zorunludur. Şekil 1.5 telefon bağlantısının basitleştirilmiş çizimini gösterir. Başlangıçta küçük kapsüllere yerleştirilen karbon tanecikleri ve diyaframdan oluşan mikrofonlar, karbon mikrofonlar olarak adlandırılmıştır ve değişken dirençli olarak bir batarya gerilimi ile birlikte işletilmektedir. Ses dalgalarını daha sıkı karbon taneciklerini sıkıştırdığı zaman, döngü direnci azalır ve akım hafifçe artar. Değişken hava basıncı abone döngüsüne alternatif değişken bir akım üretir. Bu değişken akım ses bilgisi içerir. Modern telefonlarda daha karmaşık ve daha kaliteli mikrofonlar olmasına rağmen abone döngüsünün temel çalışma prensibi bugün hala aynıdır (Anttalainen, 2003).

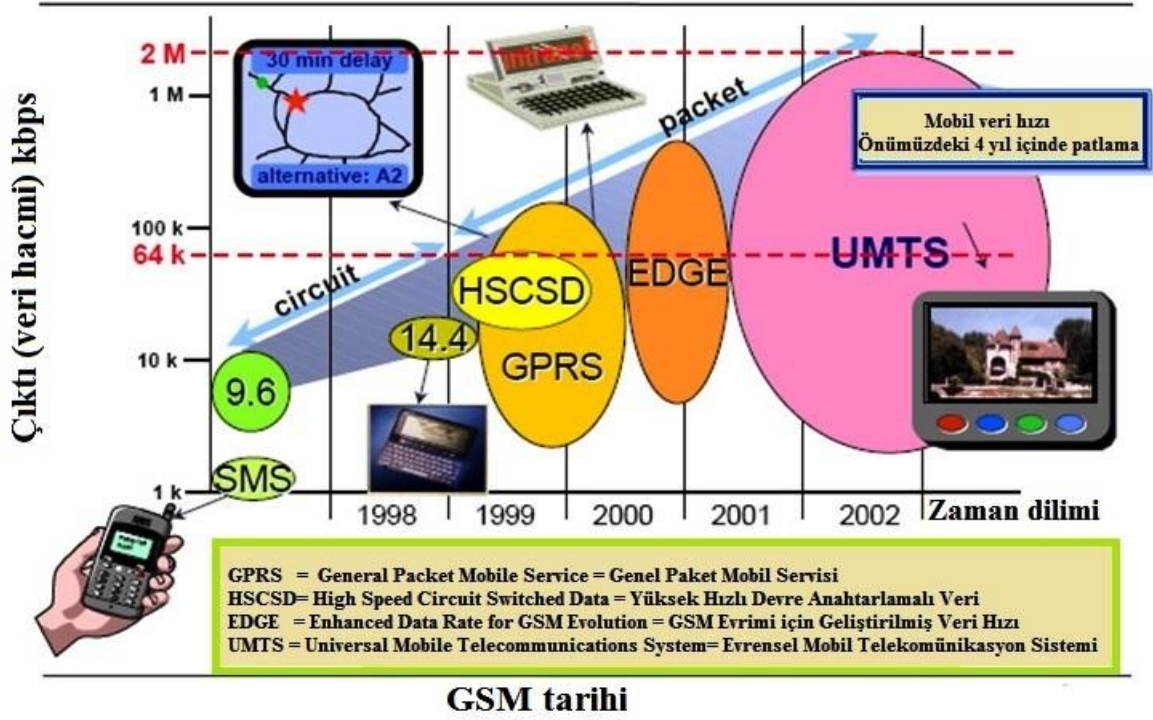


Şekil 1.5. Geleneksel bir telefonunun çalışma prensibi (Anttalainen, 2003).

1.7. GSM Sisteminin Mobil Haberleşme Sistemleri Arasındaki Yeri

Mobil telefon sisteminin ilk olarak ortaya çıktığı zamandan bu yana kullanıcılarına daha kaliteli ses hizmeti verebilmek için süreç içerisinde şekil 1.6'da görebileceğimiz bir gelişim döneminden geçmiştir. Bu dönem içerisinde detaylı olarak incelemek istersek aşağıdaki nesilleri belirtebiliriz (Cevizli, 2009).

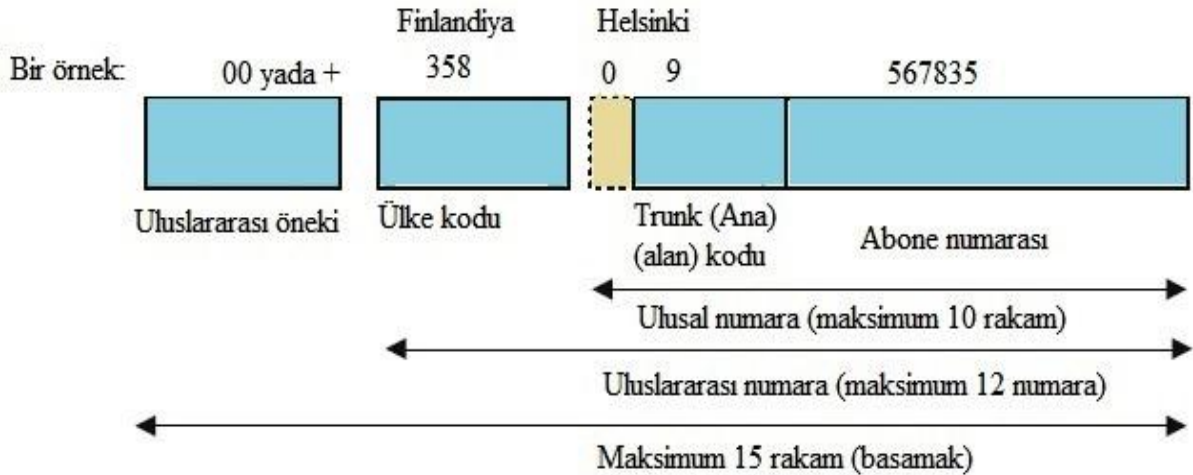
- 0G olarak adlandırılan ilk nesil sistemlerde, analog veri akısı kullanılır.
- 1G olarak adlandırılan ilk nesil sistemlerde, analog veri akısı kullanılır.
- 2G olarak adlandırılan ikinci nesil sistemlerde sayısal veri akısı kullanılır.
- GSM 2G kategorisine giren ikinci nesil bir sistemdir.
- 3G olarak adlandırılan üçüncü nesil sistem ile daha hızlı veri transferi ve bant genişliğinin daha verimli kullanımı mümkün olmuştur.
- 4G olarak adlandırılan dördüncü nesil sistem ile kapsama alanı başta olmak üzere 3G ile çözülememiş olan sorunların çözülmesi beklenmektedir (Şeker ve Çerezci, 1991; Cevizli, 2009).



Şekil 1.6. Mobil Telefon Sistemlerinin Nesilleri (Anonim 1)

1.8. Telefon Numaralandırma

Dünyada her abone soketi benzersiz kimliği ile her hangi bir telefonda başka herhangi bir telefona uluslararası bir telefon bağlantısının yapılmasını mümkün kılmaktadır. Mobil telefon ağlarında, her telefon setinin (veya abone kartının) benzersiz bir kimlik numarası vardır. Numaralandırma hiyerarşiktir ve en üst düzeyde uluslararası standartlaştırılmış ülke kodu vardır. Bu birbirinden bağımsız ulusal numaralandırma planlarını yapar. E.164 uluslararası telefon numaralarının yapısını belirtir ve şekil 1.7’de sunulmuştur (Anttalainen, 2003).



Şekil 1.7. Telefon numarası aşama düzeninin yapısı (Anttalainen, 2003).

1.9. Çağrıların Engellenme Olasılığı

Şayet ortalama sunulan trafik (konuşma) yoğunluğu biliniyor (ya da tahmin ediliyor) ise trafik mühendisi sorun kapasitesini belirler. Önerilen trafik terim sistemde engellenmiş olan trafiği de içeren toplam trafiğin oluşturduğu ortalamaı ifade eder. Açıkça kapasite (en azından genellikle) sunulan trafikten daha yüksek olmalıdır; aksi takdirde, tüm hatlar her zaman meşgul olacağı için birçok kullanıcının hizmet alması mümkün olmazdı. Tüm ana hatlar meşgul ise yeni kullanıcılar engellenir. Bu durumda, onlar meşgul tonu alırlar ve tekrar denemek zorundadırlar. Temel sorun şudur: Abonelerin hizmet kalitesinin kabul edilebilir olduğunu hissetmesi için kapasite ne kadar yüksek olmalıdır? Başlangıç noktası abonelerin ne sıklıkla bloke olmasına ve meşgul tonu almasına izin verildiğidir. Kabul edilebilir bir GoS için engellemenin bu olasılığı yoğun bir saat içinde her 20. ile 500. aramanın engellendiği anlamına gelen genellikle % 5 ile % 0.2 aralığında olacak şekilde ayarlanır. Ortalama trafik yükünün belirli bir yoğunlukta artacağı tahmin edildiğinde, şebeke operatörü engelleme olasılığını tanımlanan GoS seviyesinin altında tutmak için ağ kapasitesini arttırmalıdır.

Poisson dağılımı, bu hesaplamalar için bir olasılık modeli olarak kullanılmaktadır ve A bu formüle göre olayların ortalama sayısı olduğu zaman x olaylarının ortaya çıkması için bir olasılık verir.

$$P(x) = \frac{A^x e^{-A}}{x!} \quad (1.1)$$

burada $e=2.21828$ ve $x! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots x$ şeklinde x'in çarpımıdır. Şimdi meşgul kanalların ortalama sayısı A erlang içindedir ve bir abone bir çağrı yaptığında denklem (1) kanalların x sayı bir defada işgal olasılığını verir. n kanallarının tümü işgal edildiğinde ya da bir çok sayıda kanala ihtiyaç olduğunda engelleme oluşur. Bu ihtimal aşağıdaki gibi verilir;

$$P(x \geq n) = P(n) + P(n + 1) + P(n + 2) + \dots \quad (1.2)$$

Bununla birlikte, kanalların bir miktarı her zaman kullanımdadır ve bu olasılığı vermek için;

$$P(0) + P(1) + P(2) + \dots + P(n) + P(n+1) + \dots = P(x < n) + P(x \geq n) = 1 \quad (1.3)$$

ve denklem (2)'yi aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$P(x \geq n) = 1 - P(x < n) \quad (1.4)$$

denklem (2) yerine konulursa,

$$\begin{aligned} P(x \geq n) &= 1 - [P(0) + P(1) + \dots + P(n-1)] \\ &= 1 - \left[\frac{A^0 e^{-A}}{0!} + \frac{A^1 e^{-A}}{1!} + \dots + \frac{A^{(n-1)} e^{-A}}{(n-1)!} \right] \end{aligned} \quad (1.5)$$

Şimdi kanal formülü düzenlenen Molina kayıp aramaları olarak da bilinen engelleme olasılığı için Poisson formülü var ve aşağıdaki gibi verilir:

$$P(x \geq n) = 1 - \sum_{x=0}^{n-1} \frac{A^x e^{-A}}{x!} \quad (1.6)$$

Engelleme olasılığını, hizmet kalitesini belirlemek için bir abone bir çağrı yaptığında Poisson dağılımını kullanarak, bir kanalın boş olmadığı olasılık hesaplanır. Bunun için A olarak önerilen ortalama (toplam) trafiğin bir değeri alınır ve n kanallarının tümünün meşgul edilme trafiğinin olasılığı hesaplanır. Önerilen trafik yükü gerçek trafik n'i hiçbir zaman aşmasa bile n'den daha yüksek olabilir (Anttalainen, 2003).

1.10. Baz İstasyonları

Baz istasyonu, bir GSM (Global System for Mobile Communications) hücresinde abonelerle iletişimi sağlayan verici/alıcı sistemidir. Her hücrede bir baz istasyonu bulunur. Bunlar hem abonelerle hem de komşu hücre baz istasyonları ile sürekli iletişim halindedirler. Baz istasyonları, kapsamayı genişletmek, kapsama alanındaki gölge bölgeleri yok etmek, ya da kapsama bölgesindeki abone sayısının artması nedeniyle artan ihtiyacı karşılamak için kurulurlar. Bir bölgedeki hücre sayısı ve hücrenin kapasitesinin kararı, o

bölgenin coğrafi yapısı, trafik yoğunluğu ve o bölge için tahmin edilen gezgin abone sayısı düşünülerek verilir. Geniş kapsama alanlı hücreler, gezgin abonelerin yoğunluğunun düşük olduğu ve radyo dalgalarının yayılmasını engelleyecek yapıların olmadığı bölgeler için tercih edilir. Küçük kapsama alanlı hücreler ise, abone ve istenilen servis yoğunluğunun çok fazla olduğu ve bina, dağ gibi radyo dalgalarını engelleyici yapıların bulunduğu ortamlarda tercih edilirler (Mavi, 2004).

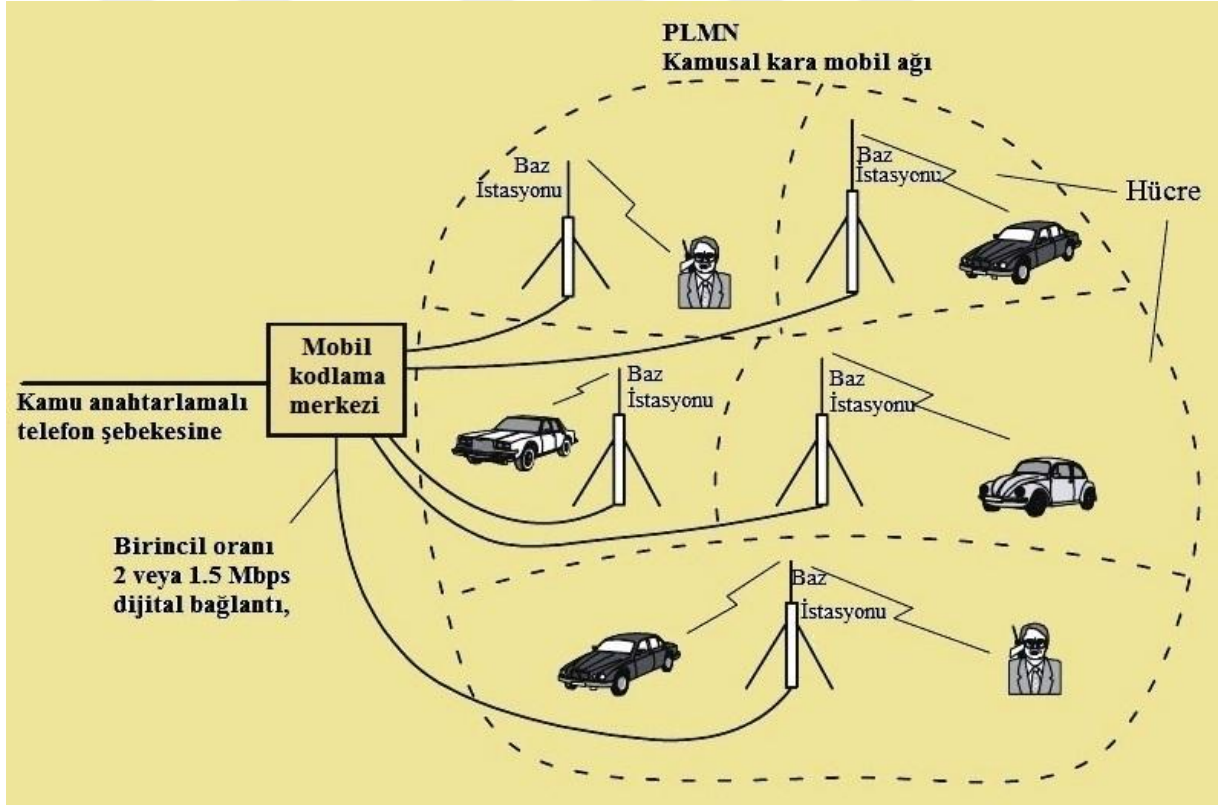
1.10.1. Baz İstasyonlarının Yapısı

Baz istasyonları belli bir alan veya “hücre” içinde mobil telefon kullanıcıları ile iletişimi (haberleşme) sağlar. Hücresel baz istasyonları sürekli ve 800-900 MHz frekansa, PCS (Personal Communications Service) sistemleri de sürekli ve 1800-2000 MHz frekansa sahiptir. Hücresel baz istasyonlarında çoğunlukla direk (poles) veya çubuk (whip) gibi görünen yönlendirilmemiş antenler kullanılır. PCS baz istasyonlarında ise dikdörtgen panelleri halinde görülen çok sayıda “sektör” antenleri kullanılır. Karakteristik olarak bir sektör anteninin genişliği 30 cm, boyu ise 120 cm dir. Baz istasyonu antenleri, yerden 15-60 m yüksekliğe kurulur. Antenin yerden yüksekliği radyofrekans radyasyonunun daha uzak mesafelere ulaşabilmesi açısından önemlidir. Her bir hücre bölgesinde, verici ve alıcı antenler bulunur. Anten sayısı, servis alanına bağlıdır. Sisteme bağlı olarak bir hücresel baz istasyonunda anten başına 16 verici kanal kullanılabilir. Aşırı derecede yüksek yoğunluklu servis alanlarında en fazla 6 verici anten kullanılabilir. Dolayısı ile bir baz istasyonunda 96 kanal çalıştırılabilir. Fakat bu sayılar genel değildir. Ayrıca tüm kanallar aynı anda çalıştırılmaz. Bu da toplam emisyon miktarını azaltır. PCS sistemli baz istasyonları nispeten daha çok sayıda kurulduğundan dolayı daha az seyide kanal kullanırlar (Mavi, 2004).

1.11. Hücresel Radyo İlkeleri

Geleneksel telsiz telefon şebekelerinde ana sorun, bu hizmet için mevcut sınırlı frekans bandının düşük kapasiteli olmasıdır. Hücresel ağlar, ağ içinde birden fazla alanda aynı frekansları kullanarak bunun için bir çözüm sağlar. Bir hücresel ağ yapısının yardımıyla bir frekansın yeniden kullanım ilkesi 1960’larda Bell Laboratuvarları’nda keşfedilmiştir. Radyofrekans kontrolü, mikroişlemci ve yazılım teknolojilerinin tekniksel gelişimini 1970’lerin sonunda uygulanabilir hücresel ağlar oluşturdu. Bu hücresel sistemlerin en önemli ortak özelliklerinin listesi aşağıda verilmiştir (Anttalainen, 2003):

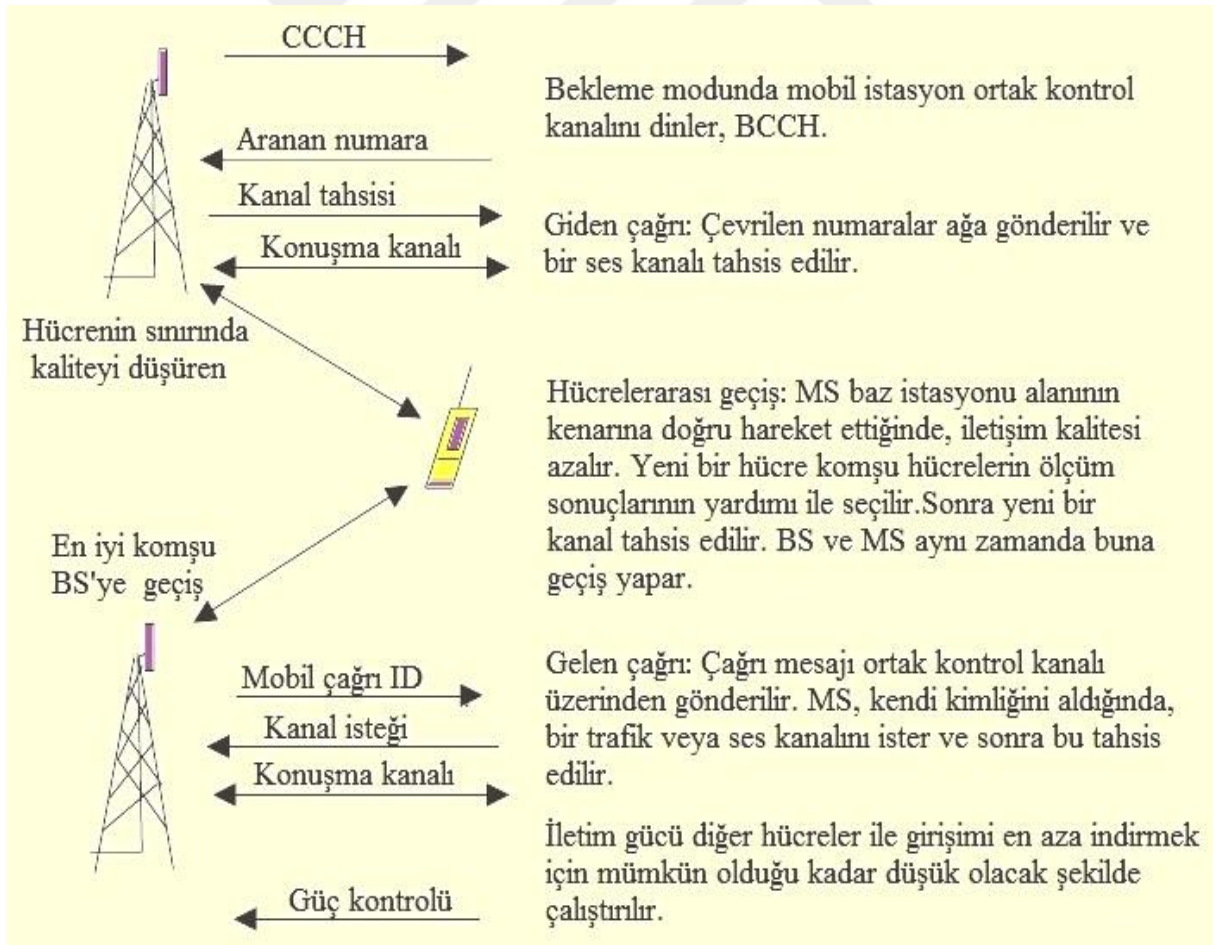
- Frekansın yeniden kullanımı sisteme ayrılan kanalların sayısından çok daha fazla iletişim kanalları sağlar.
- BS'yi (baz istasyonları) değiştirmek için ihtiyaç olduğu zaman otomatik hücreler arası transfer ya da bir hücreden diğer hücreye geçiş iletişimin sürekliliğini sağlar.
- Mobil (cep telefonları) ve BS arasındaki iletişimin sürekli izlenmesi, iletişim kalitesini doğrular ve bir hücre transferinin gerekli olduğunu algılar.
- Ağ sağlayıcılarının içindeki mobil istasyonların (cep telefonları) otomatik yerleşimi, aramaları cep telefonlarına yönlendirilebilir.
- Mobil istasyonlar (cep telefonları) bir çağrıyı almak için ağın ortak bir kanalını sürekli olarak dinler ve şekil 1.8'de basitleştirilmiş temel bir hücresel ağın elemanları gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Bir hücresel radyo ağının temel yapısı (Anttalainen, 2003).

Baz istasyonları (MS, telefonlar gibi), mobil istasyonlarla kablolu ağ hattına bağlanmış radyo vericileri/alıcılarıdır. Baz istasyonları birincil oran dijital bağlantılarla mobil kodlama merkezine (MSC) bağlanır. MSC sabit şebekede yerel bir değiştirici gibi davranır. Kodlama ve sıradan bir telefon santralinin diğer işlevlerinin yanı sıra, MSC konum kayıtlarının yardımıyla abonelerin yerlerini de takip eder. Hücresel ağların tümü erişim ağları gibi davranması için tasarlanmıştır. Bunların temel amacı küresel (sabit)

haberleşme şebekelerine mobil abonelerini ulaşılabilir hale getirmektir. Mobil hücreşel şebekeler her zaman sabit bir şebekeye dayanır. Mobil hücreşel şebekelerin sabit ağı benzer hiçbir kodlama hiyerarşisi (aşama düzeni) yoktur ve uluslararası aramalara sabit bir ağı aracılığıyla bağlanır. Bir hücreşel radyo ağıının detaylı yapısı, ağı elemanlarının terminolojisi ve ayrıntılı fonksiyonları, söz konusu olan ağı teknolojisine bağlıdır. Bir kullanıcının aramak istediğı sayı, tuş takımı aracılığıyla mobil telefonun hafızasına girilir. Kullanıcı arama tuşuna bastığında, şekil 1.6'da gösterildiğı gibi, mobil telefon, ortak kontrol kanalı vasıtasıyla BS'ye sinyal mesajlarının bir dizisini gönderir. Bu mesajlar BS yönlendirmesi için MSC'ye (mobile switching center, mobil kodlama merkezi) geçen çevrilen numaraları içerir. MSC, çevrilen numarayı analiz eder, PSTN (Public Switched Telephone Network, Kamu Telefon Kodlama Ağı) aracılığıyla çağrı oluşturulması için kamu telefon şebekesine sayıları geçer ve mobil arama için özel bir konuşma kanalı tahsis edilmesi için bir BS ister. Aranana abone cevaplar ve konuşmayı başlatmak için izin verildiğinde, MS ve BS bu kanala geçer (şekil 1.9).



Şekil 1.9. Bir hücreşel şebekenin temel işlemleri (Anttalainen, 2003).

1.12. GSM Kökenli RF Kaynakları

Son yıllarda, sayıları hızla artan GSM hücresel haberleşme sistemleri 900 MHz ve 1800 MHz’de kapsama alanı ve trafik yükü beklentileri bakımından istenen kullanım etkinliğinin sağlanabilmesi için, çok sayıda GSM baz istasyonu (Base Transmitting Station-BTS) ile işletilmektedir. Bu nedenle, GSM baz istasyonları, ortamda özellikle de yerleşim alanlarında yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebep olmuşlardır.

Artan abone talebi ve çeşitlenen hizmetler nedeni ile hücresel sistemler içinde RF yayan nitelikteki birim ve sistemlerin sayıları yerleşim alanları içi ve yakınında her geçen gün artmakta, bunun sonucunda ortamda elektromanyetik alan kaynakları ve yoğunluk oluşumuna sebep olmaktadır. GSM hücresel sistemde kapsama alanına göre makro, mikro ve piko olmak üzere üç tip BTS donanımı bulunmaktadır. Bu cihazlardan ortama yayılan güç, cihaz çıkış gücü olarak 2-10 Watt arasında değişmekte olup, ana yayılım yönünde ise $P_{\text{Perp}}=400 \text{ W}$ ’a kadar çıkmaktadır. Kullanıcı sayısı arttıkça çevremizde baz istasyonlarının sayısının artması kaçınılmazdır. Baz istasyonları tipik olarak 10-30 m yüksekliğindeki kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede 120° ’lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düşeyde tipik olarak $5-6^\circ$ ’lik huzmeye sahiptir. Bu huzme yataydan biraz aşağı yönlendirilerek kuleye en yakın 50 m’de yere değer. Her anten birkaç konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16) sahiptir. Bir kule ile 30-40 km’lik yarıçaplı bir alanın kapsanabilmesi için her kanal ortalama 40-60 W çıkış gücüne ve antenler 15-18 dB kazanca sahiptir. 60 W güç ile 10 m yüksekliğindeki bir kuleden 50 m ötede ölçülecek alan şiddeti 4-6 V/m civarında olacaktır. Bu değer çevredeki yakın binalardan ya da balkonlardan yansıma durumunda artabilir. Yapılan ölçümler, çok anormal bir baz istasyonu yerleşimi seçilmediği sürece, ölçülecek elektrik alan değerinin 5-10 V/m’ nin üstüne çıkmayacağını göstermektedir. Ancak, yanlış yer seçimi ve hatalı yerleşim ile verilen sınır değerlerinin aşılması söz konusu olabilir. Bununla birlikte, anten huzmesinin yönü ve yansımalar, durumu oldukça değiştirebilmektedir. Cep telefonlarında durum daha ciddidir. Ortalama 2 W çıkış gücüne sahip 900MHz’de çalışan bir cep telefonundan 2.2 cm ötede 400 V/m şiddetinde elektrik alan değeri ölçülmüştür. Bu değer 1800 MHz ve 1 W çıkış gücü ile 200 V/m’dir. Yani, beynimizin dibinde ölçülen değer baz istasyonlarının neden olduğu etki yanında on kattan daha fazla olabilmektedir.

