

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMSUN İLİNDEKİ HASTANELERDE KISA VE UZUN SÜRELİ
ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Tülay AYGÜN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Tülay AYGÜN tarafından hazırlanan “Samsun İlindeki Hastanelerde Kısa ve Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri ve Değerlendirilmeler” adlı tez çalışması 21/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr.Öğr.Üyesi Çetin KURNAZ
Elektrik –Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Doç.Dr. Levent SEYFİ
Konya Teknik Üniversitesi
Elektrik–Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Dr.Öğr.Üyesi Çetin KURNAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Elektrik–Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Dr.Öğr.Üyesi Begüm KORUNUR ENGİZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Elektrik–Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım./....../2019

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.



/2019

Tülay AYGÜN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAMSUN İLİNDEKİ HASTANELERDE KISA VE UZUN SÜRELİ ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Tülay AYGÜN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Çetin KURNAZ

Günümüzde bilim ve teknolojiye gelişmelere birlikte hayatlarımıza kolaylık sağlayarak, yaşamımızda kalıcı olarak yer edinen her türlü elektrikli cihazlar, sağladıkları birçok faydanın yanında zararlı etkilere de sahiptirler. Bu cihazların içinde kullanımı her geçen gün artan kablosuz sistemler etraflarında elektromanyetik alana neden olmakta ve çevresindeki canlıları etkilemektedir. Kablosuz sistemler ile birlikte, teşhis ve tedavi amaçlı pek çok medikal cihaz hastane ortamlarında yoğunlukla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada hastane ortamında hasta ve personelin istemli veya istemsiz olarak maruz kaldıkları elektromanyetik alan değerlerini belirlemek için; Samsun ilinde bulunan 21 devlet hastanesinde ölçümler yapılmıştır. Kısa süreli, uzun süreli ve bant seçici elektrik alan şiddeti seviyesini belirlemek üzere üç aşamada gerçekleştirilen ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen güvenlik amaçlı limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler 15/01/2018 ile 15/05/2018 tarihleri arasında, kısa ve uzun süreli elektrik alan şiddeti ölçümleri için PMM 8053, bant seçici elektrik alan şiddeti ölçümleri için ise SRM-3006 kullanılarak yapılmıştır.

Kısa süreli ölçümlerde elde edilen en yüksek elektrik alan (E) değeri 8.01 V/m, en yüksek ortalama E değeri ise 2.12 V/m olarak kaydedilmiştir. Uzun süreli ölçümlerde en yüksek E değeri 3.11 V/m, en yüksek ortalama E değeri ise 2.29 V/m olarak elde edilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, Samsun'da bulunan hastanelerdeki elektrik alan şiddeti seviyesinin Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Korunma Komisyonu (ICNIRP) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından belirlenen limit değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ortamdaki toplam elektrik alan şiddetini oluşturan temel kaynaklar hastane içi veya çevrelerinde yerleşen baz istasyonlarıdır. Baz istasyonlarının toplam elektrik alan şiddetine katkısı %92.5 gibi çok yüksek bir orandır. Bu orana en fazla katkıyı veren LTE 800, GSM 900, GSM 1800, LTE 1800 ve UMTS 2100 servislerini kullanan baz istasyonlarıdır. Bunların içinde ise en yüksek oran %40.42 ile UMTS 2100 frekans bandını kullanan baz istasyonlarına aittir.

Çalışmanın son aşamasında tüm ölçüm sonuçları ölçekli renk haritasına aktarılmıştır. Bu haritaların kullanımıyla E seviyesini limit değerlerin altında tutmak için öncelikle önlem alınması gereken hastaneler kolaylıkla belirlenebilir ve E

seviyelerinin gelecekte alabileceği değerler için öngörü sağlanabilir. Kablosuz sistemlerin her geçen gün hayatımızda daha fazla yer etmesi, hastanede kullanılan teŗhis ve tedavi amaçlı cihazlar ile kablosuz cihazların kullanımının artması da dŗnldđnde hastane ortamında benzer ölçümlerin periyodik olarak yapılması önerilir.