GSM şebekelerinin yaygınlaşması ve yeni hatların devreye sokulması, her yerde baz istasyonlarının kurulmaya başlaması son günlerde EM kirlilik tartışmalarını ön plana çıkarmıştır. Bu tartışma sadece ülkemizde değil bütün dünyada ateşli bir şekilde

sürmektedir. Tartışmanın bilimsel temellere oturtulması, kavramların ve büyüklüklerin netleşmesi yaşanmaya başlanan kaosu bir ölçüde önleyecek ve olayların sağlıklı gelişimini sağlayacaktır. Ortalıkta üniversitelerce ve diğer bilim kurumlarınca verilen ve bazısı yanlış hesap ve ölçülere dayanan çelişkili raporlar dolaşmaktadır. Yapılan ölçümlerin bir kısmında ortamdaki elektrik alan şiddetinden çok, kullanılan ölçüm düzeninin kablo kayıplarının ölçüldüğüne ve bu durumun farkına bile varılmadığına rastlanılmaktadır. GSM şirketleri, belli bir yerde, örneğin yerden 35 m yüksekte ve şehir dışında bir kule şeklinde baz istasyonu tesisi için aldıkları raporu meskun mahalde ve bir binanın ikinci katında (yerden 3-4 m yüksekte) cepheye kurdukları bir başka tesis için örnek gösterebilmektedirler. Basında bilimsel kaynak göstermeden yazılar yayınlanmakta ve bu durum halk arasında söylentilerin artmasına neden olabilmektedir. Örneğin “karşı apartmanın çatısına baz istasyonu kuruldu, acaba AIDS olur muyum?” gibi ilgisiz, abartılı kaygılara bile rastlanabilmektedir. Türkiye’de bugün 8 milyon civarında cep telefonu abonesi olduğu sanılmaktadır. Sadece bu yıl Türkiye’de 3000’den fazla yeni baz istasyonu kurulacağı beklenmektedir. Çevre Bakanlığı bunlara bir düzenleme getirmek üzere genelge yayınlamıştır. Bu genelge ile valiliklere sorumluluk, TÜBİTAK ve üniversitelere de denetleme ve ölçme yetkisi verilmektedir. Sağlık Bakanlığı konu üzerinde uzun süredir çalışmalarını sürdürmektedir. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) yıllardır standartların düzenlenmesi çalışmalarına eğilmektedir (İnce, 2007).

1.13. GSM Haberleşme Sistemleri

Avrupa Telekomünikasyon Standartlar Komitesi’nin “**Groupe Spéciale Mobile**” isimli alt kuruluşunun ismini taşıyan GSM, kapsama alanının tüm dünyaya yayılması amacıyla geliştirilmiş ve gezgin haberleşme için küresel sistem olarak Türkçeleştirilmiş (Global System for Mobile Communications-GSM), bir cep telefonu iletişim protokolüdür. En kullanışlı özellikleri olarak düşük hata oranı, yüksek kapasite ve aynı hat ile değişik ülkelerde görüşme (dolaşım-roaming) sunabilmesi gösterilebilir. Tüm GSM standartları, hücresel ağ mantığını kullanır ve dolaşım esnasında hücreler arasında kesintisiz geçiş yapılabilir. Dolayısıyla kapsama alanından çıkılmazsa, cep telefonu ile tüm dünyayı telefon konuşmasını kesmeden dolaşmak mümkündür. Kullanılan hücreler çeşitlidir ve kullanılan hücre tipi, o hücreden yararlanacak kullanıcı sayısı ve gezgin istasyon hızları ile ilişkilidir. Makro hücreler, mikro hücreler ve piko hücreler günümüzde kullanılan hücre tipleridir. Makro hücreler, trafik yoğunluğunun orta düzeyli olduğu ve gezgin istasyon hızlarının çok olmadığı ortamlarda en fazla 35 km’lik bir yarıçapta etkinlik gösterebilen hücre tipleridir.

Çıkış güçleri 20-30 Watt civarındadır. Trafik yoğunluğunun makro hücrelere nispeten daha fazla olduğu bölgelerde kullanılan mikro hücrelerin temel amacı kapasitenin desteklenmesidir. Mikro hücrelere ait antenler, makro hücre antenlerden daha küçüktür. 300 metre ile 1 km arasındaki bölgeleri kapsama özelliği vardır. Son olarak bahsedebileceğimiz piko hücreler ise 10-50 metre kapsama alanı sunabilen, trafik yoğunluğunun fazla ve gezgin istasyon hızlarının düşük olduğu geniş bant uygulamalarında kullanılmaktadır (Develi, 2010). Ülkemizde elektromanyetik kirliliğin haberleşme ayağında GSM900, GSM1800 UMTS (3G) ve 4.5G haberleşme sistemlerinin yer aldığı söylenebilir (Sorgucu, 2011).

1.14. Cep telefonları

Cep telefonları düşük güçlü RF (radyofrekans) sinyalleri gönderen ve alan cihazlardır. Elektromanyetik dalga spektrumu içinde radyo dalgaları grubunda yer alır. Türkiye’de toplam abone sayısı 72 milyonu aşkındır. Bu kadar aboneye hizmet vermenin tek yolu geniş bir coğrafik alanı hücrelere bölmek ve aynı frekansları değişik bölgelerde tekrar kullanmaktır. Bu kanalların tekrar kullanılması spektrum verimliliğini artırır. Bir abone servis alanı içinde seyahat ederken telefon konuşması bir hücreden diğer hücreye fark edilmeyecek kadar kısa bir kesilme ile transfer edilir. Bir GSM sistemindeki bütün hücreler Mobile Telephone Switching Office (MTSO) adı verilen bir merkeze yer hatları veya mikrodalga hatları ile bağlıdır. MTSO telsiz telefon ve normal telefon konuşmalarını düzenler. MTSO ayrıca GSM aletinin durum verisini ve ücretlendirme istatistiğini işler. Her hücre kendi radyo telefonu ve kontrol ekipmanı ile hizmet verir. Her hücre çeşitli sayıda ses kanalını ve karışıklığı önleme açısından bir de ardışık kanallara atanmış bir adet kontrol kanalını içerir. Bu kontrol kanalı veriyi telefonlar arasında iletir. Bu kontrol verisi telefon cihazına bir çağrı geldiğini ve gönderildiğini anlatır. Ayrıca bu kontrol kanalı MTSO’ya hangi ses kanallarının konuşma için ayrıldığını anlatır (Düzgün, 2009).

Cep telefonu RF radyasyon maruziyetini değerlendirmek için en güvenilir nicelik SAR değeridir. Vücut yakınındaki bir vericiden (cep telefonu) yayılan elektromanyetik dalgaların bir kısmı telefondan dokulara soğurulur. SAR değeri cep telefonu çeşitlerine göre 0,12-1,6 W/kg arasında değişiklik gösterir (Federal Communications 1999; Çoruh, 2010; Agarwal 2007). GSM’in, 900 MHz bandında iki işletmeciden fazlasına cevap vermesi güç olduğundan, birçok Avrupa ülkesinde GSM 1800 üçüncü ve dördüncü sistem olarak kurulmakta ve işletilmektedir. Bu şekilde hem 900 MHz’deki kapasite

doğunluğuna çözüm getirilmekte hem de mobil haberleşme işletmecilerinin sayısı artırılarak rekabeti geliştirmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hem GSM 900 hem de GSM 1800 şebekesi işleten işletmeciler de bulunmaktadır. GSM 1800 çok büyük oranda GSM 900 standartlarını kullanmaktadır. GSM 900 ile GSM 1800 arasındaki temel farklılık frekans bandının yerleşimindedir. GSM 1800 şebekesinde GSM 900 şebekesine oranla (kırsal alanda) yaklaşık dört kat daha fazla baz istasyonu ile aynı kapsama alanına hizmet sağlamak mümkün olabilmektedir. Bunun dışında GSM 900 ile GSM 1800 sistemlerinde şebeke mimarisi, çoklu erişim yöntemi, hız, konuşma kodlaması, kanal kodlaması, sinyalleşme gibi konularda hiçbir fark bulunmamaktadır. Türkiye’de cep telefonu teknolojileri alanında Turkcell, Vodafone ve Avea tarafından hizmet verilmektedir. Bunlardan Turkcell ve Vodafone GSM 900 şebekesi üzerinden, Avea ise GSM 1800 şebekesi üzerinden hizmet vermektedir (Yapıcı 2007; Ermol 2008; Çoruh, 2010).

1.15. Elektromanyetik Işınım Üretilmesi

Tüm cep telefonları uzayda birlikte hareket eden elektrik ve manyetik enerji dalgalarından oluşan, bir elektromanyetik alan (EMA) olarak adlandırılan radyasyonun bir türünü yayarlar. Elektromanyetik enerjinin çeşitli tipleri kendi dalga boyu ve frekansları ile karakterize olur ve elektromanyetik spektrumdan oluşur (Wargo ve ark., 2012). Yüklü bir parçacığın elektromanyetik ışınım oluşturabilmesi için parçacığın harmonik salınım hareketi yapması gereklidir. Elektromanyetik dalgalar ışıma yüklü parçacıkların hareketi sonucu meydana gelir. Sabit duran yüklü bir parçacık sadece elektrik alan oluşturur. Hareket eden yüklü parçacıklarsa bir elektrik alan ve bir manyetik alan meydana getirir. Böylece parçacık her an bir ivmeye sahip olur (sadece denge konumundan geçtiği an ivmesi sıfır olur). Bu alanların bir birbirlerine oranı sabittir ve birbirlerine dik bir şekilde uzayda salınarak yol alırlar. Elektromanyetik dalgalar diğer dalgaların tersine, bir ortama ihtiyaç duymadan yayılabilir. Bu dalgaların frekansı ve dalga boyu birbiriyle ilişkilidir. Örneğin frekans artarken dalga boyu azalır. Bir noktasal yükün davranışını anlayabilmek için, yükün ürettiği elektrik alan çizgileri yükten çıkıp sonsuza doğru uzanan gergin teller gibi düşünülmelidir. Aşağı-yukarı salınım yapan noktasal yük, bu telleri sallayarak dışarı doğru dalgalar yayılmasını sağlar. Bu dalgalar her yöne eşit şiddetle yayılmazlar. Dalga en şiddetli olarak yükün, hareket eksenini ile 90^0 açı yapan yöndedir ve hareket eksenini boyunca dalga yoktur. Aynı zamanda yükten dışarı doğru yayılan manyetik bozulma da vardır. Kaynaktan hem elektrik hem de manyetik bozulma yayıldığından dolayı bu dalgaya elektromanyetik dalga veya elektromanyetik ışınım denir. Makroskobik dalga boyunda

elektromanyetik dalgayı 1887 yılında laboratuvar ortamında ilk defa Alman fizikçi Heinrich Hertz üretmiştir. Hertz, $v=\lambda f$ dalga boyu-frekans ifadesini kullanarak dalganın yayılma süratini bulmuş, elektromanyetik dalgaların yayılma süratinin, ışık sürati ile aynı olduğunu tespit etmiştir. Ancak elektromanyetik dalgaların uzak mesafelerle haberleşmek için kullanılabileceği Hertz tarafından fark edilememiştir. Marconi ve arkadaşlarının çalışması radyoyu yaşamımıza sokmuştur. Radyo yayın istasyonunda elektrik yükler iletken anten boyunca salınım hareketleri yaparak elektromanyetik dalgaların yayınlanmasını sağlar. Antende çok sayıda yükün birlikte salınımı kilometrelerce mesafelerden algılanabilen güçlü dalgalar üretir (Bilim ve teknik, 2001).

Elektromanyetik spektrumun RF kısmı, yaklaşık 3 kilohertz (3 kHz) ile 300 gigahertz (300 GHz) aralığındaki frekanslardan oluşur. İletişimi içermeyen RF enerjisinin kaynakları mikrodalga fırınlar, radar ve endüstriyel kullanımları içerir. Elektromanyetik spektrumun tamamı hem iyonize edici ve hem de iyonize olmayan radyasyondan oluşur. Elektromanyetik dalgaların biyolojik ve kimyasal sistemler veya herhangi bir malzeme üzerindeki etkisi, dalgayı oluşturan alanların şiddetine ve frekansına bağlıdır. Mikrodalga fırınların, radyo ve TV haberleşmesine ek olarak cep telefonları ve baz istasyonları arasında kullanılan düşük frekanslı dalgaların yapabileceği hasar, sadece bu dalgaların söz konusu malzeme üzerinde oluşturacağı ısınma etkisine bağlıdır. O yüzden düşük frekanslı dalgaların verebileceği hasar sadece maruz kalınan elektromanyetik dalgaların şiddetine ve maruz kalınan süreye bağlıdır. Satın aldığımız cep telefonları ve benzeri elektronik araçlar için sağlık örgütlerince belirlenmiş limitler vardır ve ticari ürünler o limitlerin altında olmak zorundadır. X-ışınları ve gama ışınları gibi yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar için ise durum biraz daha farklıdır. Bu dalgalar hücrelerle etkileştiklerinde dokularda ve genetik yapıda değişiklik yapabilir. Bu değişikliklere yol açacak kadar yüksek frekanslı ışımalara iyonlaştırıcı ışıma adı verilir. Örneğin bir tek gama ışını fotonu, etkileştiği bir DNA molekülünde bozulma meydana getirebilir. Elektromanyetik dalgalar hayatımızın ayrılmaz bir parçası, artık hep onlarla yaşıyoruz. Yeryüzündeki hayatın kaynağı Güneş, ihtiyacımız olan enerjiyi elektromanyetik dalgalar halinde gönderiyor. Vücudumuz D vitamini sentezi için düzenli olarak belli dalga boyundaki elektromanyetik ışımaya, yani ışığa muhtaçtır (Bilim ve teknik, 2012). Evet, insanlar da elektromanyetik dalgalar yayarlar. Besinleri yakarak elde ettiğimiz ısınn yaklaşık % 60'ı, 10^{12} Hz dolaylarında dalgalar biçiminde çevreye yayılır (Bilim ve teknik, 2000). Şekil 1.10'da elektromanyetik spektrum çizelgesi verilmiştir.



Şekil 1.10. Elektromanyetik Spektrum Çizelgesi

1.16. Elektromanyetik Alanların Genel Özellikleri

Elektrik yükleri çevrelerinde elektrik alanları oluşturur. Bu yükler hareket ettiklerinde ise manyetik alanlar da oluşur. Atomların manyetik momenti, ondaki elektronların hareketi ve yönelimleri ile ilgilidir. Kısaca elektromanyetik alanların elektrik yüklerinin hareketi ile ilgili olduğunu söyleyebiliriz. Devreden akım geçtiğinde hem elektriksel hem de manyetik alanlar ortaya çıkmaktadır. Elektrik alanların gücü veya

şiddeti akım gücüyle orantılıdır. Manyetik alan ise akım şiddetiyle orantılıdır. Gerek elektrik gerekse manyetik alan şiddeti güç kaynaklarından uzaklaştıkça düşer (Elhasoğlu, 2006). Voltaj elektrik alanlarının şiddetini belirlediği için, yüksek gerilim hatları, hem mesleki hem de evsel kullanımdan kaynaklanan etkileşimde temel kaynağı oluşturmaktadır. Manyetik alan akımın olduğu yerde olmaktadır. Kaynakçılık gibi iş kollarında, ev aletlerinin etkisinde kalmaya bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Pratikte ölçüm yapmak oldukça zordur. Çünkü maddeyi, değişik kaynaklardan, jeotermal alanlar gibi, ortaya çıkan akımlar, birlikte etkilemektedir. Elektriksel alanlar genellikle topraklama ile bloke edilebilirken manyetik alanlar dokular dahil birçok dokuya kolayca girebilmektedir. Bu nedenle manyetik alan-kanser ilişkisi daha yoğun araştırılmaktadır (Heah, 1996). TV izlediğimizde, radyo dinlediğimizde, mikrodalgada yemek pişirdiğimizde elektromanyetik dalgayı kullanmışız demektir. Radyo dalgaları, mikro dalga, TV dalgaları elektromanyetik dalganın birer türüdür. Bunlar yalnızca dalga boyları ile birbirlerinden ayrılırlar. Elektriğin kablolardan hareket etmesi ile elektrik ve manyetik alanlar oluşmaktadır. Elektrik alan ortamda bulunan diğer bir yüke uygulanan kuvvet olarak tanımlanırken manyetik alan ortamdaki hareketli yüklere kuvvet uygular. Elektrik ve manyetik alanların hem şiddeti hem de yönü söz konusudur, yani vektörel büyüklüklerdir. Yüksek gerilim hatlarının canlı sağlığı üzerindeki etkileri hakkında çelişkili görüşler bulunmaktadır. Bu tip etkileşimlerin kansere neden olabileceği savunulmakla birlikte yeterli çalışmalar olmadığı için hiçbir kesinlik kazanmamıştır (Tacher, 1992). Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak evlerimizde kullandığımız yüksek frekanslı, iyonize olmayan radyasyon (NIR) yayan araçların hızla artması bu konuya ilginin artmasını da birlikte getirmiştir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar düşük manyetik alan etkisiyle değişik kanser risklerinin artışı arasında zayıf bir bağ kurmaktadır (Elhasoğlu, 2006). Kızartma makineleri, elektrikli battaniyeler, yüksek gerilim hatlarınıninkine yakın manyetik alanlar oluşturmaktadır (Harley, 1990). Kanser ve EM alanlar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda, potansiyel etkileşim riski olanlarda lösemi ile bağlantı kurulabileceği ileri sürülmüştür (Milham, 1982; Wertheimer, 1979). Ancak yapılan çalışmaların büyük bir bölümü gerçek bir etkileşimi gösterebilecek boyutta olamamıştır. Buna rağmen EM alanların bağışıklık sistemini, iç salgı sistemini, büyüme düzenleyici mekanizmayı etkilediği bilinmektedir (Harley,1990; Heah,1996; Şahin, 2016).

1.17. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik alan (EMA) terimi, belirli bir yerde elektromanyetik enerjinin varlığını göstermek için kullanılır. Elektromanyetik alanların iki bileşeni vardır: Elektrik alan ve manyetik alan. Elektrik alanların şiddeti metre başına düşen gerilim (V/m) ile ölçülürken, manyetik alanın ölçü birimi ise (A/m) dir. Elektrik ve manyetik alanların özellikleri farklıdır. Dolayısıyla bu alanların canlıların biyolojik yapıları üzerindeki etkileri de farklı olur. Bu alanların insanları nasıl etkilediği daha tam olarak anlaşılmamıştır. Ama yapılan çalışmalar; manyetik alanların, elektrik alanlara göre daha etkili olduğunu işaret etmektedir. Örneğin elektrik alanlar duvarlardan geçemez; hatta insan derisinden bile geçerken şiddeti çok düşer. Bununla birlikte, manyetik alanlar özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hemen hiçbir engel tanımaz. Elektrik alanlar insan bedeninin yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur, manyetik alanlarsa bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasına yol açarlar. Gerçekte değişken manyetik alanlar, çevrelerinde bulunan tüm iletkenlerde (insan bedenini de bir iletken olarak düşünebiliriz) akım oluştururlar. Bu akımların yönü manyetik alana diktir (Bilim ve Teknik, 2000; Söğüt, 2016). Elektromanyetik dalgalar dalga boyunun ve frekansın çok geniş bir spektrumunu (tayfını) kapsar. Bu elektromanyetik spektrum radyo ve TV vericisi, görünür ışık, kızılötesi, morötesi yayılma, X-ışınları ve γ -ışınlarının tamamını içine alır. Elektromanyetik dalgaların 1 Hz ile 10^{24} Hz frekans aralığında yayıldığı fark edilmiştir.

1.18. Elektromanyetik Kirliliği Oluşturan Alanlar

Tüm vericiler, alıcılar, yayın istasyonları, uydu antenleri, TV ve radyo alıcı ve vericileri, bilgisayar, televizyon, buzdolabı, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, elektrik süpürgeleri, saç kurutma makineleri, su ısıtıcıları ve tüm elektrikli ev aletleri elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Bizler de görünebilen türden olmayan ışımlar yaymaktayız. Bu ışımayı, vücut ısısı sabit tutulurken çok düşük boyutlarda IR ışınlar yayarak yapmaktayız. Fakat teknolojik gelişmeler bu doğal ortamı bozmuştur. Teknolojinin bize sunduğu tüm bu kolaylık getiren aletler uyumu bozmakta ve çevremizi doğal ışıma miktarlarının çok üzerindeki ışıma miktarlarında tutmaktadır. Kullandığımız buzdolapları, saç kurutma makineleri, floresan lambalar ve benzeri elektrikli cihazlar ortalama 1-25 miligauss (mG) arasında değişen manyetik alanlar oluştururlar. Bunların en fazlasına 25 mG ile saç kurutma makinesi sahiptir. Bugün yaklaşık tüm dünyanın cep telefonu kullandığı bilinmekte ve çok küçük bir sağlık tehdidinin bile fazlasıyla

önemsenmesi gerekmektedir. Belçikalı bilim adamları tarafından cep telefonunun bulunduğu frekans aralığının yaymış olduğu ışıma, insan genlerinde bozulmalara yol açmakta olduğu belirtilmiştir. Aynı frekansın farelerde beyin ölümlerine sebebiyet verdiği Washington Üniversitesi tarafından açıklanmıştır. Fakat bu açıklama Wireless Technology Reserch tarafından reddedilmiştir. Motorola araştırma bölümü çalışanı ünlü biyofizikçi Rose Adeyde araştırmalarını bu gibi sonuçlara vardırması ve Motorola bunu kabul etmemiştir. Ardından Rose Adey'in firma ile ilişkisi son bulmuştur. Avrupa'da beyin hastalıklarında son yıllarda yaklaşık %35 lik artışlar olmuştur. Cep telefonu ve tüm bu elektromanyetik alan yayan cihazlar, insanın bağışıklık sisteminde sorunlara yol açmaktadır. Hatta kanser gibi çözümleri bulunamamış hastalıklara da sebebiyet verebilmektedir. En son çalışmalar; 2 Watt'lık GSM cep telefonunu 35 dakika süre ile kullanılan bir kişinin kan basıncında 5-10 mm-Hg'lik yükselme olduğunu, bunun bir sağlık sorunu oluşturmamakla birlikte, radyo dalgaları belli bir yoğunlukta olduğu takdirde katarakt, deri yanığı, derin yanık, sıcak çarpması gibi biyolojik etkilerinin olabileceği belirtilmektedir (İnce, 2007).

1.19. İletişim Standartları

Günümüzde mobil iletişim 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 bandıdır. 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).

1.20. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyona Maruz Kalmanın Oluşturabileceği Sağlık Riskleri

Bazı bilim adamları tarafından düşük seviyeli RF radyasyonuna maruz kalmanın immünolojik sistemde, üremede, hormon düzeylerinde olumsuz etkilerin yanında davranış bozuklukları, baş ağrısı, sinirlilik, yorgunluk ve kardiyovasküler etkiler dâhil bütün sağlık etkilerine neden olabileceği ifade edilmiştir. Bu nedenle, bilim adamları ve yetkililer gebe kadınları ve fetüsü etkileyecek maruziyet konusunda giderek daha çok endişelenmişlerdir. RF kökenli radyasyonun biyolojik etkilerini inceleyen çalışmaların çoğunluğunu kanser, sinir sistemi bozuklukları ve üreme sisteminde olumsuz etkilere neden olacak konulara odaklanmıştır (Wargo ve ark., 2012).

RF-EMF başın çok yakınında bulunan cep telefonlarından yayınlandığı için, beyin tümörleri açısından potansiyel bir endişe kaynağı olmuştur. Ancak araştırmaların çoğu cep telefonu kullanımı ve beyin tümörlerinin sadece birkaç türü arasındaki ilişkiyi bulmaya odaklanmıştır. Araştırmaların sonunda uzun süreli maruz kalmadan sonra bazı tümörlerin türlerine yakalanma risklerinde artış olabileceği söylenmişse de deneysel çalışmalarda radyasyona maruz kalma ile tümörler arasındaki ilişkiyi destekleyen yeterli kanıtlara ulaşılamamıştır. Kanser ve cep telefonu kullanımı arasındaki ilişkiyi araştıran en önemli çalışmalar Hardell ve arkadaşları ile WHO'nun Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından yapılmıştır. Glioma ve akustik nöromayı cep telefon kullanımına bağlayan deliller kanserin diğer türleri için yetersiz kabul edilmiştir. Danimarka'da yapılan son epidemiyolojik araştırmaların odak noktasında merkezi sinir sistemi (CNS) üzerinde cep telefonlarından yayınlanan iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruziyetten kaynaklanan etkiler yer almış olup; Alzheimer hastalığı, migren veya baş dönmesi gibi CNS bozukluklarına sebep olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan araştırmaların bir çoğunda RF kökenli radyasyona maruz kalmanın hücrelere zarar verdiği ispatlanmıştır (Wargo ve ark.,2012).

RF kökenli radyasyona maruz kalan insanların beyin aktiviteleri üzerine küçük olumsuz etkiler tespit edilmiş ancak zihinsel performansı ve hafıza üzerinde tutarlı ve

belirgin hiçbir olumsuz etkisi gözlenmemiştir (Barth ve ark, 2008; Van Rongen ve ark. 2009; Valentini ve ark, 2010; Regel ve ark, 2011;).

Yapılan çalışmaların birçoğu da erkek üreme sistemi üzerindeki iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun (RF kökenli) olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bununla birlikte, araştırmaların odağında meni kalitesi yer almıştır. Aitken ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan deneysel bir çalışmada erkek farelerin RF kökenli radyasyona maruziyetin epididimal sperm üzerinde önemli bir genotoksik etkisi olduğu ifade edilmiştir (Aitken ve ark., 2005). Yapılan diğer çalışmalarda ise sperm sayısı, spermin hareketliliği ve canlılığı ve normal morfolojisindeki kusurları ile cep telefonlarından yayınlanan RF kökenli radyasyona maruz kalma süresi arasındaki ilişki araştırılmıştır. 361 erkek denek üzerinde yapılan bir çalışmada cep telefonu kullanımının sperm kalitesini, sperm sayısını, hareketliliğini, canlılığını, ve normal morfolojisini azalttığı ve sperm parametrelerinin azalmasının cep telefonundan yayınlanan RF kökenli radyasyona günlük maruz kalma süresine bağlı olduğu ve bunun ilk sperm kalitesinden bağımsız olduğu tespit edilmiştir (Agarwal ve ark., 2008, 2009). RF kökenli radyasyonun termal etkilerinin retina, kornea ve diğer göz sistemlerde katarakt ve benzeri etkilere neden olduğu bildirilmiştir. Bilim adamları iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun göz merceği ve lens epitel hücreleri üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması için daha fazla çalışma yapılması konusunda öneriler yapmışlar ve mikrodalga radyasyonun göz merceği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ispatlamıştır (Bormusov ve ark., 2008; Yu ve ark., 2010).

Cep telefonu gibi elektronik cihazların psikolojik etkileri ile ilgili yapılan araştırmaların birçoğu ergenler ve genç yetişkinler üzerinde odaklanmıştır. Akıllı telefon kullanımının psikolojik etkilerinin başnda bağımlılık gelmektedir. Bazı kişiler telefonları ellerinden alındığında kaygı, uykusuzluk ve depresyon gibi tipik madde bağımlısı olanların göstermiş oldukları tepkileri vermişlerdir (Oulasvirta ve ark., 2011). Özellikle akıllı cep telefonunu uzun süre ve sık kullanan bay ve bayanlarda stres, uyku bozukluğu ve depresyon belirtileri ile ilişkiler gözlenmiştir (Thomée ve ark., 2011).

Uzun zaman önce bazı kişiler çeşitli sağlık problemlerini; güç hatları, ev aletleri, görsel ekran birimleri (VDU), ışık kaynakları, cep telefonları ve cep telefonu baz istasyonları gibi kaynaklardan elektrik veya manyetik alanlara maruz kalmaya bağlıyorlardı. Bunlardan bazıları öylesine ciddiydiler ki onlar çalışma şartlarını ve bütün yaşam tarzlarını değiştirecek, ya da alüminyum battaniyeler altında uyumak gibi olağanüstü tedbirler istiyorlardı. Elektromanyetik alanlara bu algılanan duyarlılığın genel

adı “**Elektromanyetik aşırı duyarlılık**” ya da **EHS** olarak adlandırılmaktadır. Elektromanyetik dalgalara aşırı duyarlı bireyler önemli ölçüde değişebilir belirtilerin nedeni olarak bu alanları kabul ediyorlar. Ancak onlar her zaman tavsiye edilen maruz kalma limitlerinin çok altındadırlar ve etkilenmemiş insanlarda olumsuz etkilerin oluşması için bilinen alan seviyelerinin de çok altındadırlar. EHS’in en kapsamlı araştırılması 1997 yılında Bergqvist ve arkadaşları tarafından rapor edilmiştir. Bu araştırmada, elektromanyetik aşırı duyarlı bireyler tarafından bildirilen belirtilerin bir listesi oluşturuldu (IEEE, 2002).

- Sinir sistemi semptomları (örneğin yorgunluk, stres, uyku bozuklukları)
- Cilt belirtileri (örneğin yüzün diken diken olması, yanma hisleri, döküntüler)
- Çeşitli vücut semptomları (örneğin ağrı ve kaslarda ağrı)
- Göz belirtileri (örneğin yanma hissi)
- Kulak, burun, boğaz semptomları, sindirim bozuklukları da dahil olmak üzere çeşitli az yaygın olan belirtiler.

Belirtilerin şiddeti büyük ölçüde değişkenlik gösterir. Bazı durumlarda, EHS’li bireylerin normal yaşam aktivitelerinin yürütülmesini engelleyecek şekilde şiddetli olmuştur. Hem EHS yaygınlığı ve hem de bildirilen belirtiler, coğrafi konumu ile önemli ölçüde değişebilir. En azından 1970’lerden bu yana çeşitli zamanlarda Rus ve Doğu Avrupa tıbbi literatürde bildirilmiş olan mikrodalga hastalığı ile EHS arasında açık benzerlikler vardır. Bu sendrom elektromanyetik alanlara tahmin edilen maruz kalma ile işçilerde baş ağrısı ve halsizlik gibi spesifik olmayan belirtiler ile karakterize edilmektedir (IEEE, 2002).

İyonlaştırıcı radyasyonun neden olduğu iddia edilen sağlık problemleri ile RF kökenli cep telefonu radyasyonu aralarındaki ilişkinin tam olarak ispatlanmamış olması, uzun vadede bu etkilerin olmayacağı anlamına gelmemektedir. Bu nedenle, RF kökenli iyonlaştırıcı olmayan radyasyonuna karşı gerekli tedbirlerin alınması risk grubu içinde bulunan insanları, oluşabilecek olumsuz sağlık etkilerinden koruyacaktır. Baz istasyonları, belirli bir coğrafi alanın elektromanyetik dalga ile kapsanmasını sağlayan, küresel mobil iletişim sisteminin (Global System for Mobile Communication, GSM) vazgeçilmez yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Baz istasyonlarının kapsama alanları sınırlı olup, yüksek iletişim hızlarına çıkabilmek için, bir hücresel alanda bir bazistasyonu tarafından kullanılan frekans, yeteri kadar uzaktaki bir bölgede başka bir baz istasyonu tarafından tekrar

kullanılabilmektedir. Baz istasyonlarının sayıları, iletişim hızının yanında iletişim kalitesini de belirlemektedir. Sorunsuz bir iletişim sağlamak için baz istasyonlarının sayılarının artırılması, bu istasyonlar tarafından yayılan elektromanyetik dalgaların insanlar üzerindeki etkilerinin araştırılması gereğini ortaya çıkarmaktadır (Özel, 2013).

Profesör Leeka Kheifets (California, Los Angeles Üniversitesi Epidemiyoloji Bölümü MA, Ph. D.) ve meslektaşları yaşamın erken dönemlerinde mobil telefonlar ve davranışsal sorunlar ile ilişkili olarak çocukların maruziyeti hakkında çeşitli çalışmalar yapmışlardır. 2006 yılında yaşı yediye ulaşmış 13.000 çocuğu içeren bir çalışmada, doğum öncesi ve doğum sonrası davranışsal zorluklar ile cep telefonlarına maruz kalmanın ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Divan ve ark., 2008). Daha yakın zamanda, cep telefonu kullanımının çocuklardaki davranış problemleri ile ilişkili olduğu ispatlanırken, 2008 yılına yaşı yediye ulaşmış yaklaşık 29.000 çocuktan oluşan bir veri kümesi üzerinde önceki çalışma tekrarlamıştır (Divan ve ark., 2010; Söğüt 2016). Bunlara ek olarak, hamilelik boyunca günde 10 dakika süreyle telefonla arama modunda olan bir cep telefonundan yayınlanan elektromanyetik radyasyona maruz kalan hamile kadınların, fetalın ve yeni doğan bir çocuğun kalp hızında istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu rapor edilmiş ve böyle bir araştırma 90 gebe kadınla yapılmıştır (Wargo ve ark.,2012).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalında, Çocukluk Çağı Lösemileri ile Elektromanyetik Alan Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, başlıklı bir uzmanlık tezi yapılmıştır. Bu tezde, İzmir'deki üç hastanede, 2010-2011 yılları içinde lösemi tanısı alan yedi yaş altı çocukların, yaşadıkları konutlarda elektromanyetik alana maruz kalış düzeyinin belirlenmesi, lösemi ile EMA ve diğer değişkenler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Manyetik alan değeri sürekli değişken olarak analiz edildiğinde, her 0.1 μT artış için riskin 1.7 kat arttığı hesaplanmış (Aysin, 2014).

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 olarak gün içerisindeki 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 araştırmada 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).

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından yapılan bu araştırmada, radyasyonun üretilmesi, maddeyle etkileşmesi, radyasyon çeşitleri ve radyasyonun tıp ve diğer kullanım alanlarından bahsedilmiştir (Wrixon ve ark., 2004).

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 vermeye 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 vermeye 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 METOT

Bu çalışmada, Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 24 farklı noktada GSM 900 MHz downlink, GSM 900 MHz uplink, GSM 1800 MHz downlink, GSM 1800 MHz uplink ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında baz istasyonlarından yayınlanan radyofrekans kökenli elektromanyetik dalgaların elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde frekans aralığı (10MHz-8GHz) olan TES- 593 elektromanyetik alan ölçer ile frekans aralığı 1 MHz - 9.4 GHz olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü 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'şar dakika boyunca yapılmış ve bu ölçümler üçer kez tekrarlanarak ortalamaları alınmıştır (ICNIRP, 2009). Bu cihazlardan TES-593 ortamdaki tüm RF alanlarının ortalamasını ölçmektedir. Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS yazılımı yüklü bir dizüstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda, GSM 900 MHz downlink, GSM 900 MHz uplink, GSM 1800MHz downlink, GSM 1800 MHz uplink ve UMTS 2100 MHz frekansları için elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerini ayrı ayrı yapabilmektedir.

TES-593 ve Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü özelliklerini gösteren çizelgeler sırasıyla, çizelge 3.1 - 3.2'de ve cihazların resimleri de sırasıyla şekil 3.1- 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.5-7'de ölçüm yapılan noktalarının uydu ve normal haritaları verilmiştir. Şekil 3.8'de ise, Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla seçilmiş olan ölçüm noktaları civarında bulunan baz istasyonlarının haritası verilmiştir.

Çizelge 3.1. Taşınabilir TES-593 Elektromanyetik alan ölçerin özellikleri

Sensör tipi	Elektrik alan
Frekans aralığı	10MHz to 8GHz
Yön karakteristiği	-İzotropik, 3-boyutlu
Ölçüm aralığı (CW sinyali> 50 MHz)	20 mV/m to 108.0 V/m, 53mA/m to 286.4 mA/m, 1 μ W/m ² to 30.93W/m ² , 0 μ W/cm ² to 3.093 mW/cm ²
Preamplifier	-150dBm (1Hz
Mutlak hata (@ 1V / m ve 50 MHz)	± 1.0 dB
Frekans cevabı (hesap türü dikkate alınarak. CAL faktörü)	± 1.0 dB (50MHz to 1.9 GHz) ± 2.4 dB(1.9GHz to 35GHz)
İzotropi sapması	± 1.0 dB, f> 50 MHz
Aşırı yük sınırı	0.42m W/cm ² (40 V/m)
Sıcaklık yanıtı (0-50 °C)	± 0.5 dB
Ölçüm yöntemi	Dijital, üç eksenli ölçüm
Yön karakteristiği	İzotropik, üç eksenli
Ölçüm aralığı seçimi	Bir sürekli aralık
Ekran çözünürlüğü	0.1mV/m, 0.1 μ A/m, 0.1 μ W/m ² , 0.001 μ W/cm ²
Ayar zamanı	Tipik haliyle 1s (ortalama değer 0 ila 90%)
Ekran yenileme hızı	Genellikle 0.5 sn.
Ekran türü	LCD 4 haneli
Ölçü birimleri	mV/m, V/m , μ A/m, mA/m , μ W/m ² , mW/m ² , μ W/cm ²
Ölçüm kalibrasyon faktörü CAL	Ayarlanabilir
Manuel veri belleği ve depolama okuma	99 kayıt (sadece metreyle geri çağrılabilir)

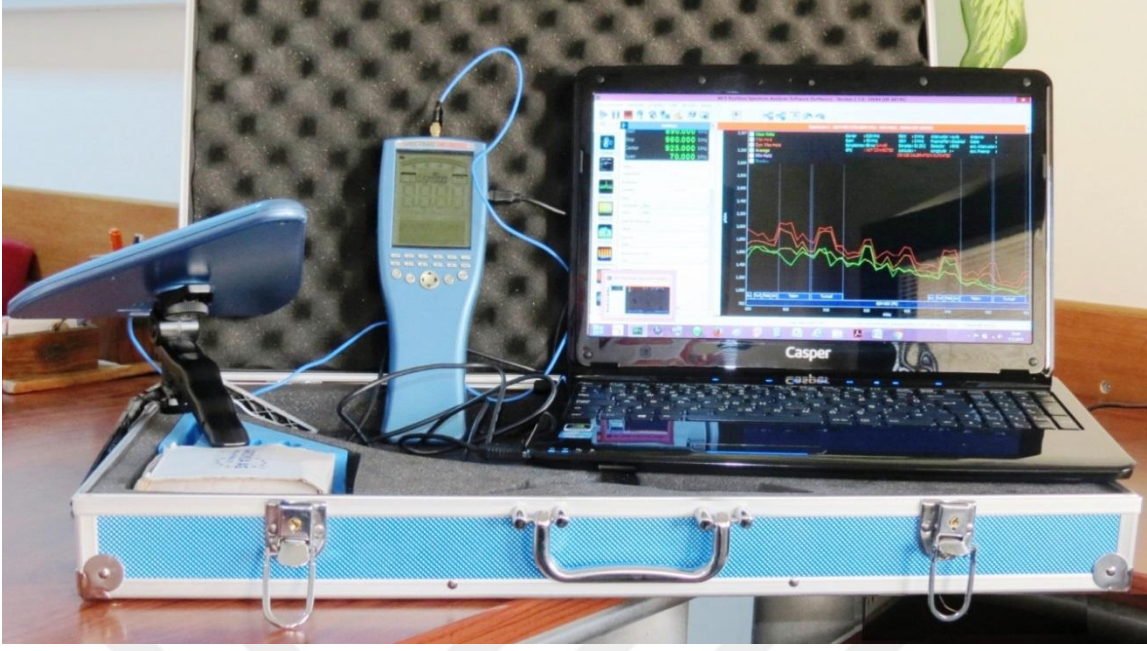
Çizelge 3.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün özellikleri

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)	

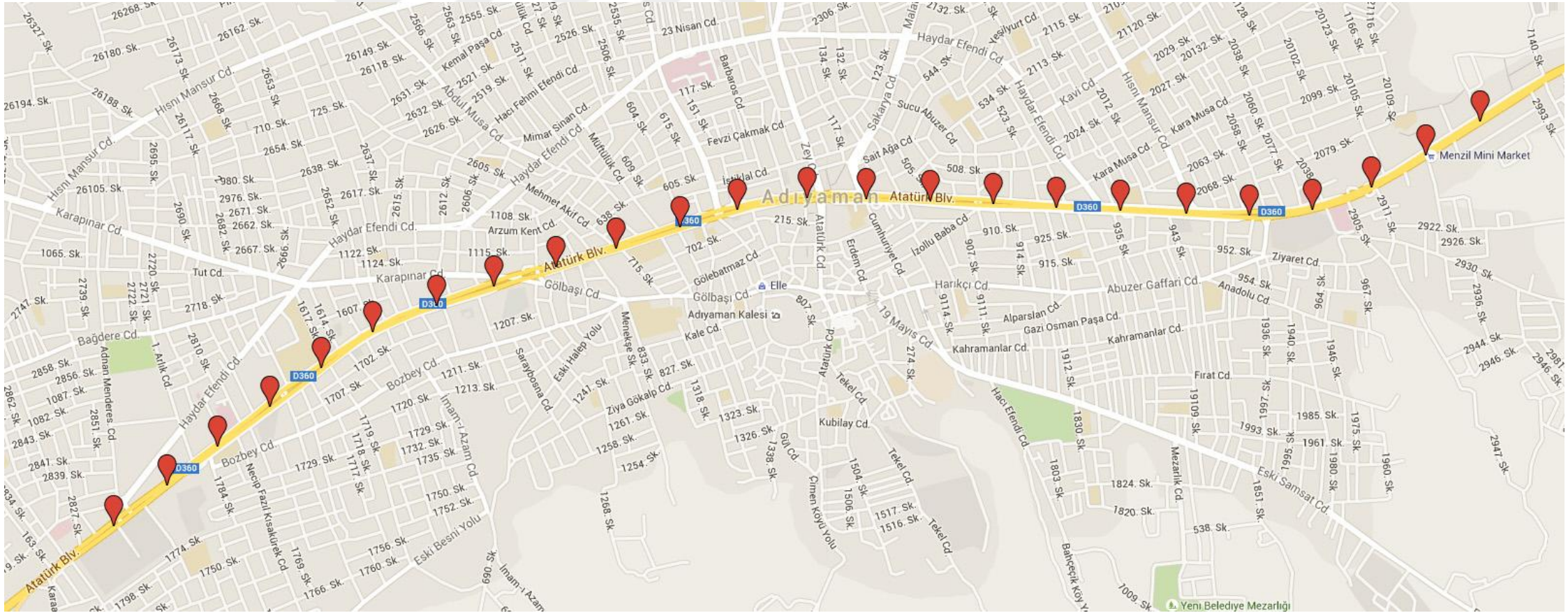
Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda sadece GSM 900 MHz downlink, GSM 900 MHz uplink, GSM 1800 MHz downlink, GSM 1800 MHz uplink ve 2100 MHz (UMTS) frekansları için elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapılabilmektedir. Bu sistemle alınan spektrum örnekleri şekil 3.9-26'da verilmiştir.



Şekil 3.1. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer



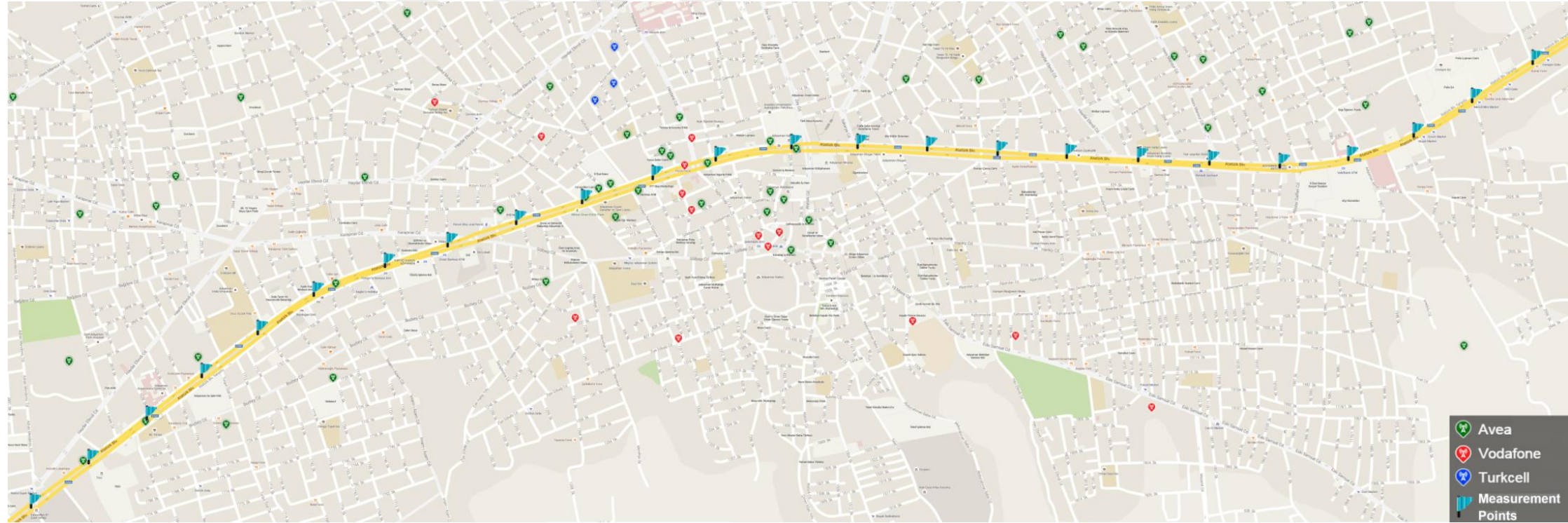
Şekil 3.2. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ve MCS yazılımı yüklü bilgisayar (Söğüt, 2016).



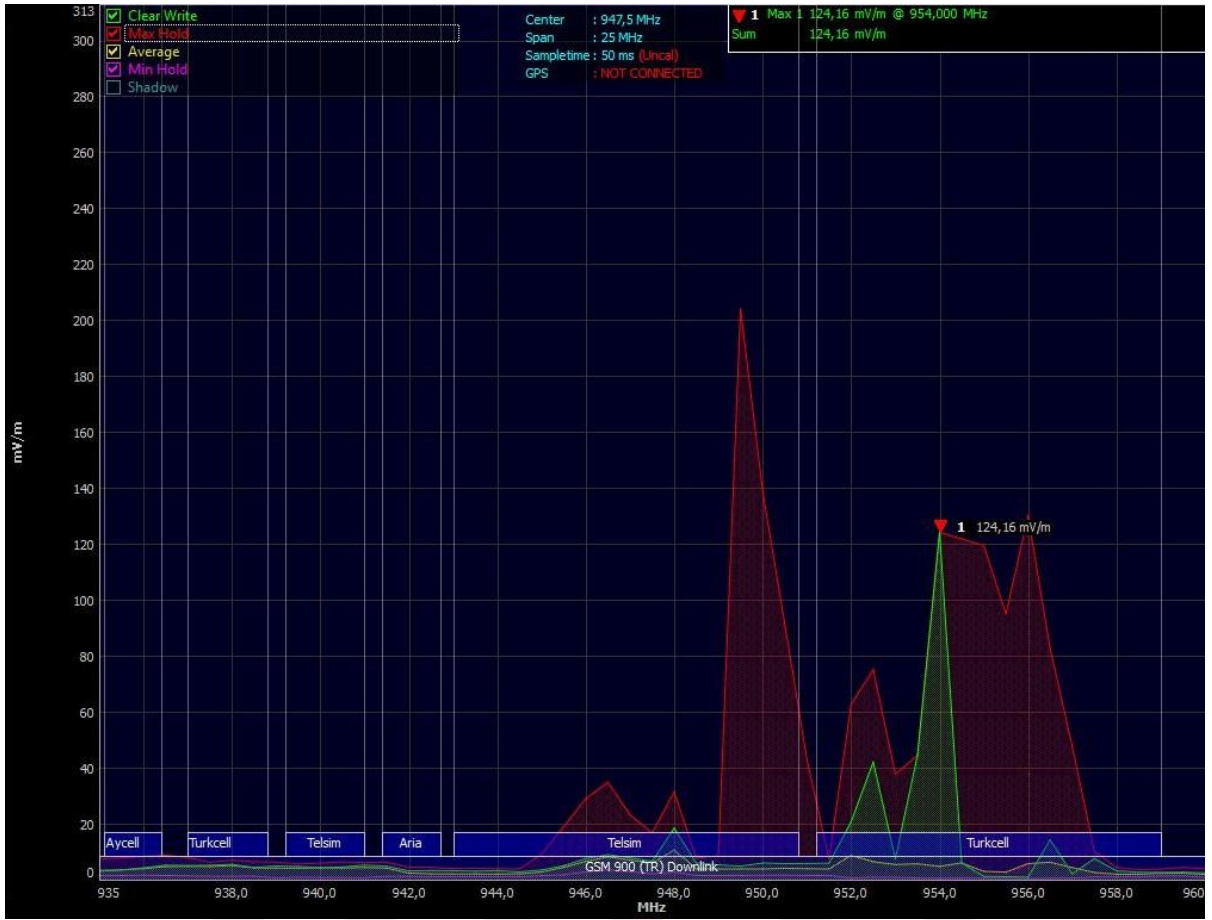
Şekil 3.3. Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların haritası (Anonim 3).



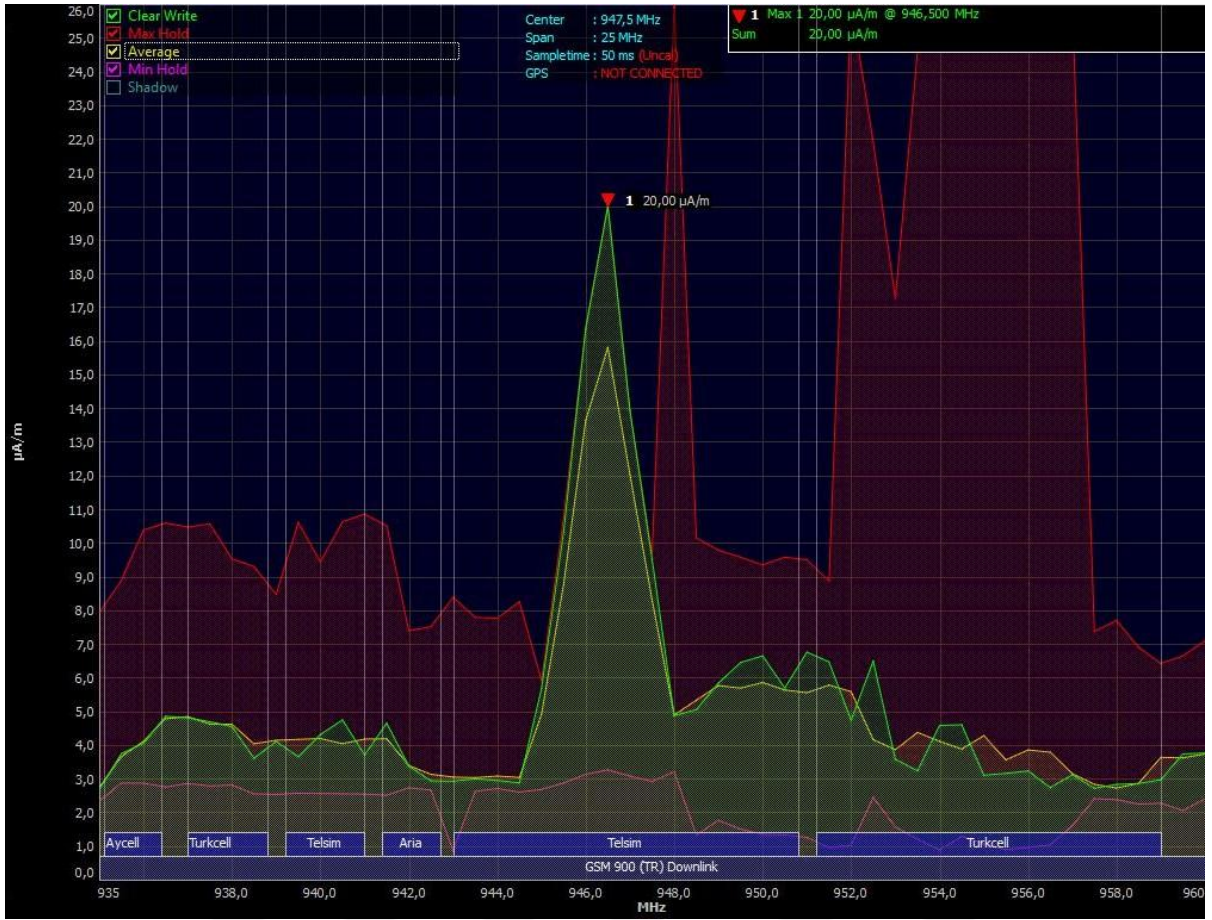
Şekil 3.4. Adiyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların uydu haritası (Anonim 4).



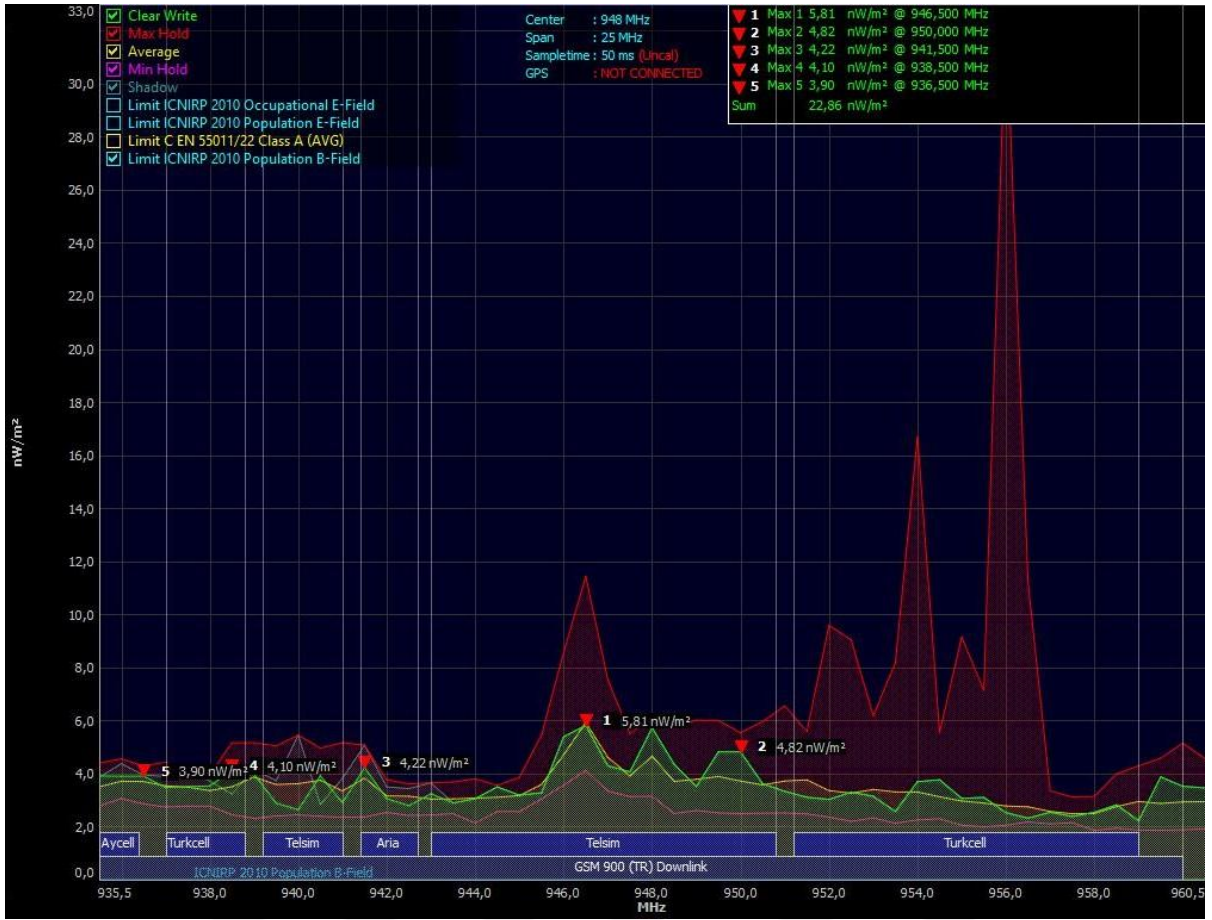
Şekil 3.5. Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca ölçüm yapılan noktaların çevresindeki baz istasyonlarının haritası (Anonim 5).