Ocak 2019, 78 sayfa

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Alan, GSM, 3G, 4G, Tıbbi Cihazlar, PMM 8053, Narda SRM 3006, Spektrum Analizörü.



ABSTRACT

Master's Thesis

SHORT AND LONG TERM ELEKTROMAGNETIC FIELD MEASUREMENTS AND EVALUATIONS IN HOSPITALS IN SAMSUN PROVINCE

Tülay AYGÜN

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Çetin KURNAZ

Nowadays, with developments in science and technology all kinds of electrical devices that have an important role in our lives by providing convenience, have many benefits besides harmful effects. The increasing use of wireless systems in these devices causes electromagnetic fields around them and affects the living things. In addition to wireless systems, many medical devices for diagnosis and treatment are used in hospital environments.

In this study, in order to determine the electromagnetic field strength which the patients and staff are exposed in the hospital environment, electric field strength (E) measurements were conducted in 21 public hospitals in Samsun. Electric field strength measurements were made in three stages; short-term, long-term and band-selective electric field strength level, and then the measurement results were compared with the safety limit values determined by national and international organizations. Measurements were made between 15/01/2018 and 15/05/2018 with PMM-8053 for short and long term electric field strength measurements and with SRM-3006 for band selective electric field strength measurements.

The highest E value obtained for short-term measurements was 8.01 V/m and the highest average E value was 2.12 V/m. For long term measurements, the highest E value was 3.11 V/m and the highest average E value was 2.29 V/m. It is seen from the measurement results that the electrical field strength level in hospitals in Samsun is below the limit values determined by the Information Technologies and Communication Authority (ICTA), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and International Electrotechnical Commission (IEC). The main sources with the contribution to the total electric field strength in the environment are the base stations located inside or outside of the hospital. The contribution of base stations to total electric field strength is very high as 92.5%. Base stations which use LTE 800, GSM 900, GSM 1800, LTE 1800 and UMTS 2100 services made the most contribution to this ratio. Among these, the highest rate is 40.42% for base stations using the UMTS 2100 frequency band.

At the last stage of the study, all measurement results are transferred on scaled color maps. With the use of these maps, the hospitals which need to be taken precautions to keep the E level below the limit values can be easily determined and predictions can be provided for the future values of the E levels. It is recommended

that similar electric field strength level measurements be made periodically in the hospital considering that wireless systems take more place in our lives each passing day and the increased use of wireless devices and devices for diagnosis and treatment.

January 2019, 78 pages

Key Words: Electromagnetic field, GSM, 3G, 4G, Medical Devices, PMM-8053, Narda SRM-3006, Spectrum Analyzer.



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca yardımcı olan ve yüksek lisansımı bitim aşamasına getirmem konusunda her türlü desteğini esirgemeyen danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Çetin Kurnaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getirmek için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve beni her zaman destekleyen annem Gönül Turgut ve babam Dursun Turgut'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başlamam için beni cesaretlendiren ve bu süreçte her zaman yanımda olan kıymetli eşim Hasan Semih Aygün'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca bugüne kadar yapmış olduğum her türlü çalışma ve vermiş olduğum her türlü kararda desteğini esirgemeyen kayınvalidem Ayşe Sibel Aygün'e, kayınpederim Necmettin Aygün'e ve kardeşlerime çok teşekkür ederim.

Çalışma süresinde, hastanelerde gerekli ölçümleri alma konusunda her türlü yardımı gösteren Samsun İl Sağlık Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Ölçümler için SRM-3006 cihazını bize ödünç veren BTK Samsun Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, PYO. MUH.1904.17.017 nolu Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmektedir.