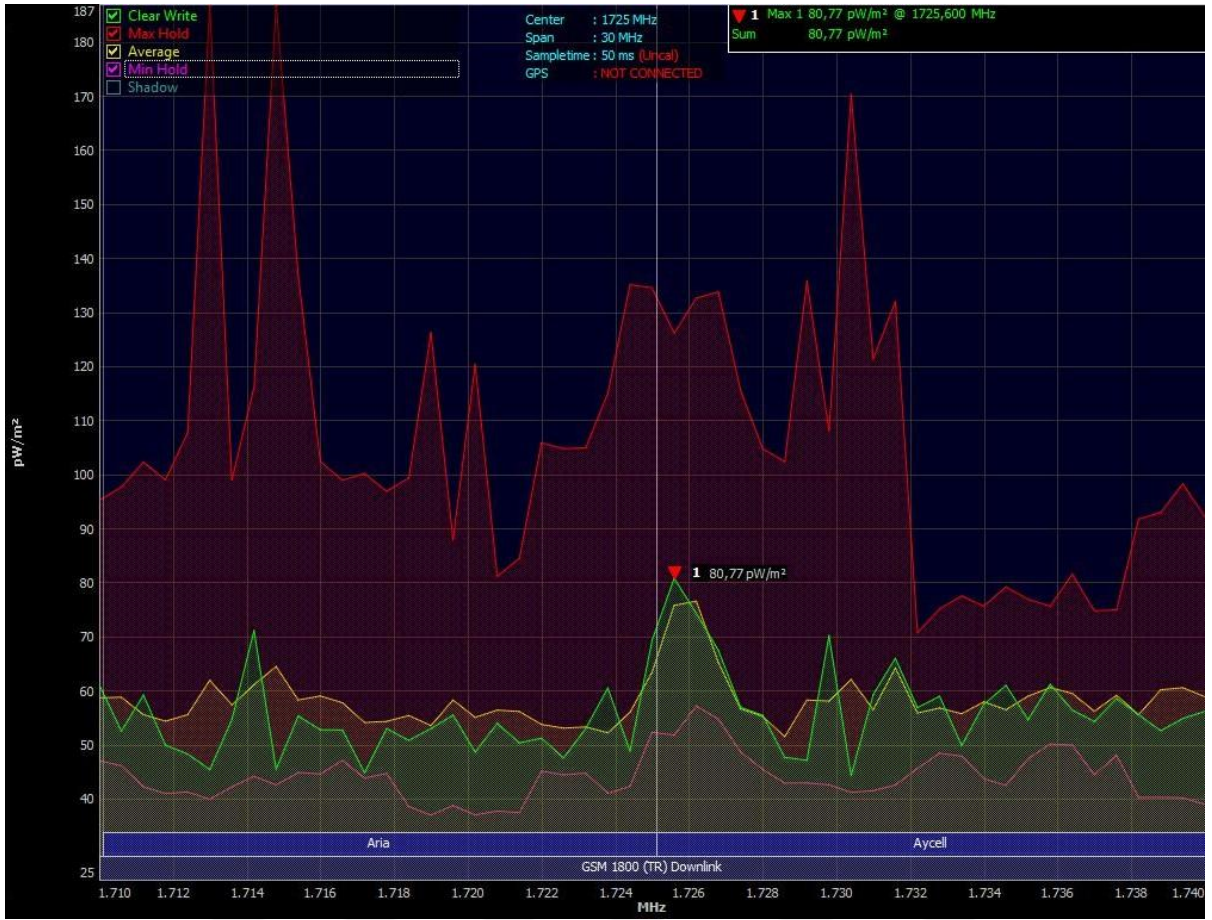
Şekil 3.6. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek elektrik alan spektrumu.



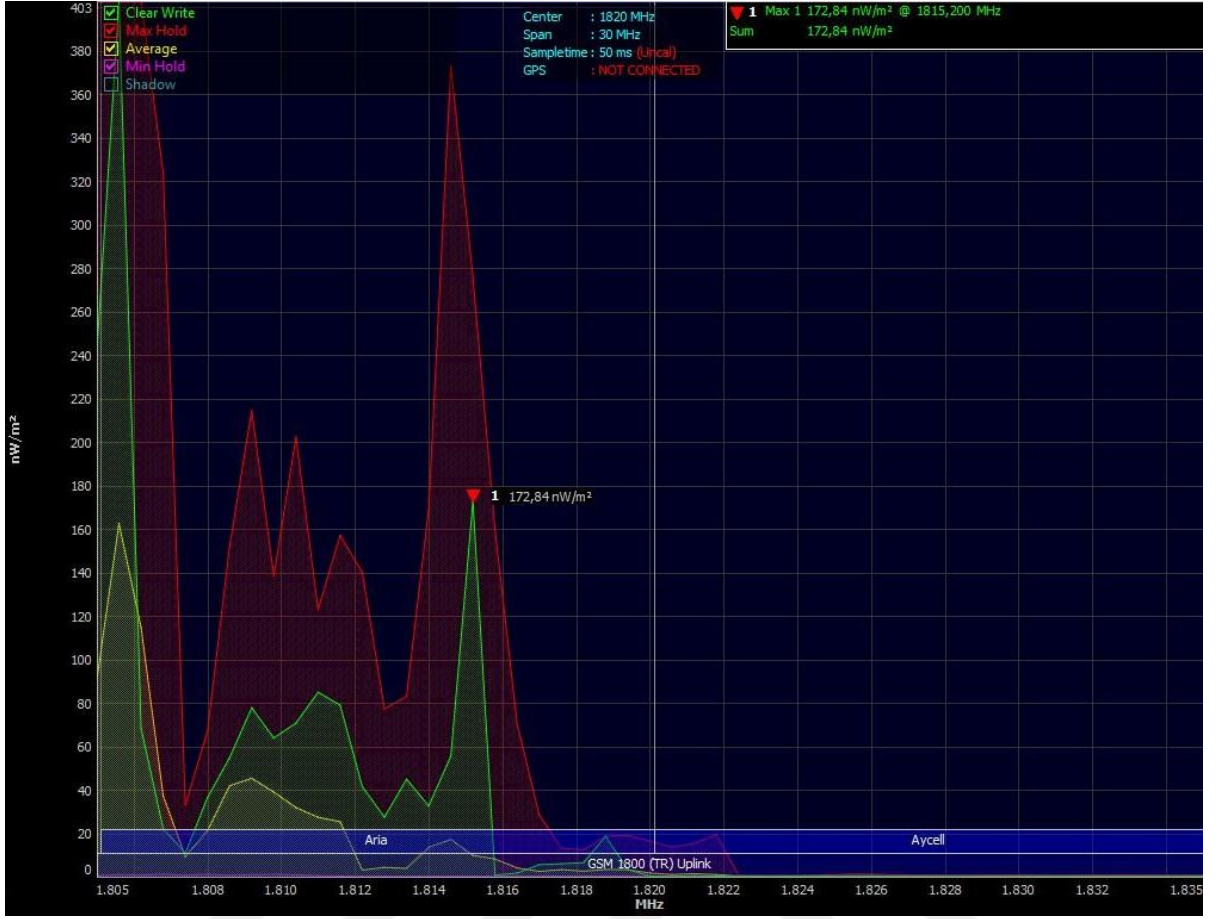
Şekil 3.7. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek manyetik alan spektrumu.



Şekil 3.8. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.



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



Şekil 3.10. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında alınan örnek eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu spektrumu.



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

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

Burada, P, cihaz çıkış gücünü (Watt); G, anten kazancını (dBi); E, elektrik alanının 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,

- Güneş lekesi etkileri,
- Manyetik fırtınalar.

Yukarıdaki olaylar troposfer tabakası ve iyonosfer tabakasına da her ikisiyle ilgilidir (Anttalainen, 2003).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca (5750 m) 250 m aralıklarla önceden tespit edilmiş 24 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 10 MHz-8 GHz olan TES-593 elektromanyetik alan ölçer ile 1 MHz- 9.4 GHz olan 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 TES-593 ortamdaki bütün radyo frekansların oluşturmuş olduğu alanların ortalamasını ölçerken, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda, sadece GSM900 MHz, GSM1800 MHz ve UMTS (3G) 2100 MHz frekansları için elektrik ve manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. TES-593 elektromanyetik alan ölçer ile yapılan ölçümler sonucu bulunan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunlukları çizelge 4.1-2’de, 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 4.3-7’de verilmiştir. Seçilen noktalarda sabah ve öğleden sonra yapılan ölçümlerin karşılaştırılabilmesi için grafikler çizilmiş ve çizilen grafikler şekil 4.1-33’de verilmiştir. Çizelge 4.1-7’den ve şekil 4.1-33’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, 2011 yılında Türkiye Bilgi Teknolojileri ve ICNIRP (1998), IEEE/FCC (2005), İletişim Kurumu (2011) tarafından belirlenen sınır değerlerinden daha küçüktür.

Çizelge 4.1. TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	KOORDİNAT	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamın toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mVm)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	397,9	1,0554	0,42	350,5	0,9297	0,3259	61	0,16	10			14	61	0,16	10	15	0,04	0,625
2.Nokta	37.75358, 38.24832	514,9	1,3658	0,7032	660,7	1,7525	1,1579												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	3046	8,0796	24,6104	3997	10,6021	42,3767												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	230,3	0,6109	0,1407	3702	9,8196	36,3523												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	536,7	1,4236	0,7641	687	1,8223	1,2519												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	823,4	2,1841	1,7984	974,3	2,5844	2,5179												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	278,4	0,7385	0,2056	1932	5,1247	9,9009												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	450,5	1,195	0,5383	1273	3,3767	4,2985												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	773,8	2,0525	1,5882	699,4	1,8552	1,2975												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	1131	3	3,393	608,5	1,6141	0,9822												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	2023	5,366	10,8555	1395	3,7003	5,1619												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	2147	5,695	12,2271	2779	7,3714	20,485												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	1137	3,0159	3,4291	2373	6,2944	14,9367												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	849,5	2,2533	1,9142	1121	2,9735	3,3333												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	1083	2,8727	3,1111	1302	3,4536	4,4966												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	2813	7,4615	20,9893	3977	10,5491	41,9537												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	1917	5,0849	9,7477	730,2	1,9369	1,4143												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	518,2	1,3745	0,7123	859,9	2,2809	1,9613												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	1109	2,9416	3,2623	1025	2,7188	2,7868												
20.Nokta	37.763, 38.29624	2541	6,7401	17,1265	3257	8,6393	28,1381												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	981,6	2,6037	2,5558	737,5	1,9562	1,4427												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	835,6	2,2164	1,8521	690,2	1,8308	1,2636												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	1004	2,6631	2,6738	1161	3,0796	3,5754												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	482,9	1,2809	0,6185	405,3	1,0751	0,4357												

Çizelge 4.2. TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	KOORDİNAT	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamın toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	126,3	0,335	4,23x10 ⁻²	201,3	0,534	0,1075	61	0,16	10	-	-	14	61	0,16	10	15	0,04	0,625
2.Nokta	37.75358, 38.24832	483,3	1,282	0,6196	630,8	1,6732	1,0555												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	1591	4,2202	6,7143	1584	4,2016	6,6553												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	5,5	1,46x10 ⁻²	1x10 ⁻⁴	1832	4,8594	8,9025												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	451,9	1,1987	0,5417	7,8	2,07 x10 ⁻²	2x10 ⁻⁴												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	682,8	1,8111	1,2366	622,1	1,6501	1,0265												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	270,9	0,7186	0,1947	1676	4,4456	7,4509												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	357,7	0,9488	0,3394	548,8	1,4557	0,7989												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	530,9	1,4082	0,7476	670,6	1,7788	1,1928												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	959,6	2,5454	2,4425	509,2	1,3507	0,6878												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	1346	3,5703	4,8056	653,1	1,7324	1,1314												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	1596	4,2334	6,7565	1133	3,0053	3,405												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	890,5	2,3621	2,1034	1237	3,2812	4,0588												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	719,5	1,9085	1,3732	796,2	2,1119	1,6815												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	917,4	2,4334	2,2324	808,8	2,1454	1,7352												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	1441	3,8223	5,5079	1714	4,5464	7,7926												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	618	1,6393	1,0131	575,4	1,5263	0,8782												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	355,4	0,9427	0,335	532	1,4111	0,7507												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	601,3	1,595	0,959	658,8	1,7475	1,1512												
20.Nokta	37.763, 38.29624	1453	3,8541	5,6	1542	4,0902	6,3071												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	538,1	1,4273	0,768	463,5	1,2294	0,5698												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	570	1,5119	0,8618	675,2	1,791	1,2093												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	522,6	1,3862	0,7244	434,9	1,1536	0,5017												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	273,4	0,7252	0,1983	236,9	0,6284	0,1489												

Çizelge 4.1,2'den görüldüğü gibi, TES-593 elektromanyetik alan ölçer ile Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca seçtiğimiz 24 farklı noktada, hem sabah hem de öğleden sonra (10.00-12.00 ve 17.00-19.00 saatleri arasında) yapılan elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddet (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçüm değerlerinin hiçbiri ICNIRP (1998), IEEE/FCC (2005) ve 2011 yılında BTK tarafından tanımlanan sınır değerlerinden büyük değildir.



Çizelge 4.3. GSM 900 MHz downlink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	Koordinat	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamin toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mVm)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	86,07	0,2283	1,97 x10 ⁻²	106,8	0,2833	3,03 x10 ⁻²	41,25	0,111	4,5	-	-	6	41,25	0,111	4,5	10,23	0,027	0,281
2.Nokta	37.75358, 38.24832	868,6	2,304	2,0013	146,9	0,3897	5,72 x10 ⁻²												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	511,9	1,3578	0,6951	831,8	2,2064	1,8353												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	6,8728	1,82 x10 ⁻²	1x10 ⁻⁴	393	1,0424	0,4097												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	65,79	0,1745	1,15 x10 ⁻²	17,37	4,61x10 ⁻²	8x10 ⁻⁴												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	597	1,5836	0,9454	154,3	0,4093	6,32 x10 ⁻²												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	19,82	5,26 x10 ⁻²	1x10 ⁻³	671,3	1,7806	1,1953												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	15,72	4,17 x10 ⁻²	7 x10 ⁻⁴	76,39	0,2026	1,55 x10 ⁻²												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	41,96	0,1113	4,7 x10 ⁻³	19,16	5,08 x10 ⁻²	1x10 ⁻³												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	187,2	0,4966	9,3 x10 ⁻²	146,2	0,3878	5,67 x10 ⁻²												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	435,6	1,1554	0,5033	151,8	0,4027	6,11 x10 ⁻²												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	230	0,6101	0,1403	143,8	0,3814	5,49 x10 ⁻²												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	90,91	0,2411	2,19 x10 ⁻²	560,5	1,4867	0,8333												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	86,07	0,2283	1,97 x10 ⁻²	167,8	0,4451	7,47 x10 ⁻²												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	359	0,9523	0,3419	85,9	0,2279	1,96 x10 ⁻²												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	538,7	1,4289	0,7698	644,1	1,7085	1,1004												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	72,8	0,1931	1,41 x10 ⁻²	194,6	0,5162	0,1004												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	111	0,2944	3,27 x10 ⁻²	113,9	0,3021	3,44 x10 ⁻²												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	385,9	1,0236	0,3950	130,2	0,3454	4,5 x10 ⁻²												
20.Nokta	37.763, 38.29624	189,9	0,5037	9,57 x10 ⁻²	217,7	0,5775	0,1257												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	184,8	0,4902	9,06 x10 ⁻²	138	0,366	5,05 x10 ⁻²												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	195,6	0,5188	0,1015	129,5	0,3435	4,45 x10 ⁻²												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	391,7	1,0390	0,4070	345,2	0,9157	0,3161												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	68,7	0,1822	1,25 x10 ⁻²	115,7	0,3069	3,55 x10 ⁻²												

Çizelge 4.4. GSM 900 MHz uplink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	Koordinat	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamin toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	2,3594	6,3 x10 ⁻³	1,5x10 ⁻⁵	2,8478	7,6 x10 ⁻³	2,2x10 ⁻⁵	41,25	0,111	4,5	-	-	6	41,25	0,111	4,5	10,23	0,027	0,281
2.Nokta	37.75358, 38.24832	10,26	2,73 x10 ⁻²	2,79x10 ⁻⁴	3,1694	8,4 x10 ⁻³	2,7x10 ⁻⁵												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	15,57	4,13 x10 ⁻²	6,43x10 ⁻⁴	22,08	5,86 x10 ⁻²	1,29x10 ⁻³												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	1,7693	4,7 x10 ⁻³	8x10 ⁻⁶	5,1958	1,38 x10 ⁻²	7,2x10 ⁻⁵												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	3,7326	9,9 x10 ⁻³	3,7x10 ⁻⁵	1,8001	4,8 x10 ⁻³	9x10 ⁻⁶												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	7,2202	1,92 x10 ⁻²	1,38x10 ⁻⁴	8,2529	2,19 x10 ⁻²	1,81x10 ⁻⁴												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	3,9154	1,04 x10 ⁻²	4,1x10 ⁻⁵	12,57	3,33 x10 ⁻²	4,19x10 ⁻⁴												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	11,84	3,14 x10 ⁻²	3,72x10 ⁻⁴	4,0753	1,08 x10 ⁻²	4,4x10 ⁻⁵												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	5,6241	1,49 x10 ⁻²	8,4x10 ⁻⁵	5,0397	1,34 x10 ⁻²	6,7x10 ⁻⁵												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	4,6071	1,22 x10 ⁻²	5,6x10 ⁻⁵	4,3669	1,16 x10 ⁻²	5,1x10 ⁻⁵												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	10,32	2,74 x10 ⁻²	2,82x10 ⁻⁴	4,1204	1,09 x10 ⁻²	4,5x10 ⁻⁵												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	7,8236	2,08 x10 ⁻²	1,62x10 ⁻⁴	9,5588	2,54 x10 ⁻²	2,42x10 ⁻⁴												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	4,4239	1,17 x10 ⁻²	5,20x10 ⁻⁵	17,63	4,68 x10 ⁻²	8,24x10 ⁻⁴												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	2,3594	6,3 x10 ⁻³	1,5x10 ⁻⁵	5,2465	1,39 x10 ⁻²	7,3x10 ⁻⁵												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	5,781	1,53 x10 ⁻²	8,9x10 ⁻⁵	9,8612	2,62 x10 ⁻²	2,58x10 ⁻⁴												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	20,99	5,57 x10 ⁻²	1,17x10 ⁻³	39,1	0,1037	4,06x10 ⁻³												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	5,3971	1,43 x10 ⁻²	7,7x10 ⁻⁵	14,97	3,97 x10 ⁻²	5,94x10 ⁻⁴												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	67,98	0,1803	1,23x10 ⁻²	3,6685	9,7 x10 ⁻³	3,6x10 ⁻⁵												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	10,08	2,67 x10 ⁻²	2,7x10 ⁻⁴	4,7119	1,25 x10 ⁻²	5,9x10 ⁻⁵												
20.Nokta	37.763, 38.29624	4,9996	1,33 x10 ⁻²	6,6x10 ⁻⁵	8,004	2,12 x10 ⁻²	1,7x10 ⁻⁴												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	4,3799	1,16 x10 ⁻²	5,1x10 ⁻⁵	11,79	3,13 x10 ⁻²	3,69x10 ⁻⁴												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	6,3536	1,69 x10 ⁻²	1,07x10 ⁻⁴	7,8655	2,09 x10 ⁻²	1,64x10 ⁻⁴												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	8,742	2,32 x10 ⁻²	2,03x10 ⁻⁴	5,032	1,33 x10 ⁻²	6,7x10 ⁻⁵												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	2,4634	6,5 x10 ⁻³	1,6x10 ⁻⁵	4,982	1,32 x10 ⁻²	6,6x10 ⁻⁵												

Çizelge 4.5. GSM 1800 MHz downlink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	Koordinat	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamın toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	0,8015	2,2x10 ⁻³	2x10 ⁻⁶	0,7653	2x10 ⁻³	2x10 ⁻⁶	58,34	0,157	9	10	-	61	58,34	0,157	9	14,50	0,038	0,563
2.Nokta	37.75358, 38.24832	1,0982	2,9 x10 ⁻³	3x10 ⁻⁶	20,8	5,52x10 ⁻²	1,15x10 ⁻³												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	1,9328	5,1 x10 ⁻³	1x10 ⁻⁵	178,7	0,474	8,47x10 ⁻²												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	0,7116	1,9 x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶	1,1314	3x10 ⁻³	3x10 ⁻⁶												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	2,0713	5,5 x10 ⁻³	1,1x10 ⁻⁵	34,59	9,18 x10 ⁻²	3,17x10 ⁻³												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	7,3743	1,96x10 ⁻²	1,44x10 ⁻⁴	2,7066	7,2 x10 ⁻³	1,9x10 ⁻⁵												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	152	0,4032	6,13x10 ⁻²	3,6173	9,6 x10 ⁻³	3,5x10 ⁻⁵												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	475,3	1,2607	5,99x10 ⁻¹	1,9094	5,1 x10 ⁻³	1x10 ⁻⁵												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	1,1655	3,1 x10 ⁻³	4x10 ⁻⁶	5,4754	1,45 x10 ⁻²	8x10 ⁻⁵												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	2,3002	6,1 x10 ⁻³	1,4x10 ⁻⁵	1,0905	2,9 x10 ⁻³	3x10 ⁻⁶												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	151,8	0,4027	6,11x10 ⁻²	1,3461	3,6 x10 ⁻³	5x10 ⁻⁶												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	1,4167	3,8 x10 ⁻³	5x10 ⁻⁶	2,7738	7,4 x10 ⁻³	2x10 ⁻⁵												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	516	1,3687	7,06x10 ⁻¹	1,566	4,2 x10 ⁻³	7x10 ⁻⁶												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	0,8015	2,1 x10 ⁻³	2x10 ⁻⁶	5,3115	1,41x10 ⁻²	7,5x10 ⁻⁵												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	210,6	0,5586	1,18x10 ⁻¹	1,9639	5,2 x10 ⁻³	1x10 ⁻⁵												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	3,4368	9,1 x10 ⁻³	3,1x10 ⁻⁵	3,0983	8,2 x10 ⁻³	2,5x10 ⁻⁵												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	1,2448	3,3 x10 ⁻³	4x10 ⁻⁶	229,6	0,609	1,4x10 ⁻¹												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	3,0721	8,1 x10 ⁻³	2,5x10 ⁻⁵	1,971	5,2 x10 ⁻³	1x10 ⁻⁵												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	7,3246	1,94x10 ⁻²	1,42x10 ⁻⁴	7,9454	2,11 x10 ⁻²	1,67x10 ⁻⁴												
20.Nokta	37.763, 38.29624	79,73	0,2115	1,69x10 ⁻²	71,18	0,1888	1,34x10 ⁻²												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	78,33	0,2078	1,63x10 ⁻²	48,24	0,128	6,17x10 ⁻³												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	57,76	0,1532	8,85x10 ⁻³	21,93	5,82 x10 ⁻²	1,28x10 ⁻³												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	52,54	0,1394	7,32x10 ⁻³	30,16	0,8 x10 ⁻²	2,41x10 ⁻³												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	168,6	0,4472	7,54x10 ⁻²	101,8	0,27	2,75x10 ⁻²												

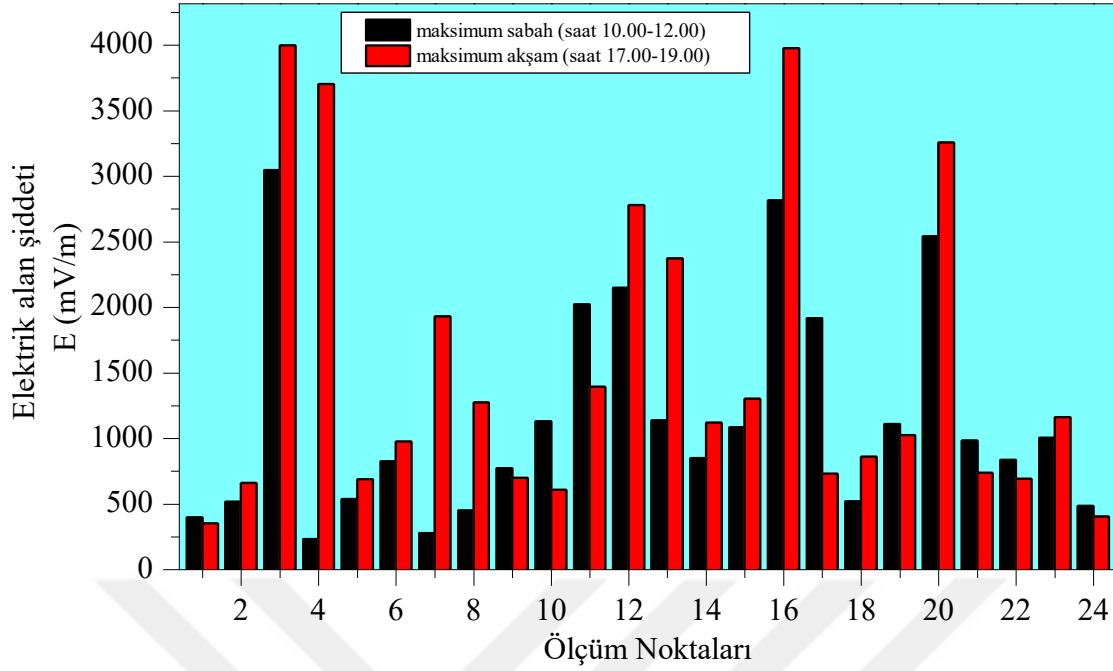
Çizelge 4.6. GSM 1800 MHz uplink frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümler (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	Koordinat	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamın toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mVm)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	36,39	9,65x10 ⁻²	3,51x10 ⁻³	41,09	0,109	4,5x10 ⁻³	58,34	0,157	9	10	-	61	58,34	0,157	9	14,50	0,038	0,563
2.Nokta	37.75358, 38.24832	68,17	0,1808	1,23x10 ⁻²	47,47	0,126	6x10 ⁻³												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	228,9	0,6072	0,139	147,4	0,391	5,76x10 ⁻²												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	21,6	5,73x10 ⁻²	1,24x10 ⁻³	73,3	0,1944	1,43x10 ⁻²												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	254,2	0,6743	0,1714	31,2	0,0828	2,6x10 ⁻³												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	12,22	3,24x10 ⁻²	3,96x10 ⁻⁴	341,7	0,9064	0,3097												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	181	0,4801	8,69x10 ⁻²	504,4	1,3379	0,6749												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	649,9	1,7239	1,1203	229,4	0,6085	0,1396												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	133,8	0,3549	4,75x10 ⁻²	467,1	1,239	0,5787												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	205,8	0,5459	0,1123	101,1	0,2682	2,71x10 ⁻²												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	95,04	0,2521	2,40x10 ⁻²	424,9	1,1271	0,4789												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	99,36	0,2636	2,62x10 ⁻²	121,6	0,3225	3,92x10 ⁻²												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	418,7	1,1106	0,4650	146,9	0,3897	5,72x10 ⁻²												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	26,26	6,97x10 ⁻²	1,83x10 ⁻³	636,1	1,6873	1,0733												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	1,048	2,8x10 ⁻³	3x10 ⁻⁶	220,7	0,5854	0,1292												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	169,2	0,4488	7,59x10 ⁻²	106,5	0,2825	3,01x10 ⁻²												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	286,6	0,7602	0,2179	198,3	0,526	0,1043												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	277,3	0,7355	0,2040	163	0,4324	7,05x10 ⁻²												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	93,99	0,2493	2,34x10 ⁻²	14,45	3,83 x10-3	6x10 ⁻⁴												
20.Nokta	37.763, 38.29624	0,7378	2x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶	78,88	0,2092	1,65x10 ⁻²												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	0,5751	1,5x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶	70,46	0,1869	1,32x10 ⁻²												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	0,922	2,4 x10 ⁻³	2x10 ⁻⁶	56,35	0,1495	8,4x10 ⁻³												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	3,3692	8,9 x10 ⁻³	3x10 ⁻⁵	56,54	0,15	8,5x10 ⁻³												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	0,836	2,2 x10 ⁻³	2x10 ⁻⁶	76,41	0,2027	1,55x10 ⁻²												

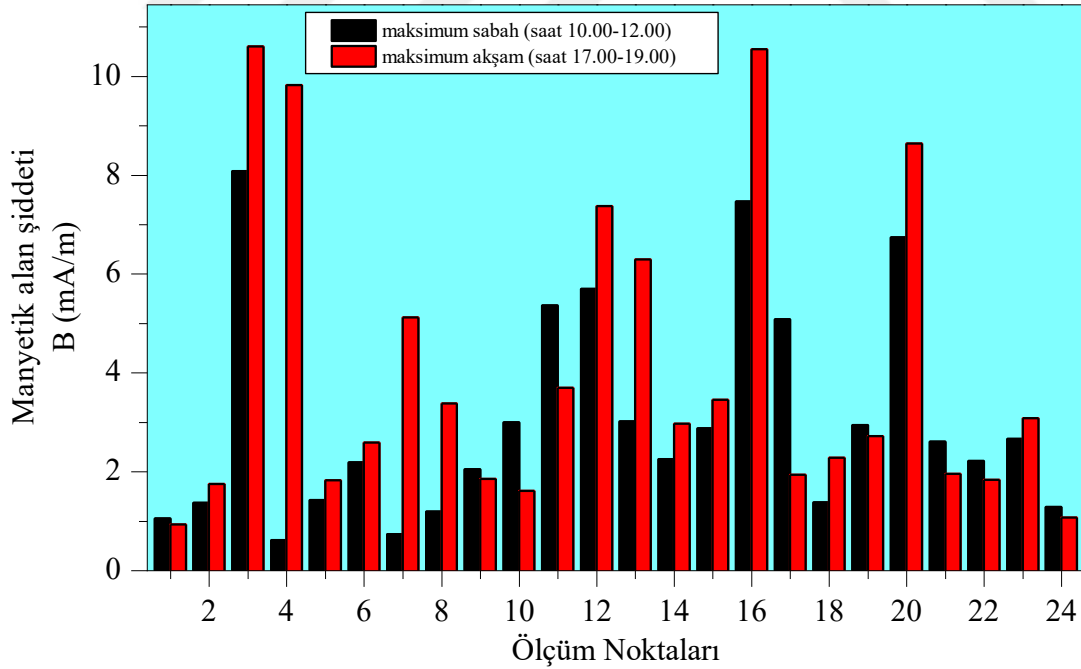
Çizelge 4.7. 2100 MHz (UMTS) frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 10.00-12.00 ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümler (ICNIRP, 1998; IEEE, 2005; BTK, 2011)

Yer	Koordinat	10.00-12.00 saatleri arasında			17.00-19.00 saatleri arasında			(ICNIRP, 1998)			(IEEE/FCC, 2005)			(BTK, 2011)			(BTK, 2011)		
		yapılan ölçümler			yapılan ölçümler			6 dakika			30 dakika			Ortamin toplam sınır değeri			Tek bir cihaz için sınır değeri		
		E (mVm)	H (mA/m)	S (mW/m ²)	E (mV/m)	H (mA/m)	S (mW/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)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m ²)
1.Nokta	37.75216, 38.24599	98,77	0,2619	2,59x10 ⁻²	81,35	0,2158	1,76 x10 ⁻²	61	0,16	10	-	-	14	61	0,16	10	15	0,04	0,625
2.Nokta	37.75358, 38.24832	316,3	0,8390	0,2654	241,8	0,6414	0,1551												
3.Nokta	37.75493, 38.25058	256,9	0,6814	0,1751	460,9	1,2225	0,5635												
4.Nokta	37.75633, 38.25288	22,5	0,0597	1,4 x10 ⁻³	100,7	0,2671	2,69 x10 ⁻²												
5.Nokta	37.75767, 38.25515	103	0,2732	2,81 x10 ⁻²	18,61	4,94 x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴												
6.Nokta	37.75893, 38.25743	412,5	1,0942	0,4513	199,8	0,5300	0,1059												
7.Nokta	37.75986, 38.26025	575,7	1,5271	0,8791	645,3	1,7117	1,1045												
8.Nokta	37.76054, 38.26282	323,5	0,8581	0,2776	107,5	0,2851	3,07 x10 ⁻²												
9.Nokta	37.7612, 38.26556	269,8	0,7157	0,1931	121,6	0,3225	3,92 x10 ⁻²												
10.Nokta	37.76186, 38.2682	184,7	0,4899	9,05 x10 ⁻²	144,5	0,3833	5,54 x10 ⁻²												
11.Nokta	37.76261, 38.27103	250,8	0,6653	0,1668	144,2	0,3825	5,52 x10 ⁻²												
12.Nokta	37.76321, 38.27356	165	0,4377	7,22 x10 ⁻²	177,5	0,4708	8,36 x10 ⁻²												
13.Nokta	37.76361, 38.27665	272,1	0,7218	0,1964	279,3	0,7408	0,2069												
14.Nokta	37.7636, 38.27928	147,3	0,3907	5,76 x10 ⁻²	349,9	0,9281	0,3247												
15.Nokta	37.76352, 38.2821	81,23	0,2155	1,75 x10 ⁻²	134	0,3554	4,76 x10 ⁻²												
16.Nokta	37.76341, 38.28489	174,1	0,4618	8,04 x10 ⁻²	207,7	0,5509	0,1144												
17.Nokta	37.7633, 38.28771	257,7	0,6836	0,1762	229,8	0,6095	0,1401												
18.Nokta	37.76319, 38.29054	126,4	0,3353	4,24 x10 ⁻²	82,45	0,2187	1,8 x10 ⁻²												
19.Nokta	37.76307, 38.29346	137,1	0,3637	4,99 x10 ⁻²	72,6	0,1926	1,4 x10 ⁻²												
20.Nokta	37.763, 38.29624	120,8	0,3204	3,87 x10 ⁻²	186	0,4934	9,18 x10 ⁻²												
21.Nokta	37.76322, 38.29904	172,3	0,4570	7,87 x10 ⁻²	334,9	0,8883	0,2975												
22.Nokta	37.76398, 38.30164	281,1	0,7456	0,2096	287,3	0,7621	0,2189												
23.Nokta	37.76511, 38.30406	46,04	0,1221	5,6 x10 ⁻³	120,5	0,3196	3,85 x10 ⁻²												
24.Nokta	37.76631, 38.30646	85,72	0,2274	1,95 x10 ⁻²	85,72	0,2274	1,95 x10 ⁻²												

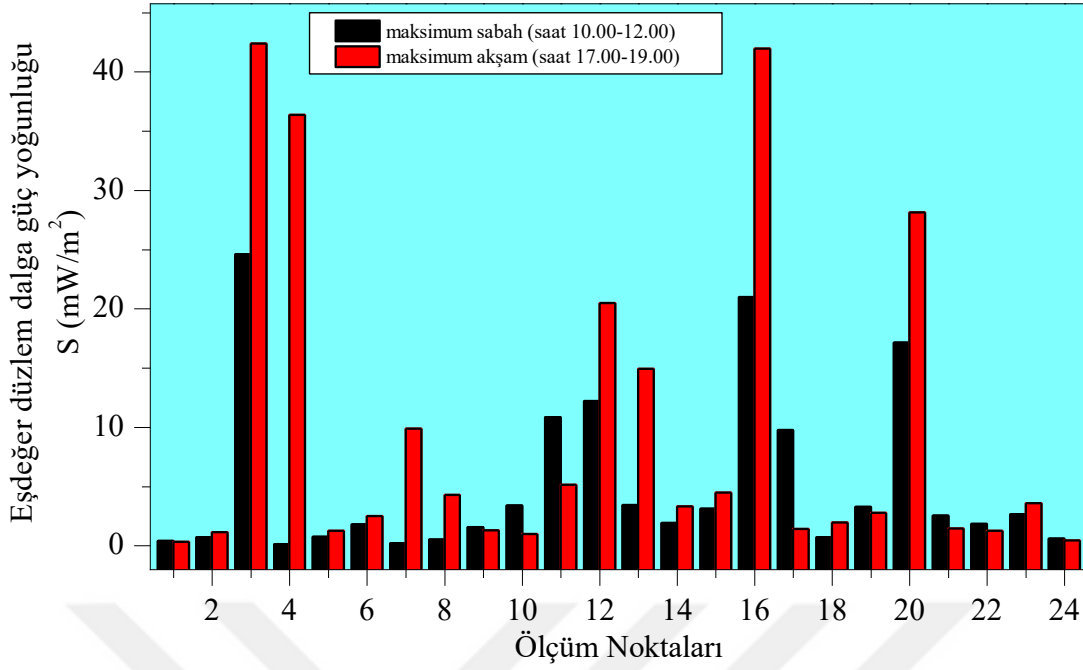
Çizelge 4.3-7'den görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM900 MHz uplink, GSM900 MHz downlink, GSM1800 MHz uplink, GSM1800 MHz downlink ve UMTS 2100 MHz downlink de Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca (5750 m) 250 m aralıklarla 24 farklı noktada, hem sabah hem de öğleden sonra (10.00-12.00 ve 17.00-19.00 saatleri arasında) yapılan elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddet (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçüm değerlerinin tamamı ICNIRP (1998), IEEE/FCC (2005) ve BTK (2011) tarafından tanımlanan sınır değerlerinden daha küçüktür. Bunlara ek olarak, çizelge 4.3-7'den görüldüğü gibi, Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca (5750 m) 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda ölçülen elektrik ve manyetik alan şiddeti ile güç yoğunluklarının downlink değerleri, uplink değerlerinden büyüktür. Bunun nedeni ise ölçüm yapılan saatlerde baz istasyonlarından yapılan döküman indirme (downlink) işlemlerinin, yükleme işlemlerinden (uplink) daha fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1. TES-593 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



Şekil 4.2. TES-593 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

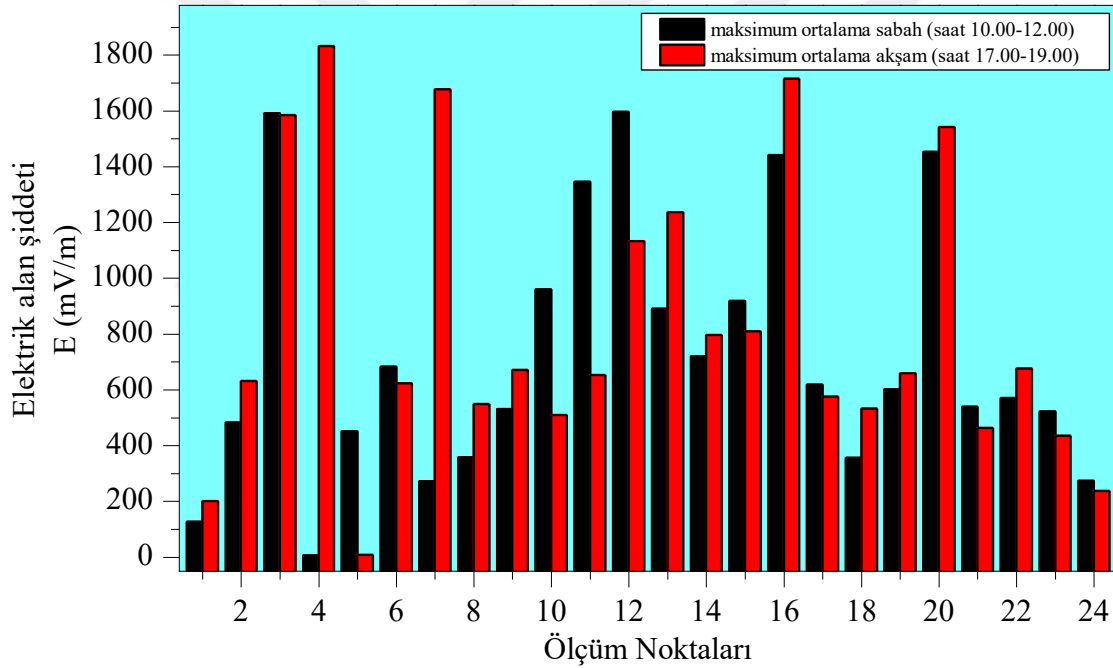


Şekil 4.3. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

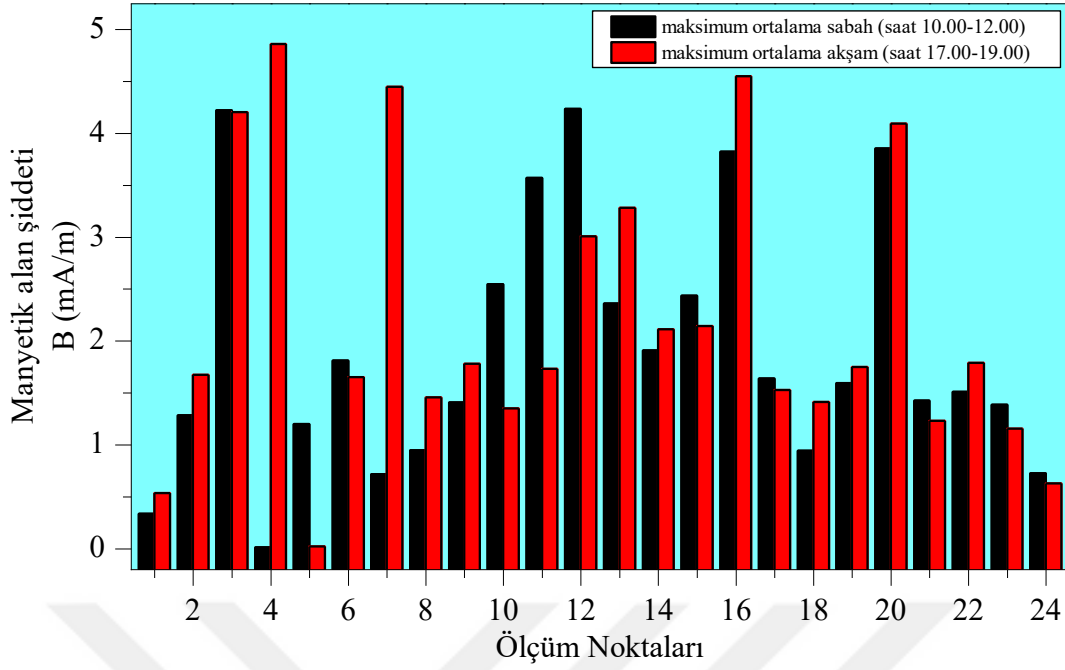
Şekil 4.1-2'den ve çizelge 4.4'ten görüldüğü gibi TES-593 elektromanyetik alan ölçer cihazı ile, hem sabah 10.00-12.00 hemde öğleden sonra 17.00-19.00 saatlerinde yapılan ölçümlerde elektrik ve manyetik alan şiddetinin değerlerinde genel olarak artma ve azalmalar şeklinde dalgalanmalar görülürken, 3. ve 16. noktalarda en büyük değer ölçülmüştür. Şekil 4.1-2'den görüldüğü gibi, genel olarak akşam saatlerinde yapılan ölçüm değerleri sabah saatlerinde yapılan ölçüm değerlerinden daha büyüktür. Bunun nedeni akşam saatlerinde cep telefonu ve benzeri cihazların sabah saatlerine göre daha fazla kullanılması olabilir. Bunlara ek olarak, bazı noktalarda bulunan değerlerin diğerlerine göre daha büyük olmasının nedeni, ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunması ve bu istasyonların sayılarının birden çok olması ile birlikte ölçüm süresi aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun fazla olması olabilir. Bazı noktalarda düşük çıkmasının nedeni ise ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunmaması ya da uzakta bulunması ve ölçüm aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.

Şekil 4.3'ten ve çizelge 4.4'ten görüldüğü gibi TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile, hem sabah 10.00-12.00 hemde öğleden sonra 17.00-19.00 saatlerinde yapılan ölçümlerde bulunan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 3., 4., 6., 12., 16. ve 20. noktaların dışında çok büyük artış ve azalmalar görülmemiştir. Şekil 4.3'ten görüldüğü

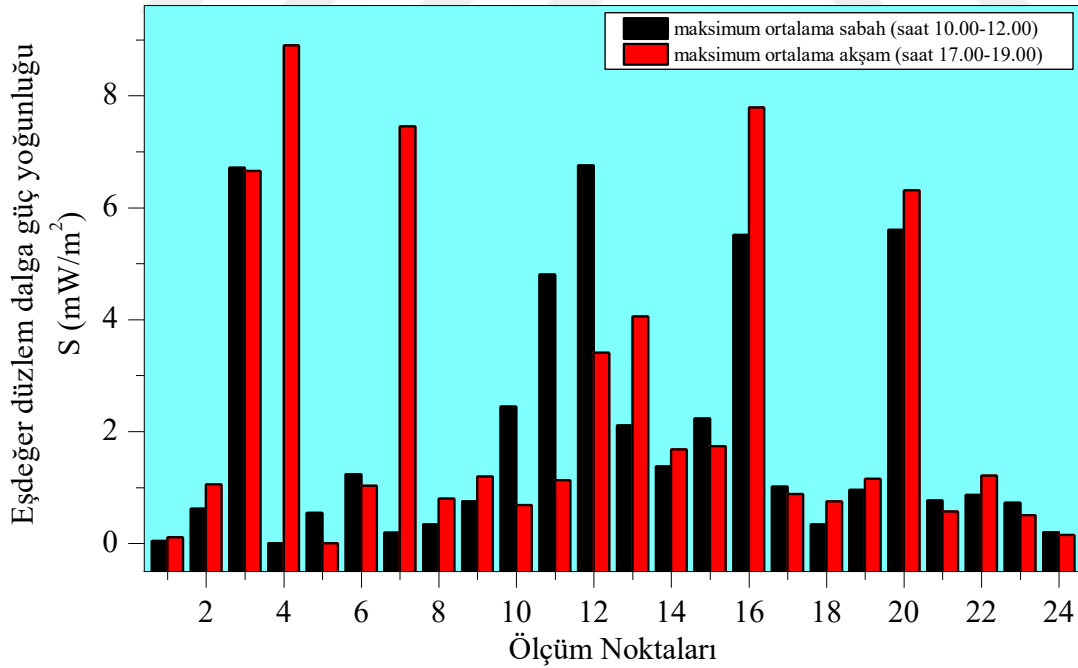
gibi, genel olarak akşam saatlerinde ölçülen maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri sabah saatlerinde yapılan ölçümlerin değerlerinden daha büyüktür. Bunun nedeni akşam ölçümlerin yapıldığı saatlerinde cep telefonu ve benzeri cihazların sabah saatlerine göre daha fazla kullanılması olabilir. Ek olarak, 3., 4., 6., 12., 16. ve 20. noktalarda bulunan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun diğerlerinin diğer noktalarda ölçülenlere göre daha büyük olmasının nedeni, ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunması ve bu istasyonların sayılarının birden çok olması ile birlikte ölçüm süresi aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun fazla olması olabilir. Bazı noktalarda düşük çıkmasının nedeni ise ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunmaması ya da uzakta bulunması ve ölçüm aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.



Şekil 4.4. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

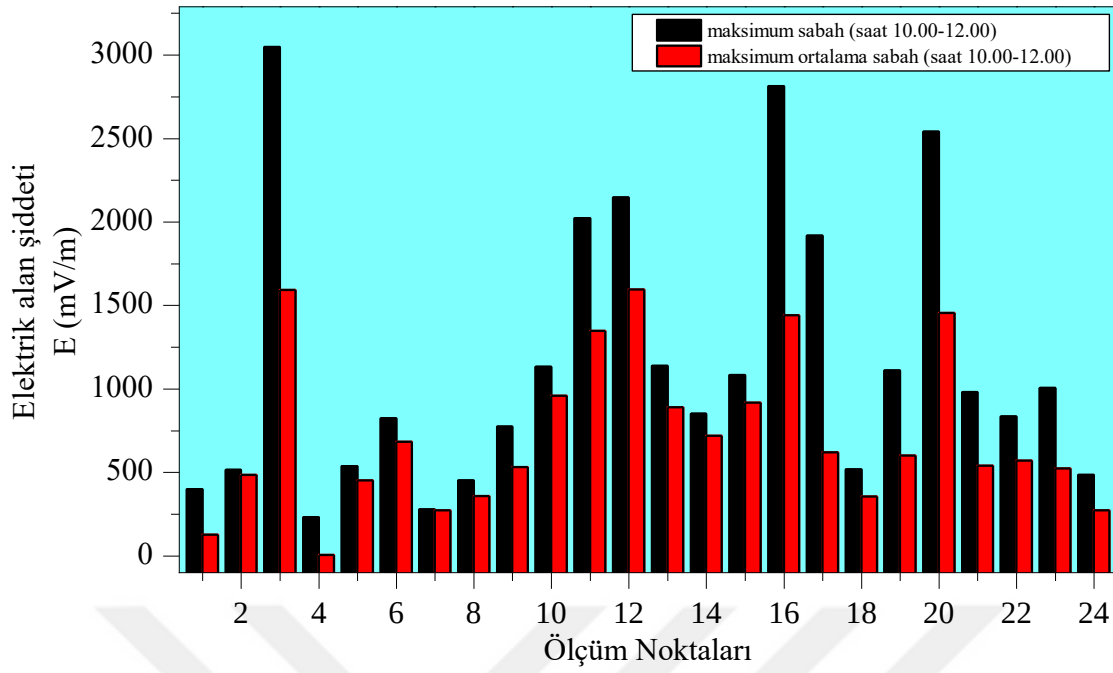


Şekil 4.5. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

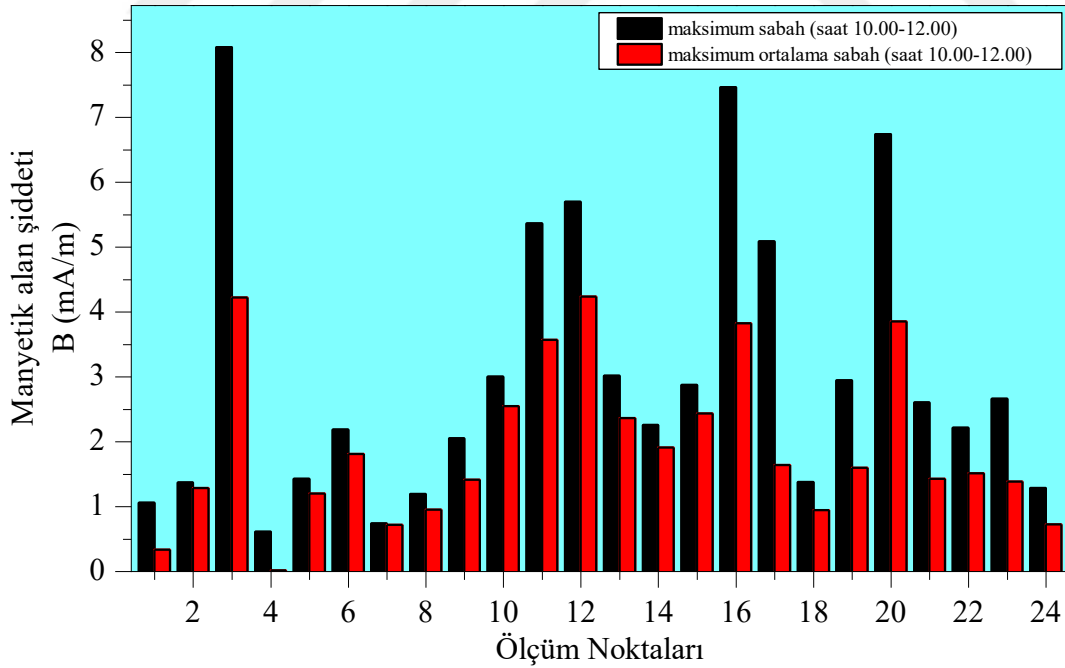


Şekil 4.6. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve öğleden sonra 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülmüş olan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

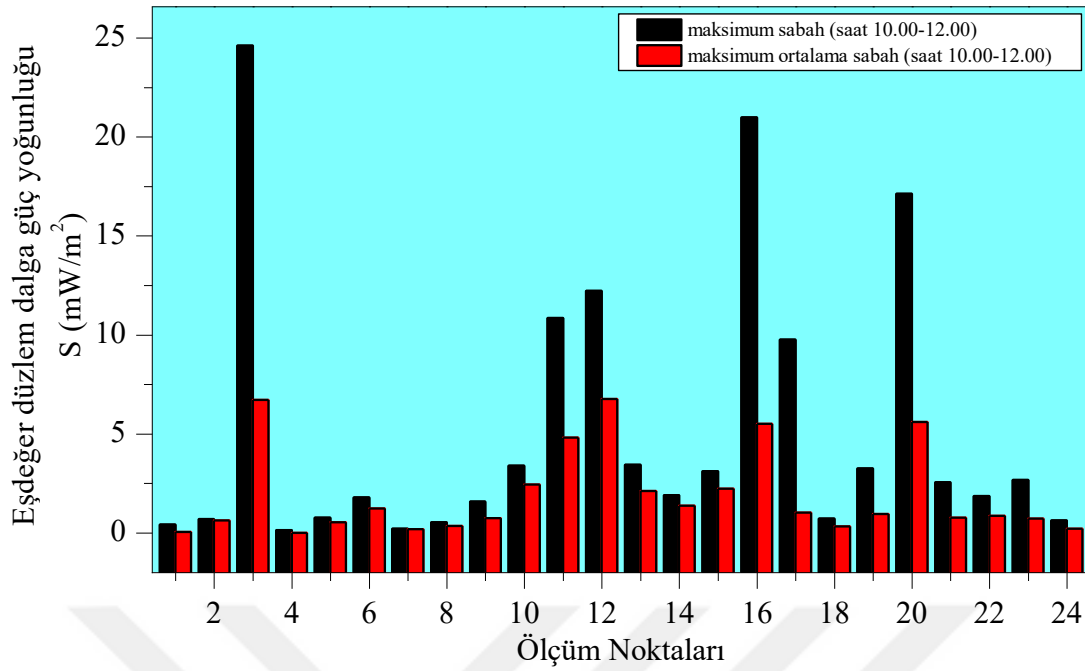
TES-593 EM ile yapılan ölçümlerde şekil 4.4-6'dan ve çizelge 4.1-4.2'den görüldüğü gibi Atatürk Bulvarı boyunca 1. noktadaki TES-593 EM alan ölçer ile yapılan elektrik ve manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinde, 3. ve 4. noktada artmış sonra azalmış 7. noktada tekrar artmış tekrar azalmış 7., 16. ve 20. noktada artmış diğer noktalarda azalmıştır. Şekil 4.4-6'dan sabah ve öğleden sonra yapılan ölçümler karşılaştırıldığında 3., 5., 6., 10., 11., 12., 15., 17., 19., 21., 23. ve 24. noktalarda sabah saatlerinde yapılan elektrik ve manyetik ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri daha büyükken diğer noktalarda öğleden sonra yapılan ölçüm değerleri daha büyüktür. Bazı noktalarda bulunan değerlerin diğerlerine göre daha büyük olmasının nedeni, ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunması ve bu istasyonların sayılarının birden çok olması ile birlikte ölçüm süresi aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun fazla olması olabilir. Bazı noktalarda düşük çıkmasının nedeni ise ölçüm yapılan noktaların yakınında baz istasyonlarının bulunmaması ya da uzakta bulunması ve ölçüm aralığında cep telefonları ve benzer elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir. Bununla birlikte hem maksimum manyetik alan şiddeti değerlerinde hem de maksimum ortalama manyetik alan şiddetinin değerlerinde artış ve azalmalar şeklinde dalgalanmalar vardır. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların fazla kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan noktalarda ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması ya da hiç olmaması olabilir.