Ocak 2019, Samsun

Tülay Aygün

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Kaynak Özetleri.....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	9
2.1.Elektrik Alan.....	9
2.2.Manyetik alan.....	9
2.3.Elektromanyetik Dalgalar.....	11
2.4. Elektromanyetik Spektrum.....	11
2.4.1. İyonlaştırıcı radyasyon.....	12
2.4.2. İyonlaştırmayan radyasyon.....	14
2.5. Elektromanyetik Radyasyon.....	16
2.6. Elektromanyetik Radyasyon Kaynakları.....	18
2.6.1. Cep telefonları.....	18
2.6.2. Baz istasyonları.....	20
2.6.3. TV ve radyo vericileri.....	21
2.6.4. Yüksek gerilim hatları.....	22
2.7. Uluslararası Standartlar ve Limit Değerleri.....	23
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Ölçüm Cihazları.....	27
3.1.1. PMM 8053.....	27
3.1.2. SRM-3006.....	28
3.1.3. RF Explorer Combo 6G.....	29
3.2. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri.....	29
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Kısa Süreli Elektromanyetik Alan Şiddeti Ölçümleri.....	34
4.2. Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Şiddeti Ölçümleri.....	37
4.3. Bant Seçici Ölçümler.....	48
4.4. Spektrum Analizörü Ölçümleri.....	53
4.5. Elektrik Alan Şiddeti Değerlerinin Harita Üzerine Aktarılması.....	56
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

A/m	Amper/metre
dB	Desibel
dB μ V/m	Desibelmikrovolt/metre
E	Elektrik Alan Şiddeti
E _{ort}	Ortalama Elektrik Alan Şiddeti
E _{max}	Maksimum Elektrik Alan Şiddeti
F	Frekans
G	Gauss
GHz	Gigahertz
H1	1 nolu konumdaki hastane
H2	2 nolu konumdaki hastane
H7	7 nolu konumdaki hastane
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
m	Metre
μ T	Mikrotesla
mG	Miligauss
mT	Militesla
nm	Nanometre
nT	Nanotesla
V	Volt
V/m	Volt/metre
THz	Terahertz
T	Tesla
W/m ²	Watt/metrekare

KISALTMALAR

BTK	Bilgi ve Teknoloji Kurumu
BDF	Birlikli Dağılım Fonksiyonu
EKG	Elektrokardiyografi
EMA	Elektromanyetik Alan
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
GSM	Global System for Mobile Communications/ Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
IARC	International Agency For Research On Cancer/ Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
ICNIRP	International Commission on Non-ionizing Radiation Protection/ Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Korunma Komisyonu
IEC	International Electrotechnical Commission /Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers/Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü

ILO	International Labour Organization /Dünya Çalışma Örgütü
LTE	Long Term Evolution/Uzun Süreçli Evrim
NCRP	National Council on Radiation Protection/Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi
RF	Radyo Frekansı
SAR	Specific Absorption Rate/Özgül Emilim Oranı
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System/Evrensel Mobil İletişim Sistemi
WHO	World Health Organization/Dünya Sağlık Örgütü