Şekil 4.7. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum elektrik alan şiddeti ile maksimum ortalama elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

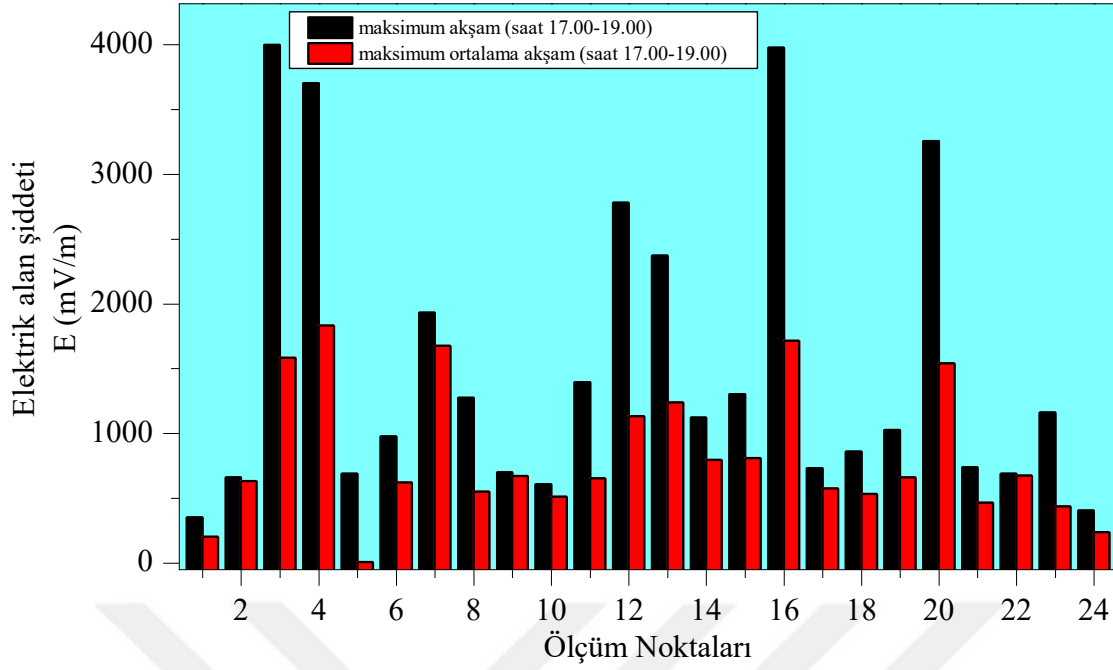


Şekil 4.8. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum manyetik alan şiddeti ile maksimum ortalama manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

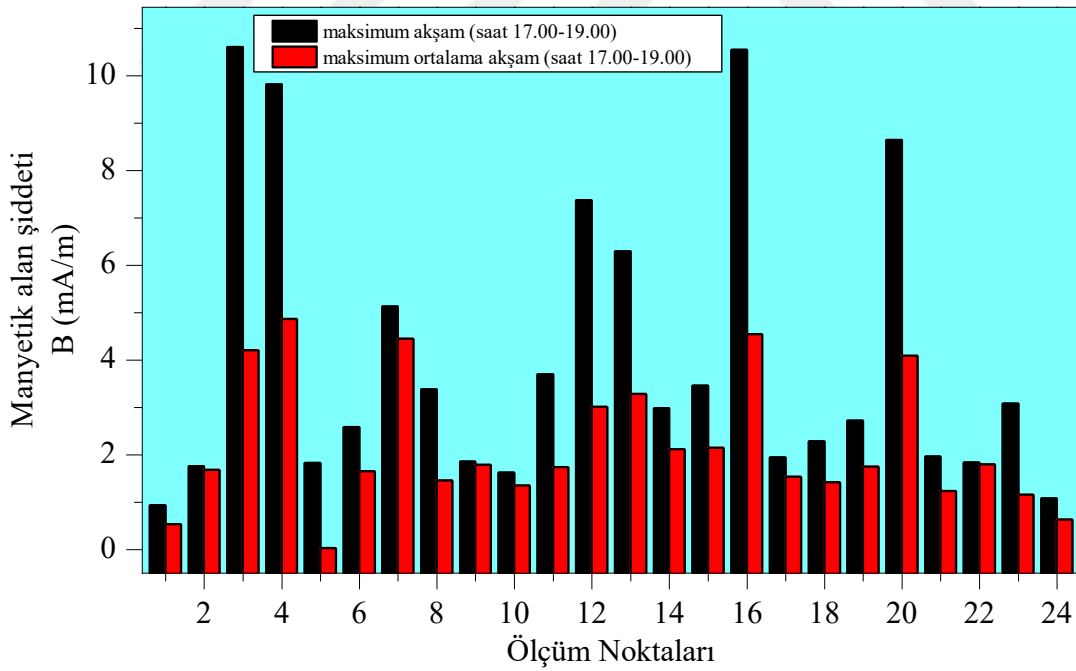


Şekil 4.9. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ölçülen maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ile maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

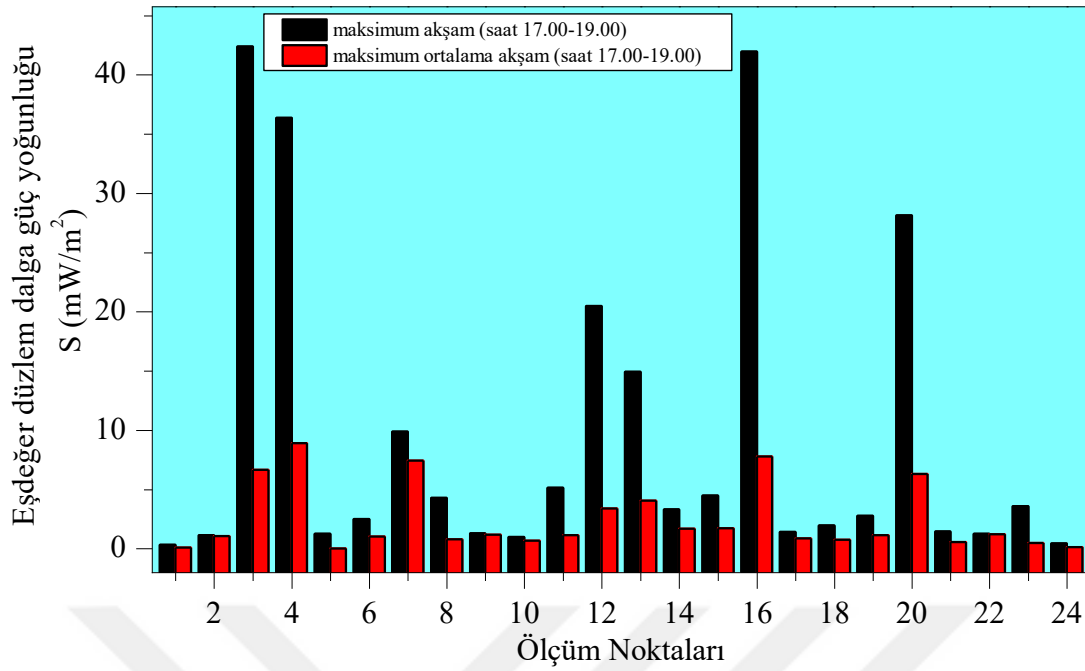
Şekil 4.7-9'dan görüldüğü gibi, sabah saatlerinde Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca önceden seçilmiş olan noktalarda TES-593 elektromanyetik alan ölçer cihazı ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında yapılmış olan maksimum elektrik alan şiddeti, maksimum manyetik alan şiddeti ve maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin değerleri ortalama elektrik alan şiddeti, ortalama manyetik alan şiddeti ve ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinden daha büyüktür. Bunlara ek olarak, ölçüm yapılan noktalarda maksimum elektrik alan şiddeti, maksimum manyetik alan şiddeti ve maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ile bunların maksimum ortalama değerlerinde artış ve azalmalar şeklinde dalgalanmalar vardır. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların fazla kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan noktalarda ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması ya da hiç olmaması olabilir.



Şekil 4.10. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum elektrik alan şiddeti ile maksimum ortalama elektrik alan şiddetinin karşılaştırılması

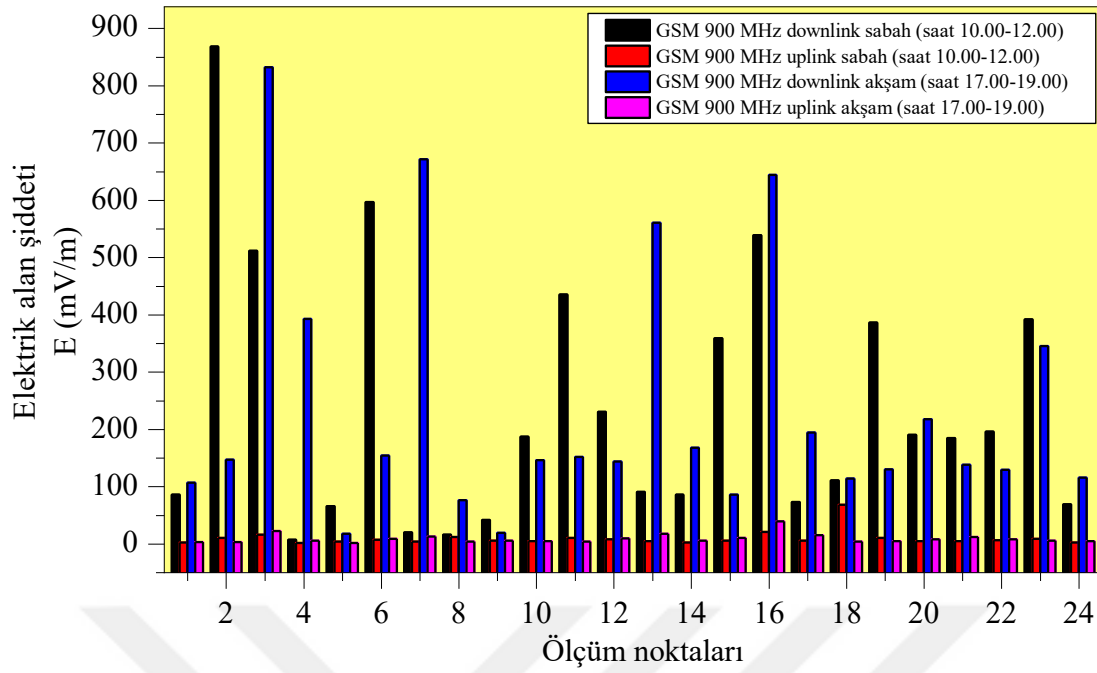


Şekil 4.11. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum manyetik alan şiddeti ile maksimum ortalama manyetik alan şiddetinin karşılaştırılması

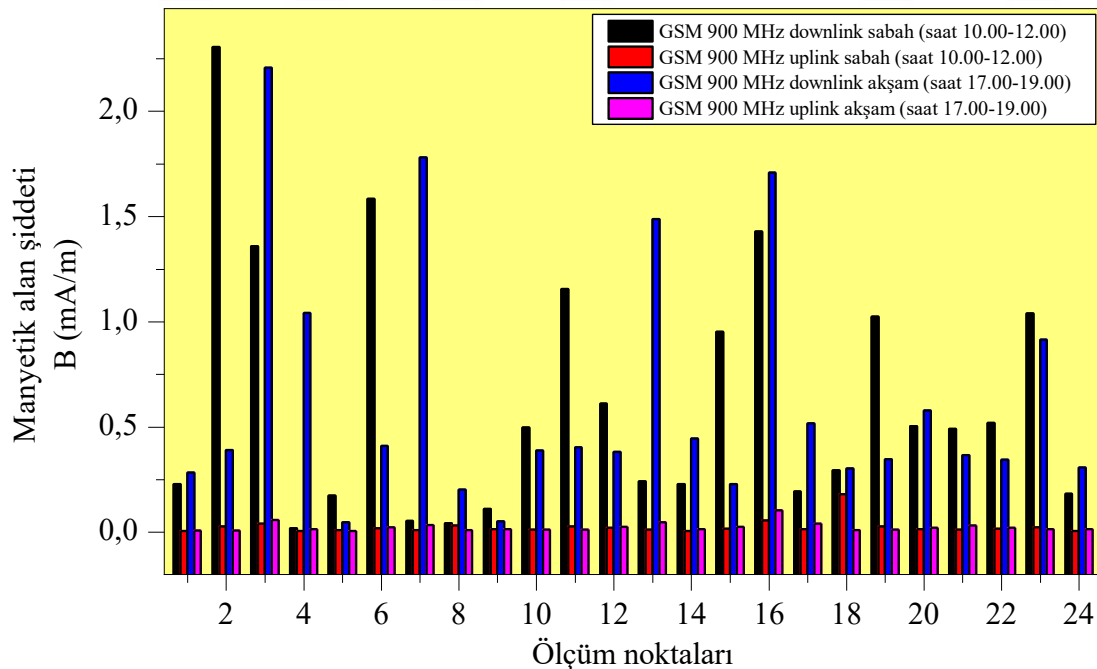


Şekil 4.12. TES-593 Elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında ölçülen maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ile maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

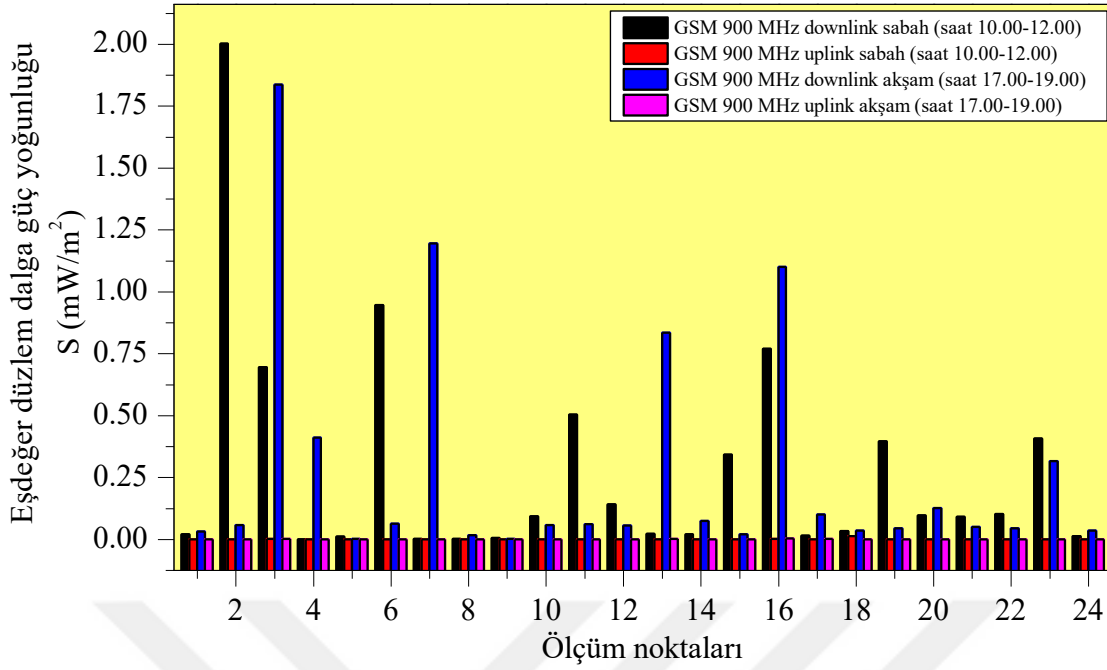
Şekil 4.10-12'den görüldüğü gibi, sabah saatlerinde Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca önceden seçilmiş olan noktalarda TES-593 elektromanyetik alan ölçer cihazı ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında yapılmış olan maksimum elektrik alan şiddeti, maksimum manyetik alan şiddeti ve maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin değerleri ortalama elektrik alan şiddeti, ortalama manyetik alan şiddeti ve ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinden daha büyüktür. Bunlara ek olarak, ölçüm yapılan noktalarda maksimum elektrik alan şiddeti, maksimum manyetik alan şiddeti ve maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ile bunların maksimum ortalama değerlerinde artış ve azalmalar şeklinde dalgalanmalar vardır. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların fazla kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan noktalarda ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması ya da hiç olmaması olabilir.



Şekil 4.13. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



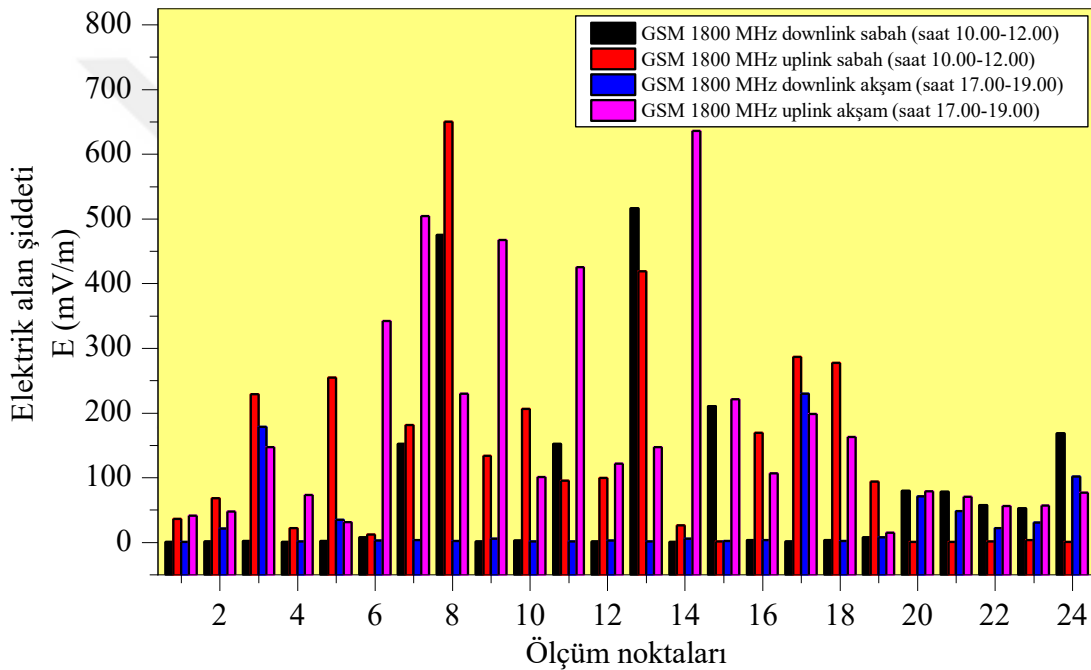
Şekil 4.14. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



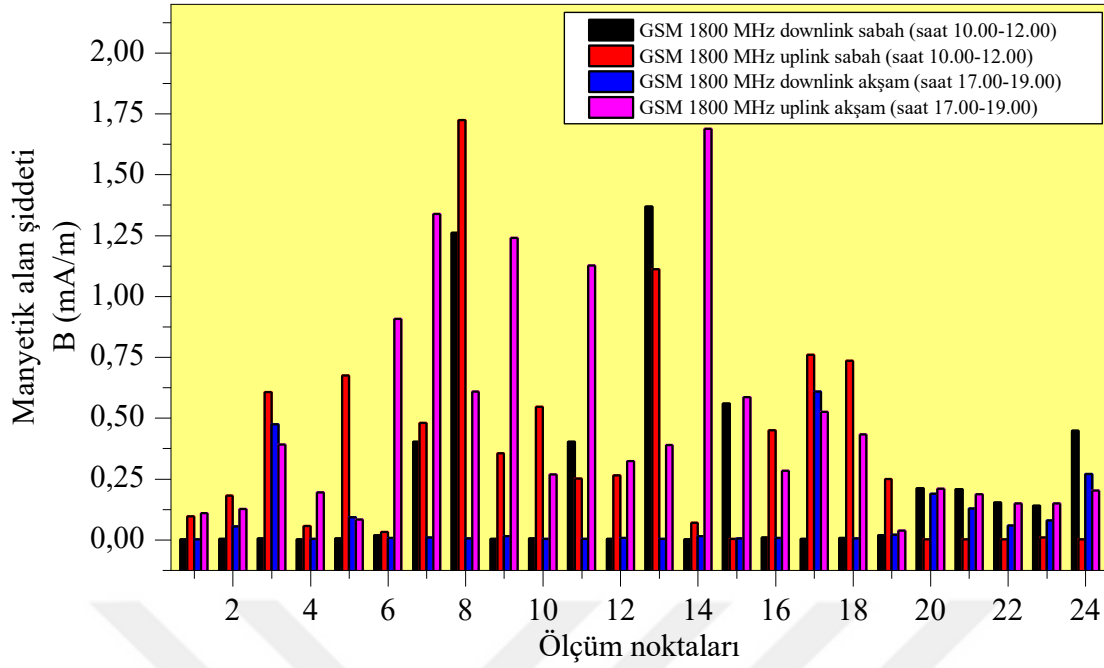
Şekil 4.15. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 900 MHz uplink frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

Şekil 4.13-15'den görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam saatlerinde GSM 900 MHz downlink frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, genel olarak, sabah saatlerinde downlink frekansında yapılmış olan değerlerinden daha büyüktür. Benzer şekilde akşam saatlerinde GSM 900 MHz uplink frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, genel olarak, sabah saatlerinde uplink frekansında yapılmış olan değerlerinden daha büyüktür. Bunun nedeni cep telefonu ve benzeri cihazların bilgi ve döküman indirmek için akşam saatlerinde sabah saatlerine göre daha yoğun kullanılmış olması olabilir. Şekil 4.13-15 incelendiğinde hem sabah hem de öğleden sonra downlink frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, hem sabah hem de öğleden sonra uplink frekansında yapılmış olan yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerlerinden çok büyük olduğu görülebilir. Bunlara ek olarak, şekil 4.13-15'ten görüldüğü gibi, hem sabah hem de öğleden sonra downlink ve uplink frekanslarında yapılmış olan elektrik alan şiddeti,

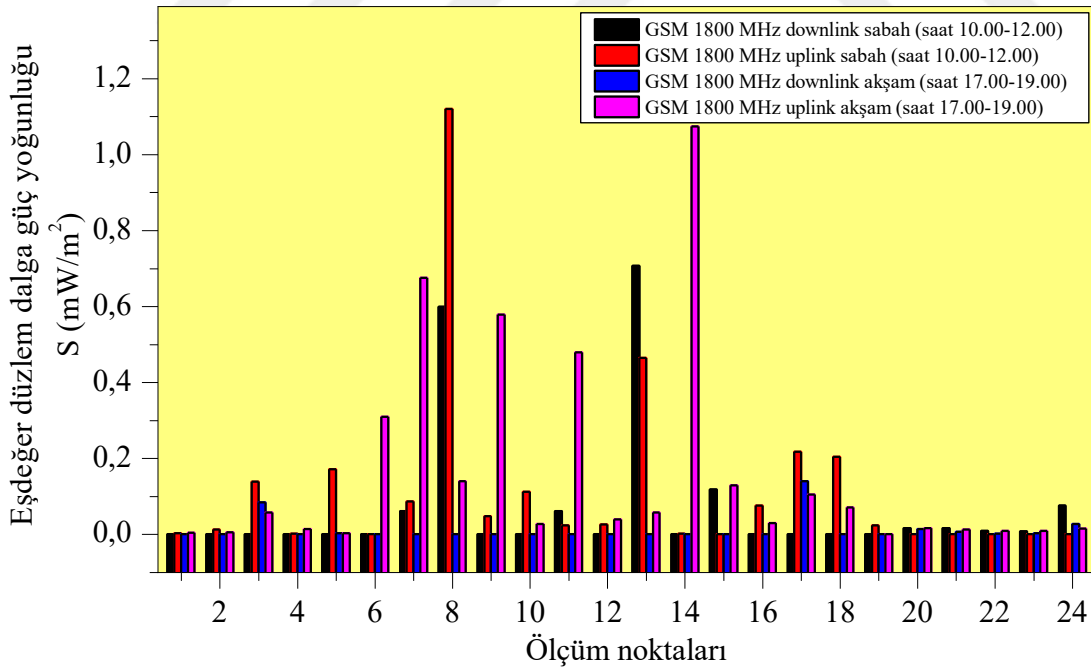
manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinde dalgalanmalar şeklinde artış ve azalmalar bulunmaktadır. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde daha fazla kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan alanlarda ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması ya da hiç olmaması olabilir.



Şekil 4.16. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

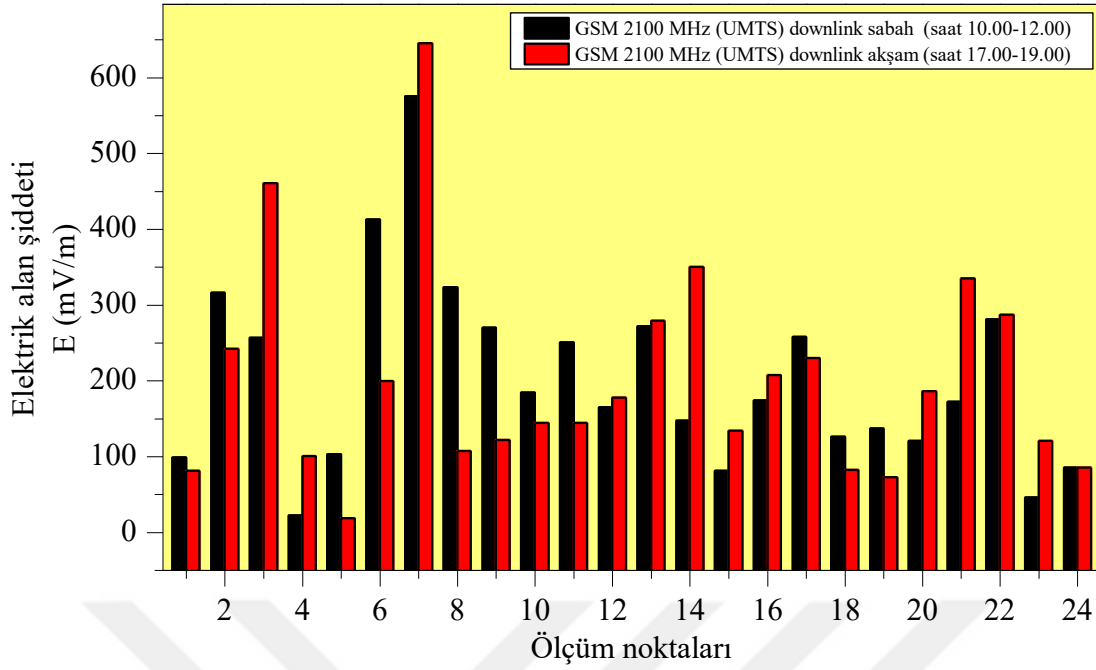


Şekil 4.17. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

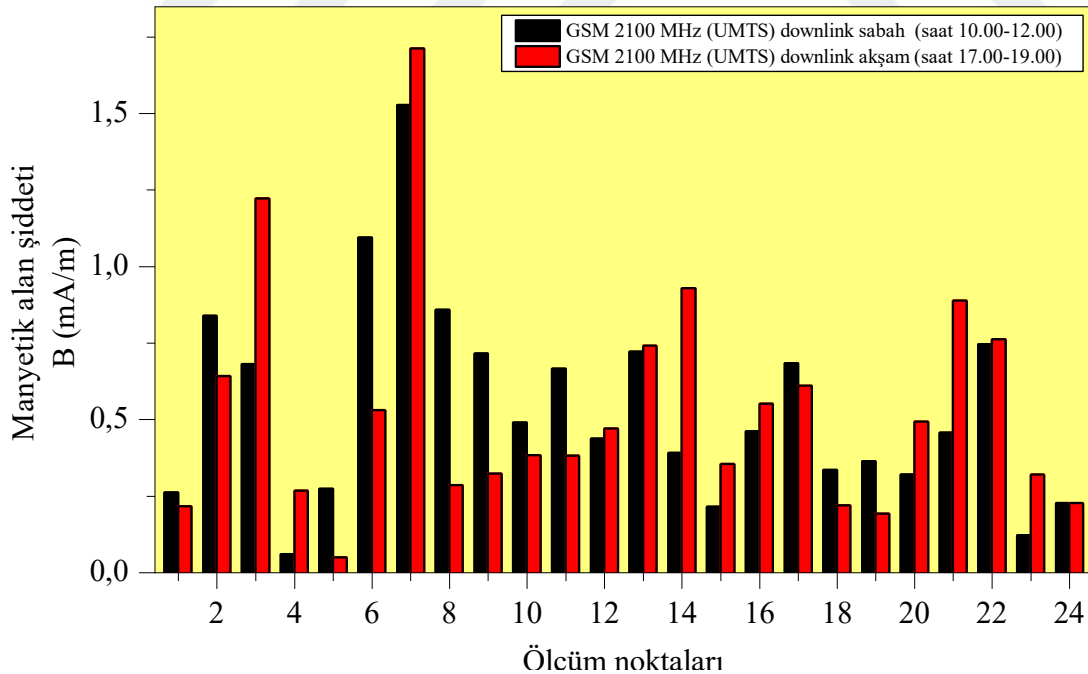


Şekil 4.18. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 1800 MHz downlink ve GSM 1800 MHz uplink frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun karşılaştırılması

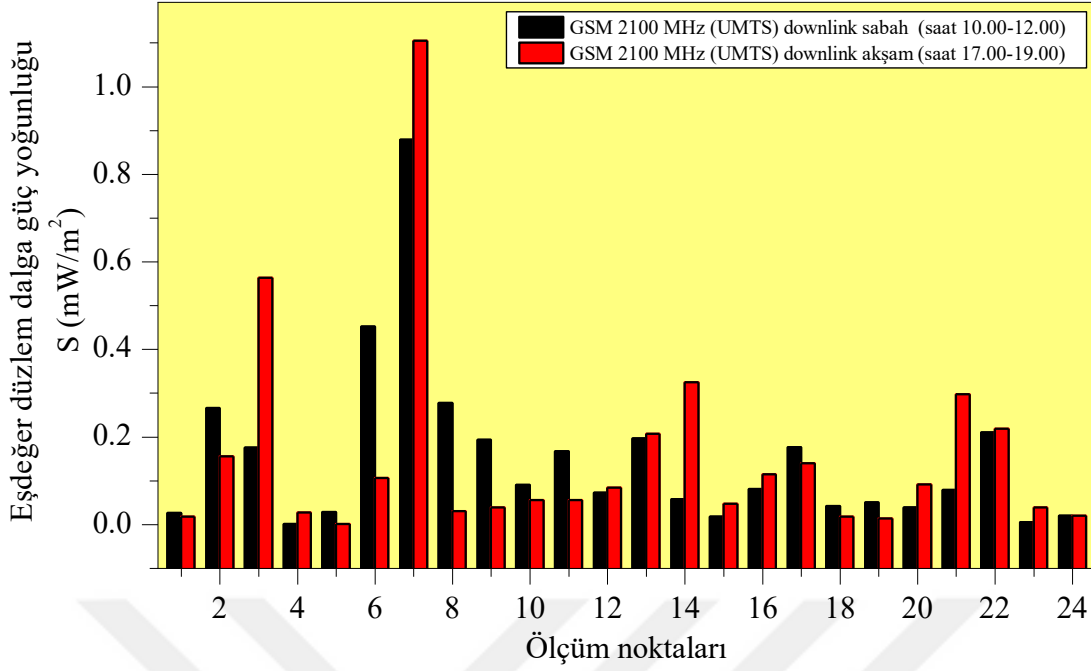
Şekil 4.16-18'den görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah saatlerinde GSM 1800 MHz downlink frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, genel olarak, akşam saatlerinde downlink frekansında yapılmış olan değerlerinden daha büyüktür. Akşam saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, genel olarak, sabah saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılmış olan değerlerinden daha büyüktür. Şekil 4.16-18'den görüldüğü gibi, genel olarak, sabah saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri aynı saatlerde GSM 1800 MHz downlink frekansında yapılan ölçüm değerlerinden daha büyüktür. Benzer şekilde, genel olarak, akşam saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri aynı saatlerde GSM 1800 MHz downlink frekansında yapılan ölçüm değerlerinden daha büyüktür. Bunun nedeni cep telefonu ve benzeri cihazların hem sabah ve hem de akşam saatlerinde resim, video, mesaj ve konuşma gibi bilgi ve döküman yüklemek için daha yoğun olarak kullanılmış olması olabilir. Bunlara ek olarak, şekil 4.16-18'den görüldüğü gibi, hem sabah hem de öğleden sonra downlink ve uplink frekanslarında yapılmış olan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerlerinde dalgalanmalar şeklinde artış ve azalmalar bulunmaktadır. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde daha fazla 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 veya hiç olmaması olabilir.



Şekil 4.19. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

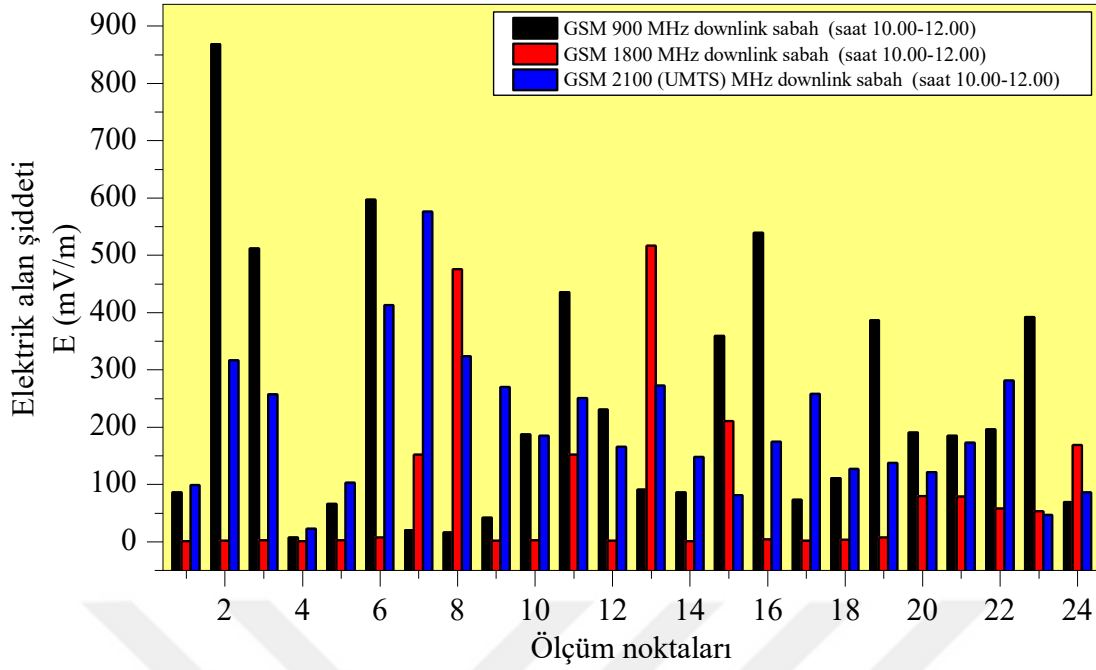


Şekil 4.20. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

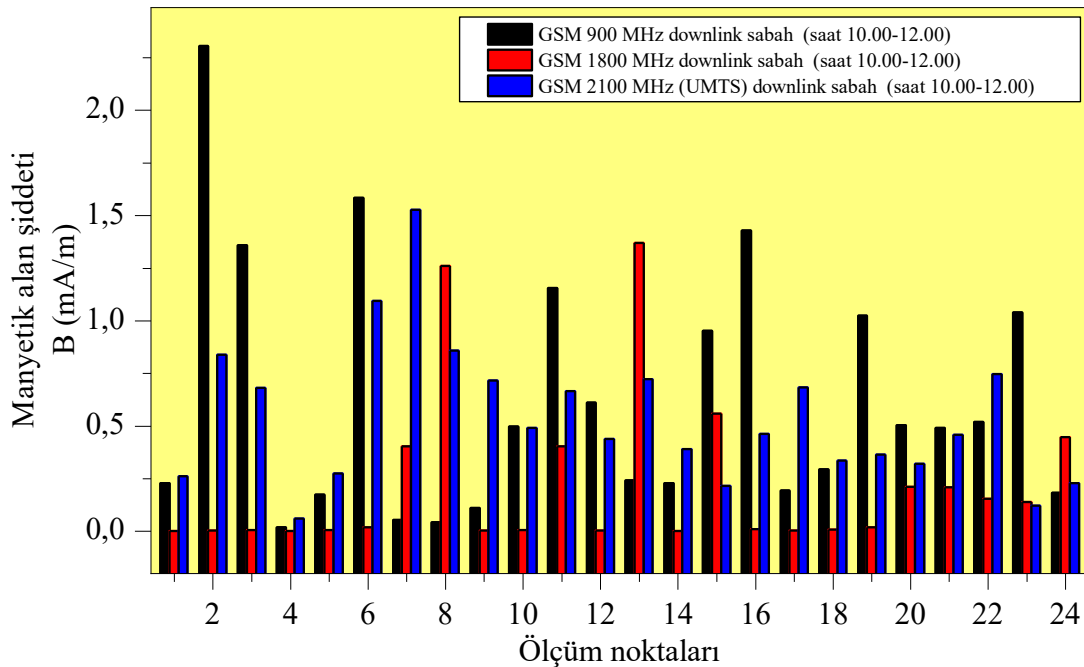


Şekil 4.21. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri ve akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

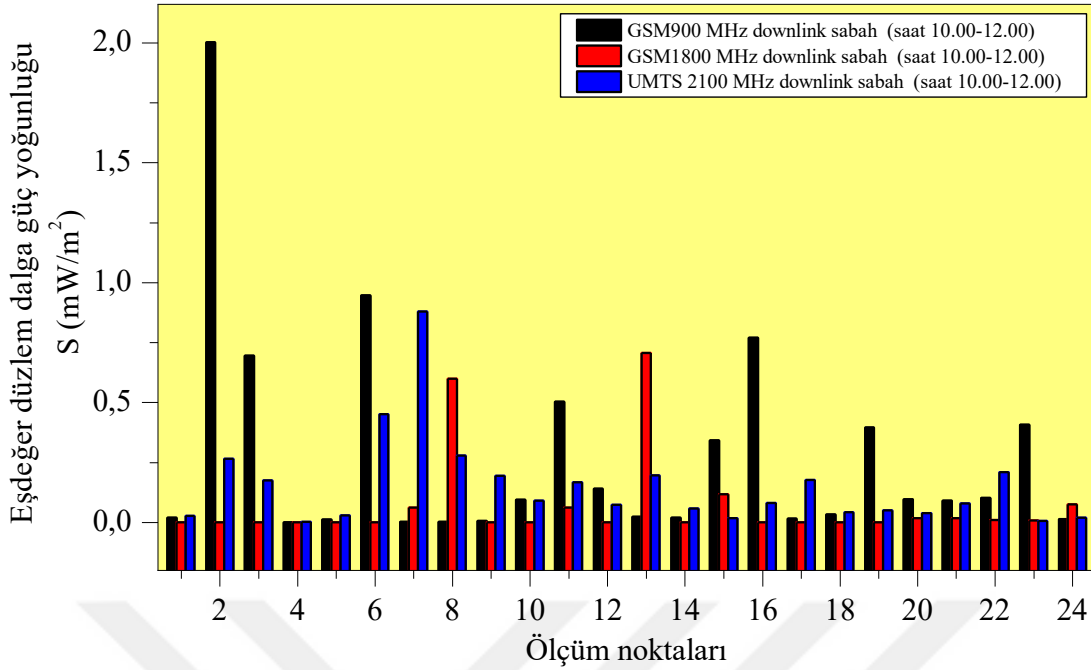
Şekil 4.19-21'den görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah saatlerinde GSM 2100 MHz (UMTS downlink frekansında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 1., 2., 5., 6., 8., 9., 10., 11., 17., 18. ve 19. noktalarda daha büyükken, diğer noktalarda (24. nokta hariç) 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 olması, 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.



Şekil 4.22. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



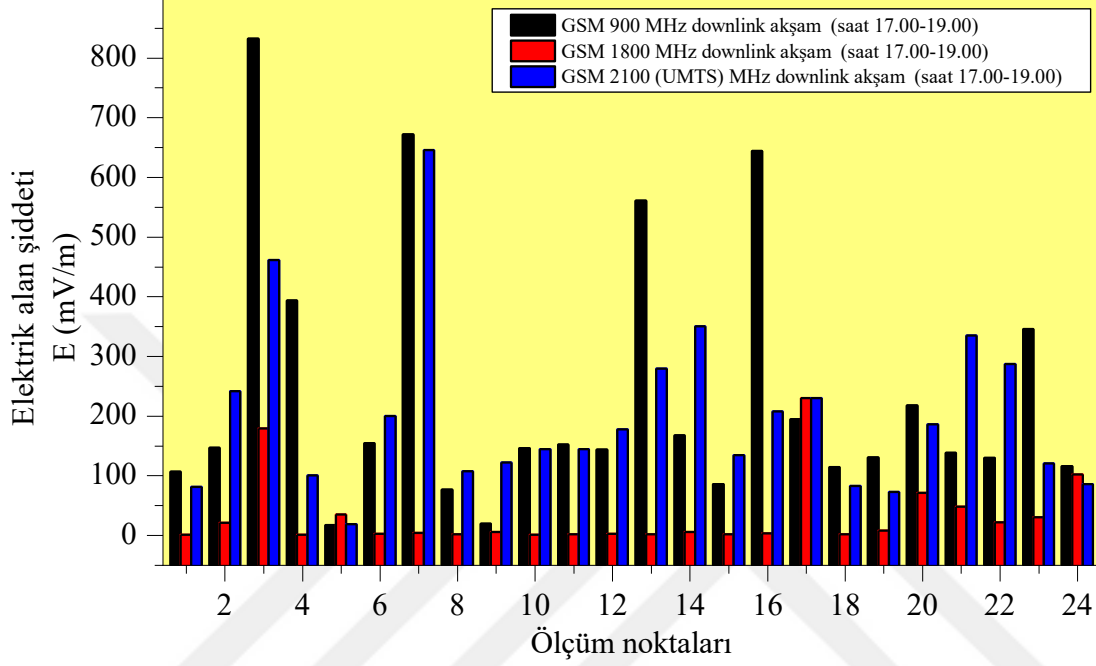
Şekil 4.23. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



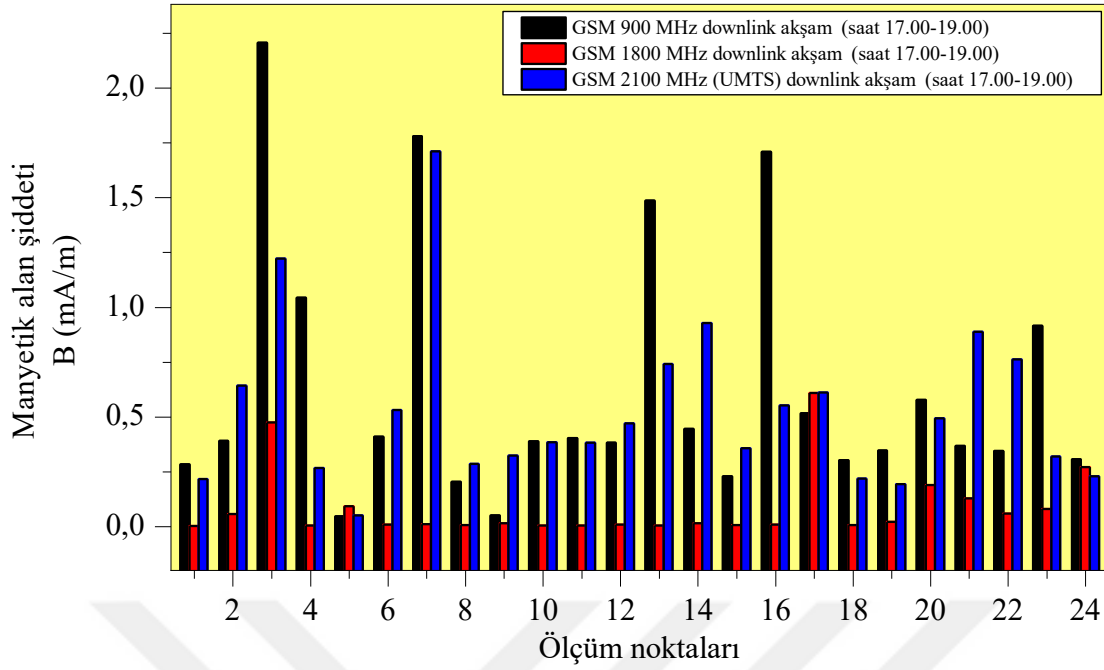
Şekil 4.24. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

Şekil 4.22-24'ten görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah saatlerinde GSM 900 MHz downlink frekanslarında elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 12 noktada (2., 3., 6., 10., 11., 12., 15., 16., 19., 20., 21. ve 23. noktalar) GSM 1800 MHz ve GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen değerlerden daha büyük bulunmuştur. 8., 13. ve 24. noktalarda GSM 1800 MHz downlink frekanslarında yapılan ölçümlerde bulunan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri GSM 900 MHz ve GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen değerlerden daha büyüktür. GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 1., 4., 5., 7., 9., 14., 17., 18. ve 22. noktalarında GSM 900 MHz ve GSM 1800 MHz downlink frekanslarında bulunan değerlerden daha büyüktür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması ile cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde daha yoğun olarak kullanılmış olması

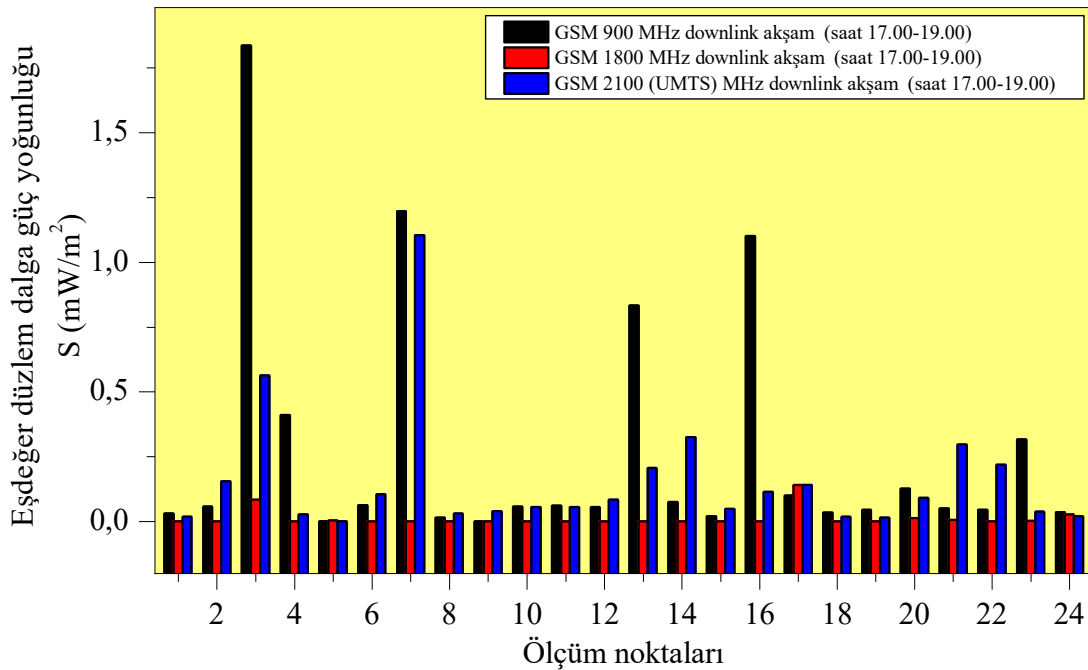
olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer noktalara göre küçük olan yerlerde ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm noktalarına baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.



Şekil 4.25. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

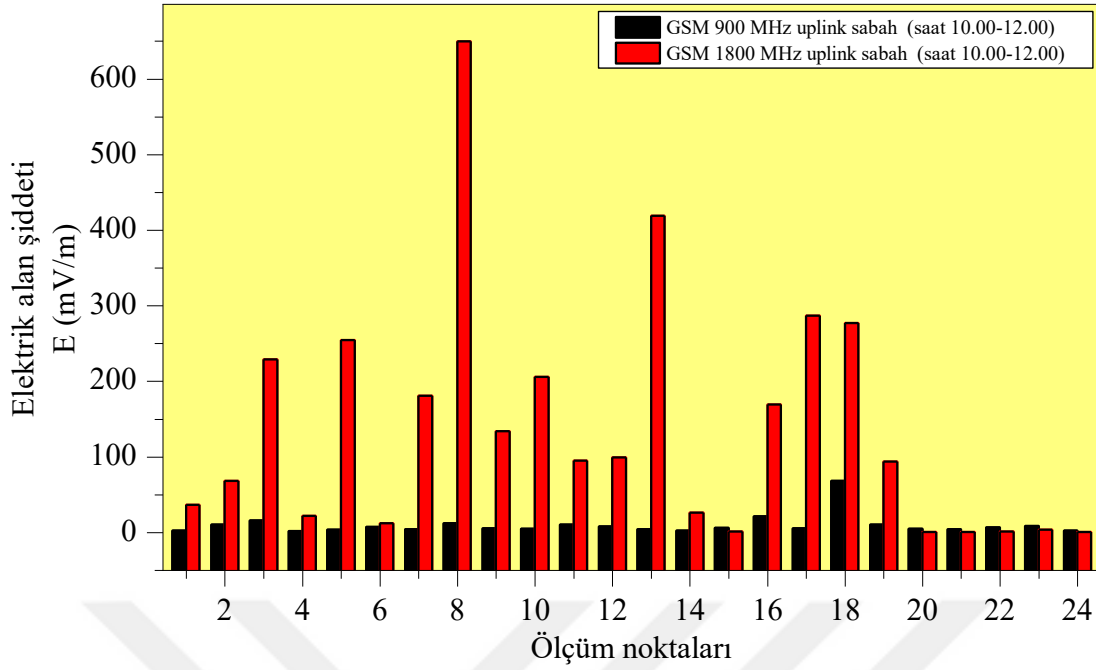


Şekil 4.26. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

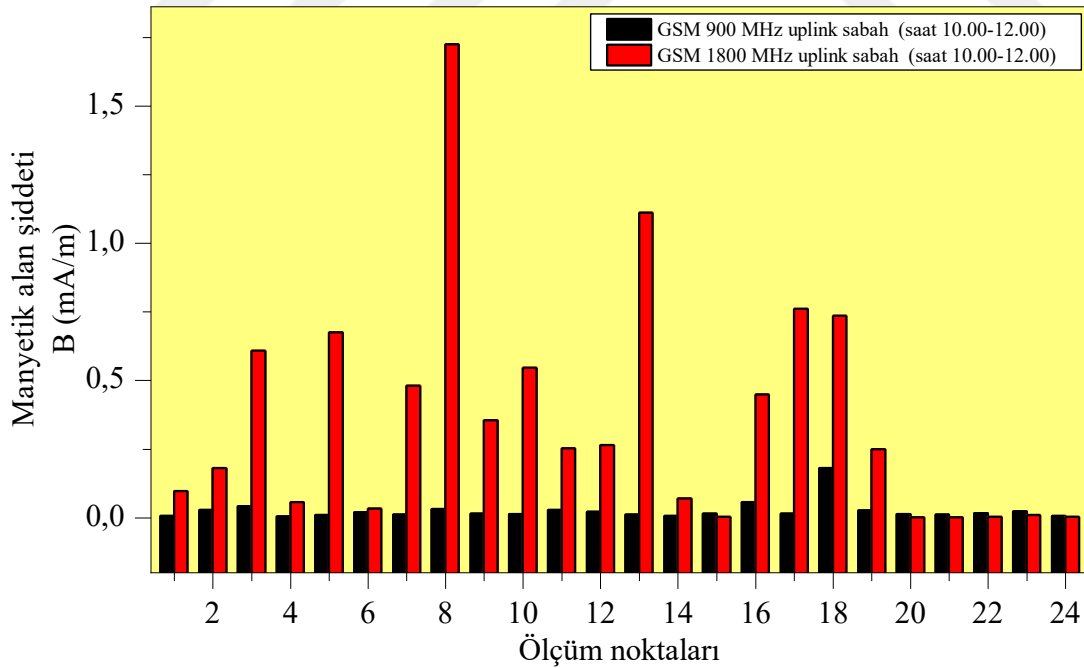


Şekil 4.27. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz downlink ve GSM 1800 MHz downlink GSM 2100 MHz (UMTS) frekanslarında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

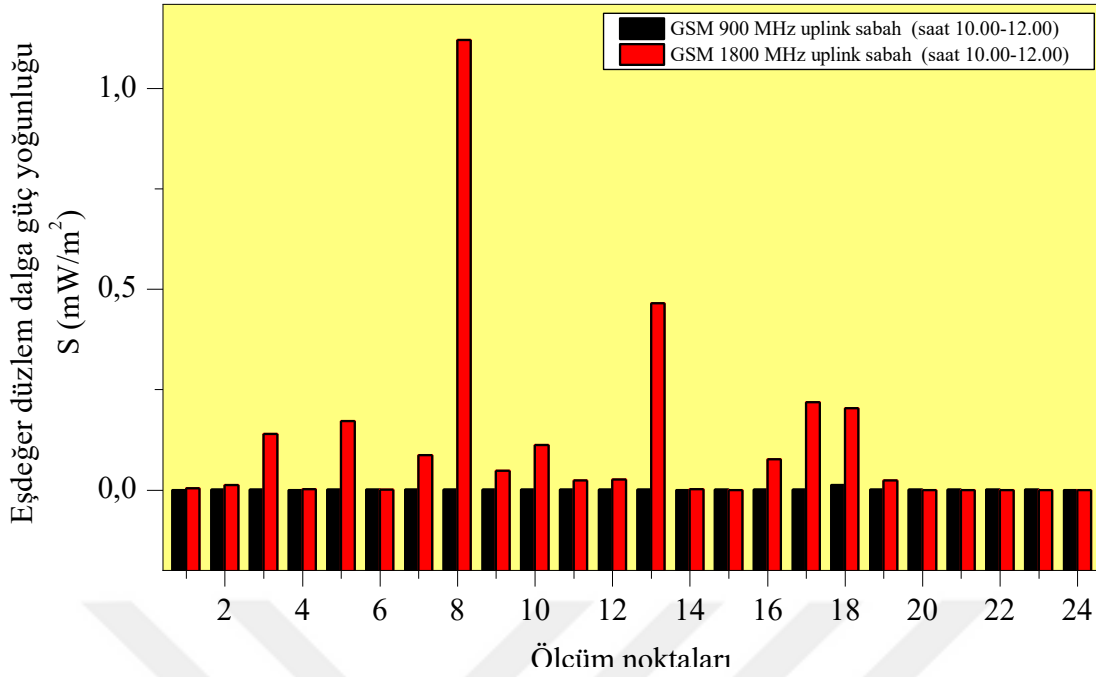
Şekil 4.25-27'den görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam saatlerinde GSM 900 MHz downlink frekanslarında elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 13 noktada (1., 3., 4., 7., 10., 11., 13., 16., 18., 19., 20., 23 ve 24. noktalar) GSM 1800 MHz ve GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen değerlerden daha büyük bulunmuştur. Sadece 5. noktada GSM 1800 MHz downlink frekanslarında yapılan ölçümlerde bulunan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri GSM 900 MHz ve GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen değerlerden daha büyüktür. GSM 2100 MHz (UMTS) downlink frekanslarında ölçülen elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 2., 6., 8., 9., 12., 14., 15., 17., 21. ve 22. noktalarında GSM 900 MHz ve GSM 1800 MHz downlink frekanslarında bulunan değerlerden daha büyüktür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, 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.



Şekil 4.28. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

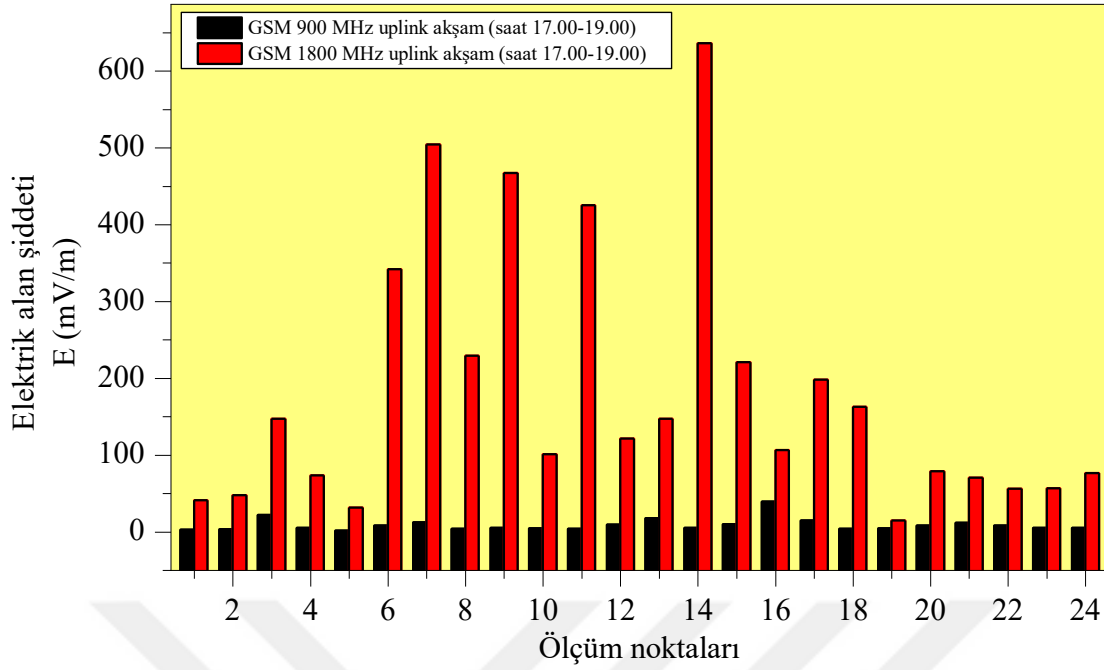


Şekil 4.29. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması

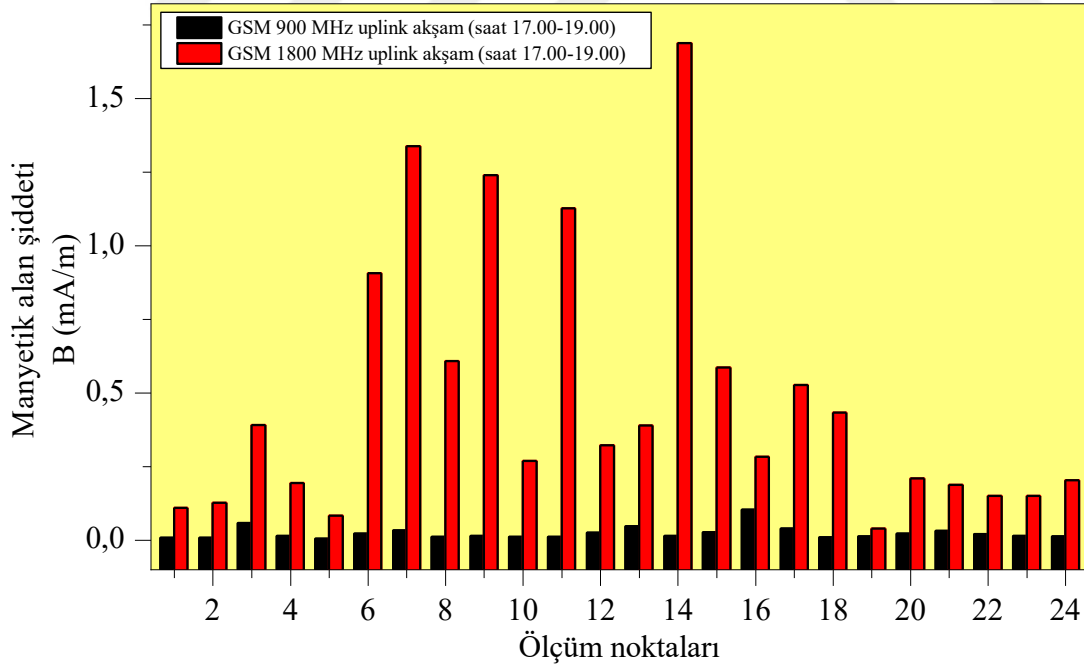


Şekil 4.30. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah 10.00-12.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

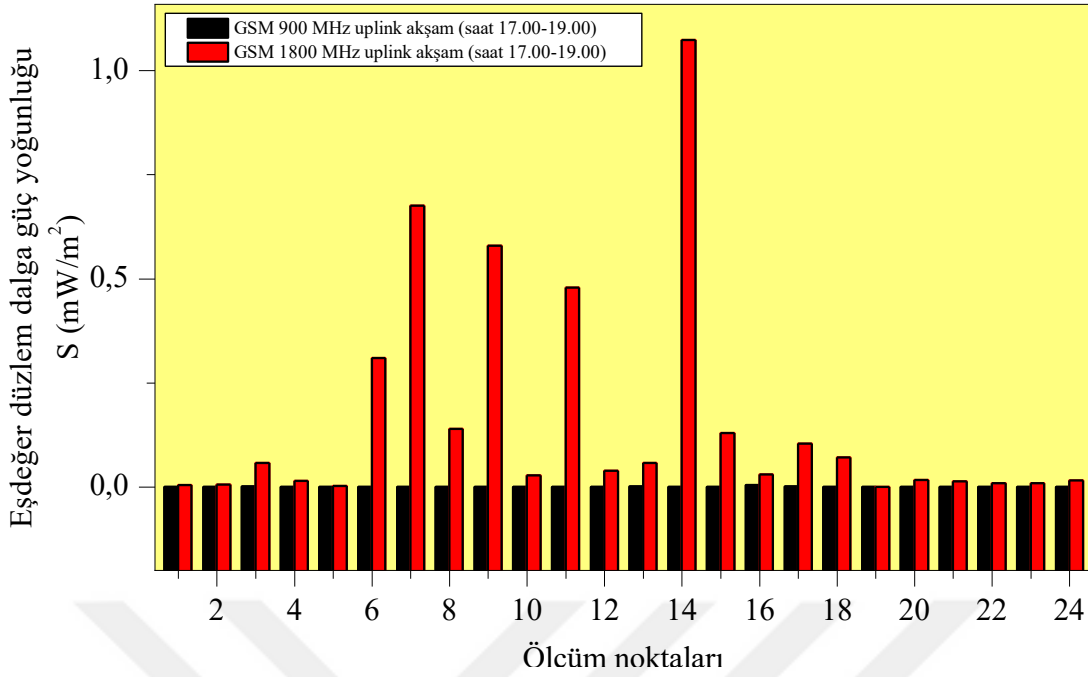
Şekil 4.28-30'dan görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile sabah saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri 1., 2., 3., 4., 5., 6., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 16., 17., 18. ve 19. noktalarda daha büyükken, 15., 20., 21., 22., 23. ve 24. noktalarda GSM 900 MHz uplink sabah 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 olması, 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.



Şekil 4.31. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında elektrik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.32. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında manyetik alan şiddetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.33. Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam 17.00-19.00 saatleri arasında GSM 900 MHz uplink ve GSM 1800 MHz uplink frekansında eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının karşılaştırılması

Şekil 4.31-33'dan görüldüğü gibi, Adıyaman İl merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 250 m aralıklarla önceden seçilmiş olan noktalarda Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile akşam saatlerinde GSM 1800 MHz uplink frekansında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri bütün noktalarda daha büyüktür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı noktalara baz istasyonlarının yakın olması, 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. Bunlara ek olarak, GSM 1800 MHz frekansında kullanılan cep telefonunu sayısının, GSM 900 MHz frekansında kullanılan cep telefonu sayısından fazla olması olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca (5750 m) 250 m aralıklarla 24 farklı noktada GSM 900 MHz downlink, GSM 900 MHz uplink, GSM 1800 MHz downlink, GSM 1800 MHz uplink ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında baz istasyonlarından yayınlanan radyofrekans (RF) kökenli radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapıldı.

Şekil 4.1. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum elektrik alan şiddeti 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 3046 mV/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 230,3 mV/m dir. 24 noktada yapılan maksimum elektrik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 1151,0292 mV/m dir.

Şekil 4.2. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum manyetik alan şiddeti 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 8,0796 mA/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,6109 mA/m dir. 24 noktada yapılan maksimum manyetik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 3,0532 mA/m dir.

Şekil 4.3. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 24,6104 mW/m² 'dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,1407 mW/m² dir. 24 noktada yapılan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri 5,2182 mW/m² dir.

Şekil 4.1. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum elektrik alan şiddeti 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 3997 mV/m dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 350,5 mV/m dir. 24 noktada yapılan maksimum elektrik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 1529,0625 mV/m dir.

Şekil 4.2. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum manyetik alan şiddeti 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 10,6021 mA/m dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,9297

mA/m dir. 24 noktada yapılan maksimum manyetik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 4,0559 mA/m dir.

Şekil 4.3. ve çizelge 4.1. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 3. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 42,3767 mW/m²dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,3259 mW/m²dir. 24 noktada yapılan maksimum eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri 9,6603 mW/m²dir.

Şekil 4.4. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama elektrik alan şiddeti 12. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1596 mV/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 5,5 mV/m dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama elektrik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 720,9208 mV/m dir.

Şekil 4.5. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama manyetik alan şiddeti 12. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 4,2334 mA/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 1,46x10⁻² mA/m dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama manyetik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 1,9122 mA/m dir.

Şekil 4.6. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 12. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 6,7565 mW/m²dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 1x10⁻⁴ mW/m² dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri 1,9216 mW/m²dir.

Şekil 4.4. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama elektrik alan şiddeti 4. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1832 mV/m dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 7,8 mV/m dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama elektrik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 822,6417 mV/m dir.

Şekil 4.5. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama manyetik alan şiddeti 4. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 4,8594 mA/m dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 2,07x10⁻² mA/m dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama manyetik alan şiddeti ölçümlerin ortalama değeri 2,182 mA/m dir.

Şekil 4.6. ve çizelge 4.2. de görüldüğü gibi, TES-593 cihazı ile 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 4. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $8,9025 \text{ mW/m}^2$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $2 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan maksimum ortalama eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $2,4666 \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 2. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $868,6 \text{ mV/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $6,8728 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $239,2339 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 2. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $2,304 \text{ mA/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,82 \times 10^{-2} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $0,6346 \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 2. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $2,0012 \text{ mW/m}^2$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,25 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $0,2799 \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 2. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $831,8 \text{ mV/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $17,37 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $237,58 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 2. noktada en büyük ölçüm

değerine sahip olup; 2.2064 mA/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $4,61 \times 10^{-2} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $0,6302 \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.3. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz downlink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 2. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,8353 \text{ mW/m}^2$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $8 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $0,2734 \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 18. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $67,98 \text{ mV/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,7693 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $9,5413 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 18. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $0,180318 \text{ mA/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $4,7 \times 10^{-3} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $2,53 \times 10^{-2} \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 18. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,23 \times 10^{-2} \text{ mW/m}^2$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $8 \times 10^{-6} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $7 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 16. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $39,1 \text{ mV/m}$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,8001 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $8,9974 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 16. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $0,1037 \text{ mA/m}$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $4,8 \times 10^{-3} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $2,39 \times 10^{-2} \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.4. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 900 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 16. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $4,1 \times 10^{-3} \text{ mW/m}^2$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $9 \times 10^{-6} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $4 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.16. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 13. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 516 mV/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $0,7116 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $82,3922 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.17. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 13. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,3687 \text{ mA/m}$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,9 \times 10^{-3} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $0,2185 \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.18. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 13. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $0,7062 \text{ mW/m}^2$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1 \times 10^{-6} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $6,96 \times 10^{-2} \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.16. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 17.00-19.00

saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 17. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 229,6 mV/m dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,7653 mV/m dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri 32,4863 mV/m dir.

Şekil 4.17. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 17. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 0,6090 mA/m dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 2×10^{-3} mA/m dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $8,62 \times 10^{-2}$ mA/m dir.

Şekil 4.18. ve çizelge 4.5. te görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz downlink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 17. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 0,1398 mW/m² dir. 1. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 2×10^{-6} mW/m² dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $1,17 \times 10^{-2}$ mW/m² dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 8. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 649,9 mV/m dir. 21. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 0,5751 mV/m dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri 136,0799 mV/m dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 8. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1,7239 mA/m dir. 21. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,5 \times 10^{-3}$ mA/m dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri 0,3610 mA/m dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 8. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1,1203 mW/m² dir. 21. noktada en küçük ölçüm

değerine sahip olup; 1×10^{-6} mW/m² dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri 0,1139 cmW/m² dir.

Şekil 4.13. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 14. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 636,1 mV/m dir. 19. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 14,45 mV/m dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri 181,4688 mV/m dir.

Şekil 4.14. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 14. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1,687268 mA/m dir. 19. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $3,83 \times 10^{-2}$ mA/m dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri 0,4813 mA/m dir.

Şekil 4.15. ve çizelge 4.6. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 1800 MHz uplink frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 14. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,0733$ mW/m² dir. 19. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $5,54 \times 10^{-4}$ mW/m² dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $0,1608$ mW/m² dir.

Şekil 4.19. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 575,7 mV/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; 22,5 mV/m dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri 203,39 mV/m dir.

Şekil 4.20. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; 1,5271 mA/m dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $5,97 \times 10^{-2}$ mA/m dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri 0,5395 mA/m dir.

Şekil 4.21. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 10.00-12.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $0,8791 \text{ mW/m}^2$ dir. 4. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $1,3 \times 10^{-3} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $0,15 \text{ mW/m}^2$ dir.

Şekil 4.19. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde elektrik alan şiddeti 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $645,3 \text{ mV/m}$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $18,61 \text{ mV/m}$ dir. 24 noktada yapılan elektrik alan ölçümlerin ortalama değeri $200,5804 \text{ mV/m}$ dir.

Şekil 4.20. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde manyetik alan şiddeti 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,7117 \text{ mA/m}$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $4,94 \times 10^{-2} \text{ mA/m}$ dir. 24 noktada yapılan manyetik alan ölçümlerin ortalama değeri $0,532 \text{ mA/m}$ dir.

Şekil 4.21. ve çizelge 4.7. de görüldüğü gibi, Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile GSM 2100 MHz (UMTS) frekansında 17.00-19.00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu 7. noktada en büyük ölçüm değerine sahip olup; $1,1045 \text{ mW/m}^2$ dir. 5. noktada en küçük ölçüm değerine sahip olup; $9,19 \times 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ dir. 24 noktada yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerin ortalama değeri $0,1571 \text{ mW/m}^2$ dir.

Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 24 farklı noktada GSM 900 downlink, GSM 900 uplink, GSM 1800 downlink, GSM 1800 uplink ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında yapılan ölçümlerin ortalama değerleri hesaplandığında sonuçlar aşağıdaki gibi değişmektedir.

GSM 900 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; $239,2339 \text{ mV/m}$ iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; $237,58 \text{ mV/m}$ dir.

GSM 900 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,6346 mA/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,6302 mA/m dir.

GSM 900 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,2799 mW/m² iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,2734 mW/m² dir.

GSM 900 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 9,5413 mV/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 8,9974 mV/m dir.

GSM 900 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; $2,53 \times 10^{-2}$ mA/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; $2,39 \times 10^{-2}$ mA/m dir.

GSM 900 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 7×10^{-4} mW/m² iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 4×10^{-4} mW/m² dir.

GSM 1800 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 82,3922 mV/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 32,4863 mV/m dir.

GSM 1800 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,2185 mA/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; $8,62 \times 10^{-2}$ mA/m dir.

GSM 1800 downlink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; $6,96 \times 10^{-2}$ mW/m² iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; $1,17 \times 10^{-2}$ mW/m² dir.

GSM 1800 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 136,0799 mV/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 181,4688 mV/m dir.

GSM 1800 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,361 mA/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,4813 mA/m dir.

GSM 1800 uplink frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,1139 mW/m² iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,1608 mW/m² dir.

GSM 2100 (UMTS) frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 203,39 mV/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan elektrik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 200,5804 mV/m dir.

GSM 2100 (UMTS) frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,5395 mA/m iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan manyetik alan şiddeti ölçümlerinin ortalama değeri; 0,532 mA/m dir.

GSM 2100 (UMTS) frekansında saat 10.00-12.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,15 mW/m² iken, saat 17.00-19.00 arasında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümlerinin ortalama değeri; 0,1571 mW/m² dir.

Sonuç olarak;

Atatürk Bulvarı boyunca yapılan ölçümlerde GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz (UMTS) download link (indirme) ölçümleri ile GSM 900MHz, GSM 1800 MHz up link (yükleme) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen E, H ve S değerlerinin tamamı BTK (2011), ICNIRP (1998) ve IEEE/FCC (2005) tarafından tanımlanan limit değerlerden çok küçük olduğu bulunmuştur. 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.

Cep telefonu kullanırken dikkat edilmesi gereken konular aşağıda verilmiştir:

- Cep telefonundan yayılan dalgaların şiddeti uzaklıkla azalmaktadır. Bu nedenle kablolu kulaklık kullanılması telefonun baş bölgesinden uzak tutulmasını sağladığından cep telefonlarının uzun kullanımından kaynaklanabilecek olası zararlı etkilerini azaltabilmektedir. Kulaklığın olmadığı durumda “hoparlör” modu tuşlanarak sesli görüşme yapılması tercih edilmelidir.
- Beden gelişimi henüz gençlik yıllarında olduğundan elektromanyetik dalgalara maruz kalan çocuklar ve gençlerdeki hassasiyet yetişkinlerden daha fazla olabilir. Bu nedenle çocuk ve gençlerin cep telefonu kullanımı hakkında bilinçlendirilmeleri gerekmektedir.
- Uzmanlar, cep telefonu kullanımında, bilimsel olarak kanıtlanmamış sağlık risklerini dikkate alarak, hamileler, gençler ve çocuklar (16 yaş altında) tarafından yaygın olarak kullanılan cep telefonları ile gereksiz arama yapılmasının önlenmesini tavsiye etmektedir. Cep telefonu kullanan hamilelere, çocuklara ve gençlere şunlar tavsiye edilmektedir;

a. Cep telefonları sadece gerekli hallerde kullanılmalıdır.

- b.** Çağrılar gereğinden fazla uzun tutmayınız, çünkü uzun süre konuşmak elektromanyetik dalgalara maruziyeti arttırmaktadır.
 - c.** Cep telefonunuzla konuşurken sürekli aynı kulağınızı kullanmamaya çalışınız.
 - Cep telefonu ile konuşmalar mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır ve daha çok kısa mesajlardan yararlanılmalıdır. Numara çevrildikten sonra hat bağlanıncaya kadar telefon vücuttan uzakta tutulmalıdır.
 - İlk arama anında cep telefonlarından nispeten daha yüksek güçte elektromanyetik dalga yayılacağından cep telefonunuza gelen arama olduğunda ya da sizin bir arama yapmanız durumunda bağlantı kurulduktan sonra kulağınıza cep telefonunuzu tutmanız daha az miktarda elektromanyetik alana maruz kalacağınızdan faydalı olacaktır.
 - Cep telefonu alınırken SAR değeri en düşük olan telefonlar tercih edilmelidir.
 - Cep telefonları olabildiğince vücuttan uzakta kullanılmalı ve bulundurulmalıdır. Özellikle kalp, beyin, böbrek gibi organlardan uzakta olması önerilmektedir.
 - Bebek odaları, yatak odaları ve çocukların yakınında cep telefonu bulundurulmamalıdır.
 - Uyurken cep telefonlarının kapatılması, kapatılmayacaksa başucundan en az 1 metre uzağa konulması önerilmektedir.
 - Cep telefonlarının hareketli araçlar içinde kullanılması ve taşınması önerilmemektedir. Araç içinde metal çeperlerden içeri yansıyan elektromanyetik alan şiddeti yolculara açık havadakinden daha fazla elektromanyetik dalga maruziyeti verebilmektedir.
- Ayrıca, sürekli değişen baz istasyonları ile iletişime geçmeye çalışan cep telefonu normalden çok daha fazla elektromanyetik dalga yayabilmektedir.
- Araç kullanırken cep telefonu veya araç telefonu kullanmak dikkati azaltmaktadır ve kazalara neden olabilmektedir. Bu nedenle araç güvenli bir yere çekildikten sonra telefonla konuşulmalıdır.
 - Özellikle yol koşullarının riskli olduğu yağışlı ve sisli havalarda dikkat dağılacığından cep telefonu kullanılmamalıdır.
 - Cep telefonlarının ürettiği elektromanyetik alanlar ya da dalgalar elektronik cihazlara zarar verebileceği için uçak ve benzer elektronik yapılara sahip olan araçlarda ya da yerlerde cep telefonu kullanılmamalıdır.

- Telefonun çekim sinyalinin en iyi aldığı (çektiğı) yerlerde konuşulmalıdır. Çünkü çekim sinyali düşük olan yerlerde arama yapılması ya da konuşulması durumunda telefonlar baz istasyonu ile bağlantıyı sürekli sağlayabilmek için daha fazla güç üretecek ve radyasyondan daha fazla etkilenmenize neden olacaktır (Anonim 6).



KAYNAKLAR

- Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J., 2008. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril.* 89(1), 124-8.
- 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.
- Aitken RJ., Bennetts LE., Sawyer D., Wiklend AM., Kibg BV., 2005. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *International Journal of Andrology*, 28(3): 171-179.
- 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-Balik 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.

- American National Standart Institute, IEEE C95.1-1991 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 2005. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz.
- Anttalainen T, 2003. Introduction to Telecommunications Network Engineering, 685 Canton Street Norwood, MA 02062, ISBN 1-58053-500-3.
- Aslan A., 2012. Düşük ve yüksek frekans elektromanyetik alanların kırık iyileşmesine etkileri, Kafkas Tıp Bilimleri Dergisi , 2(1): 34–42.
- Aysin M., 2014.Çocukluk Çağı Lösemileri İle Elektromanyetik Alan Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, p.76.
- Barth A., Winker R., Ponocny-Seliger E., Mayrhofer W., Ponocny I., Sauter C., Vana N., 2008. A meta-analysis for neurobehavioural effects due to electromagnetic field exposure emitted by GSM mobile phones. Occupational and Environmental Medicine, 65(5): 342-346.
- Belyaev I., 2005. Non-thermal biological effects of microwaves. Microw. Rev. 11, 13–29.
- Belyaev I.Y., Markovà E., Hillert L., Malmgren L.O., Persson B.R., 2009. Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/gamma- H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. Bioelectromagnetics, 30(2): 129- 141.
- 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.
- 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.

Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2012.

Bilim ve Teknik Dergisi, Ocak 2000.

Bilim ve Teknik Dergisi, Temmuz 2001.

Bormusov E., P. Andley U., Sharon N. et al., 2008. Non-thermal electromagnetic radiation damage to lens epithelium. The Open Ophthalmology Journal, 21(2): 102-106.

Burch J.B., Reif J.S., Noonan C.W., Ichinose T., Bachand A.M., Koleber T.L., Yost M.G., 2002. Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users. Int. J. Radiat. Biol. 78, 1029 1036.

Cevizli E., 2009. GSM iletişiminde RF radyasyon etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Kocaeli. 67s.

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.

de Seze R., Fabbro-Peray P., Miro L., 1998. GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. Bioelectromagnetics 19, 271–278.

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

Divan H.A., Kheifets L., Obel C., Olsen J., 2008. Prenatal and Postnatal Exposure to Cell Phone Use and Behavioral Problems in Children. Epidemiology,19(4): 523-529.

Divan H.A., Kheifets L., Obel C., Olsen J., 2010. Cell phone use and behavioural problems in young children. Journal Epidemiology and Community Health, 66(6): 524-529.

Djeridane Y., Touitou Y., de Seze R., 2008. Influence of electromagnetic fields emitted by GSM-900 cellular telephones on the circadian patterns of gonadal, adrenal and pituitary hormones in men. Radiat. Res. 169, 337–343.

- 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.
- European Environment Agency, 2013, European Union, Environment and human health, Joint EEA-JRC report, EEA Report No:5/2013, ISBN 978-92-9213-392-4.
- Federal Communications. News release safety guidelines for hand and cellular phones. 1999. Erişim tarihi 23 Ocak 2010. Erişim adresi URL: http://www.fcc.gov/Bureaus/Wireless/News_Releases/1999/nrwl19044.html.
- 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.
- Gürlek N., 2009. Cep telefonunun oluşturduğu manyetik alanın in vitro embriyo gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anatomi Anabilim Dalı, Kayseri. 50s.
- Harley, N. H., Harley, J.H., Sep/Oct 1990. Potential Lung Cancer Risk From Indoor Radon Exposure, Ca, A Cancer Journal for Clinician, 40, 5, 265-275.
- Heah, C., 1996. Electromagnetic Field Exposure and Cancer: A Review of Epidemiological Evidence, CA-A Cancer Journal For Clinicians, 46, 1, Jan-Feb, 29-44.
- Her Majesty the Queen in Right of Canada, represented by the Minister of Health, 2009. 300 GHz ile 3 kHz frekans aralığındaki radyofrekanslı elektromanyetik enerjiye maruz kalma limitleri. ISBN: 978-1-100-15662-0

- IARC (WHO), 2010. Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk, Basın Duyurusu No.200, 150 Cours Albert Thomas, 69372 Lyon CEDEX 08, France
- 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).
- IEEE, 2002. Electromagnetic Hypersensitivity, Eng. Med. Biol. Sept/Oct 173-175. <http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/Hypersensitivity.htm>, (02/07/2016’ da alındı).
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), 2011. SCI Review mobile phones, brain tumors and the interphone study: where are we now? Environ. Health Perspect. 119, 1534–1538.
- İlter Ş.M., 2012. GSM 900 ve GSM 1800 Radyasyonunun In Vitro ve Meyve Suyunda Çeşitli Mikroorganizmalar İle Antioksidan Özellikler Üzerine Etkileri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, s.82.
- İnce T., 2007. Elektromanyetik Kirlilik Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi p.84.
- İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (ICNIRP), 1996. Health Physics 70(4), 383-387.
- Karadağ T., Özdemir A.R., Abbasov T., 2014. Bir Üniversite Yerleşkesinde Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri Ve Kirlilik Haritaları, Pamukkale Üniv. Müh. Bilim. Dergisi 20(8):314-318. (EMANET 2, 2013 Özel Sayısı).
- Kavas A., Firengiz A., 2005. Cep telefonlarından yayınlanan elektromagnetik radyasyon ölçümleri ve maruz kalma standartlarının değerlendirilmesi, İletişim Teknolojileri Ulusal sempozyumu ITUSEM 17-19, 65-70, Kasım 2005, Adana, ISBN:975 395-9877.

- Kismali G., Ozgur E., Guler G., Akcay A., Sel T., Seyhan N., 2012. The influence of 1800 MHz GSM-like signals on blood chemistry and oxidative stress in non-pregnant and pregnant rabbits. *Int. J. Rad. Biol.* 88, 414–419.
- Kliukiene J., Tynes T., Andersen A., 2004. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *Am. J. Epidemiol.* 159, 852–861.
- 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.
- Krithika M., Vasantha S., 2013. İşgalci teknolojinin gençler ve genç yetişkinler arasında cep telefonu kullanımının etkisi. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(12):7259- 7265.
- Kwan-Hoong Ng, 2003. Non-Ionizing Radiations-Sources, Biological Effects, Emissions and Exposures. *Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN (ICNIR2003) Electromagnetic Fields and Our Health*, 20th– 22nd October 2003, 1-16p.
- Mavi B., 2004. Isparta'daki baz istasyonlarının çevresindeki radyasyonun ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı. Isparta. 46p.
- Milham, S. Jr., 1982. Mortality from Leukemia in Workers Exposed to Electrical and Magnetic Fields, *N. EnglJ. Med*, 307, 249.
- Mollaoğlu M., Fertelli T.K., Tuncay F.Ö., 2011. Cep Telefonu Kullanmanın Uyku Kalitesi Üzerine Etkisi, *Sağlık ve Toplum*, 21(2):34-40.
- Oulasvirta A., Rattenbury T., Lingyi M. and Raita E., 2011. Habits make smartphone use more pervasive, *Pers Ubiquit Comput*, DOI 10.1007/s00779-011-0412-2, 1-10p.
- Özel, G., 2013. Baz İstasyonlarının İnsanlar Üzerindeki Sağlık, Sosyal ve Psikolojik Etkileri Üzerine Bir Araştırma, İdari Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

- Poulletier de Gannes F., Billaudel B., E. Haro et al., 2012. Rat fertility and embryo fetal development: influence of exposure to the Wi- Fi signal. *Reprod. Toxicol.* 36C, 1–5.
- Regel S.J., Achermann P., 2011. Cognitive performance measures in bioelectromagnetic research–critical evaluation and recommendations. *Environmental Health*, 10(1):10.
- Seybold J.S., Introduction to RF Propagation, 2005. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 282-284. ISBN-13 978-0-471-65596-1.
- Sommer A.M., Grote K., Reinhardt T., Streckert J., Hansen V., Lerchl A., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiat. Res.* 171, 89–95.
- 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.
- Swerdlow A.J., Feychting M., Green A.C., Kheifets L., Savitz D.A., 2011. ICNIRP Yeniden Bilimsel İnceleme, Cep telefonları, Beyin Tümörleri ve dahili telefon Çalışması: Şimdi neredeyiz?, *Environ Health Perspect* 119(11),1534-1538.
- 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.
- Şeker, S., Çerezci, O., “Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri, Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri”, Boğaziçi Üni. Yayınları, İstanbul, 1991.
- Tacher, A.B.,1992. Principles and Paracüce of Environmental Medicine, Penum Medical Book Company, New York and London.

Thomée S., Härenstam A., Hagberg M., 2011. Mobile phone use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults-a prospective cohort study. BMC Public Health, 11: 66.

Thomée S., Härenstam A., Hagberg M., 2011. Mobile phone use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults-a prospective cohort study. BMC Public Health, 11: 66.

TÜBİTAK- BİLTEN, 2001

Uygunol O., Durduran S.S., 2009. GSM baz istasyonlarında elektromanyetik kirlilik haritalarının coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımıyla oluşturulması; Konya örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 1115, Ankara.1-7p.

Valentini E., Ferrara M., Presaghi F., et al., 2010. Systematic review and meta-analysis of psychomotor effects of mobile phone electromagnetic fields. Occupational Environmental Medicine, 67(10): 708-716.

Van Rongen E., Croft R., Juutilainen J. et al., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. Journal of Toxicology Environmental Health. Part B, Critical Reviews, 12(8): 572-597.

Wargo J., Taylor H.S., Alderman N., Wargo L., Bradley J.M., Addiss S., 2012. Environment and Human Health, INC., 1191 Ridge Road, North Haven, CT 06473

Wertheimer N and Leeper E., 1979, Electrical wiring configurations and childhood cancer. American Journal of Epidemiology. 109(3): 273–284.

WHO, 2006b. Environmental Health Criteria (series; e.g. monograph No. 238). [/www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/index.html](http://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, 31.05.2011.

http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf.

Woldanska-Okonska M., Karasek M., Czernicki J., 2004. The influence of chronic exposure to low frequency pulsating magnetic fields on concentrations of FSH, LH, prolactin, testosterone and estradiol in men with back pain. *Neuroendocrinol. Lett.* 25, 201–206.

Wrixon A.D., Barraclough I., Clark M.J., Ford J., Diesner-Kuepfer A., Blann B., 2004. Division of Radiation and Waste Safety. Radyasyon, İnsan ve Çevre, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, (IAEA). Printed by the IAEA in Austria, February 2004. IAEA/PI/A.75/04-00391.

Yapıcı K., 2007. GSM’ de Pazar büyüyor rekabet küçülüyor. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 430, 52-58.

Yu Y., Yao K., 2010. Non-thermal cellular effects of lowpower microwave radiation on the lens and lens epithelial cells. *The Journal of International Medical Research*, 38(3):729-736.

Yüksel M., Nazıroğlu M., Özkaya M.O., 2016. Long-term exposure to electromagnetic radiation from mobile phones and Wi-Fi devices decreases plasma prolactin, progesterone, and estrogen levels but increases uterine oxidative stress in pregnant rats and their offspring, *Endocrine* 52, 352–362.

Anonim 1: <http://www.ieee.org/oops.html>; (10.10.2015).

Anonim 2: <http://www.hc-sc.gc.ca/index-eng.php>; (28.06.2016).

Anonim 3: <https://www.google.com.tr/maps/@37.7592396,38.2762289,15z> (18.08.1015)

Anonim 4: <https://www.google.com.tr/maps/@37.7592396,38.2762289,2498m/data=!3m1!1e3>; (18.08.2015).

Anonim 5: <http://opensignal.com>; (20.08.2015).

Anonim 6: <http://kanser.gov.tr/Dosya/afis/CepTelefonu2015.pdf> ; (10.04.2016).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Şükrü KARADENİZ
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 12.01.1975 Besni / Adıyaman
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (505) 478 09 87
e-posta : karadenizsukru@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ/Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı	2016
Lisans	Selçuk Üniversitesi/Fizik Öğretmenliği	2001
Lise	Besni İmam Hatip Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002-2006	Savur / Mardin	Sınıf Öğretmenliği
2006-2007	Sincik / Adıyaman	Sınıf Öğretmenliği
2007-2008	Horasan / Erzurum	Fizik Öğretmenliği
2008-2014	Merkez / Adıyaman	Fizik Öğretmenliği
2014-2015	Besni / Adıyaman	Fizik Öğretmenliği
2015-2016	Besni / Adıyaman	Müdür Başyardımcılığı

Yabancı Dil

İngilizce

Bildiriler

1. Şükrü KARADENİZ, Ö. SÖĞÜT, Measurement Of Electromagnetic Field Strength In The Center Of Adıyaman Province, 9th International Physics Conference of the Balkan Physical Union 24-27 August 2015, İstanbul University, İstanbul