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Bir ve birden fazla yükün oluşturduğu elektrik alan çizgileri.....	9
Şekil 2.2.	Bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan.....	10
Şekil 2.3.	Elektromanyetik dalga bileşenleri.....	11
Şekil 2.4.	Elektromanyetik spektrum gösterimi.....	12
Şekil 2.5.	İyonlaştırıcı radyasyonun giriciliği.....	14
Şekil 2.6.	Elektromanyetik radyasyon kaynakları.....	18
Şekil 2.7.	Cep telefon kullanımı sonucu ısı artışı gösterimi.....	19
Şekil 2.8.	Baz istasyonlarının çalışma prensibi.....	20
Şekil 2.9.	Baz istasyonunun hücre yapısı.....	20
Şekil 2.10.	Baca görünümlü bir baz istasyonu.....	21
Şekil 2.11.	TRT vericileri.....	22
Şekil 2.12.	Yüksek gerilim hatları.....	23
Şekil 3.1.	PMM 8053 cihazı.....	27
Şekil 3.2.	SRM 3006 cihazı.....	28
Şekil 3.3.	RF Explorer Combo 6G cihazı.....	29
Şekil 3.4.	EMA ölçüm konumları.....	30
Şekil 3.5.	PMM 8053 ile kısa süreli ölçüm örneği.....	32
Şekil 3.6.	PMM 8053 ile uzun süreli ölçüm örneği.....	32
Şekil 3.7.	SRM 3006 cihazı ile bant seçici ölçüm örneği.....	33
Şekil 4.1.	H1’de yapılan kısa süreli ölçümler.....	34
Şekil 4.2.	Kısa süreli ölçümlerde E_{max} değerlerinin değişimi.....	36
Şekil 4.3.	Kısa süreli ölçümlerde E_{ort} değerlerinin değişimi.....	36
Şekil 4.4.	Kısa süreli ölçümlerde E_{max} ve E_{ort} değerlerinin değişimi.....	37
Şekil 4.5.	H1’de yapılan uzun süreli ölçüm.....	38
Şekil 4.6.	H1 için 24 saat süresince E ’nin 6 dakikalık ortalamalı değişimi.....	39
Şekil 4.7.	Uzun süreli ölçümlerde E_{max} değerlerinin değişimi.....	41
Şekil 4.8.	Uzun süreli ölçümlerde E_{ort} değerlerinin değişimi.....	41
Şekil 4.9.	Uzun süreli ölçümlerde E_{max} ve E_{ort} değerlerinin değişimi.....	42
Şekil 4.10.	21 hastane için 24 saatlik E ’nin değişimi.....	43
Şekil 4.11.	Hastane içindeki E değerlerinin birikimli dağılım fonksiyonu.....	44
Şekil 4.12.	a)15 sn, b) 6 dakika, c)1 saat aralıklı E değerleri için korelasyon analizleri.....	46
Şekil 4.13.	Günün belirli aralıkları için ortalama E değerleri.....	47
Şekil 4.14.	H1 konumunda yapılan bant seçici ölçümün spektrum görüntüsü.....	50
Şekil 4.15.	H1 konumunda yapılan bant seçici ölçümün pasta grafiği.....	50
Şekil 4.16.	Konumlara göre bant seçici E değerleri.....	51
Şekil 4.17.	21 Hastanede ölçülen bant seçici E değerlerinin pasta grafiği.....	53
Şekil 4.18.	RF Explorer Combo 6G cihazı ile frekans spektrumunun incelenmesi.....	54
Şekil 4.19.	Frekans spektrumunun zamanla değişiminin incelenmesi.....	55
Şekil 4.20.	Kısa süreli EMA ölçümleri için E_{max} haritaları.....	57
Şekil 4.21.	Kısa süreli EMA ölçümleri için E_{ort} haritaları.....	58
Şekil 4.22.	Uzun süreli EMA ölçümleri için E_{max} haritaları.....	59
Şekil 4.23.	Uzun süreli EMA ölçümleri için E_{ort} haritaları.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Bazı elektrikli cihazların elektrik alan şiddeti.....	17
Çizelge 2.2.	Bazı elektrikli cihazların manyetik alan şiddeti.....	17
Çizelge 2.3.	ICNIRP limit değerleri (ICNIRP,1998).....	24
Çizelge 2.4.	Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler.....	25
Çizelge 2.5.	Hücresel sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri.....	26
Çizelge 3.1.	Ölçüm yapılan 21 hastane.....	31
Çizelge 4.1.	Kısa süreli ölçüm değerleri.....	35
Çizelge 4.2.	Uzun süreli ölçüm değerleri.....	40
Çizelge 4.3.	Ortalama E değerleri için hastaneler arasındaki korelasyon katsayıları.....	45
Çizelge 4.4.	H1 konumunda bant seçici kaynakların katkıları.....	48
Çizelge 4.5.	Bant seçici kaynakların ölçülen E değerleri üzerindeki katkıları.....	52

1.GİRİŞ

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimi ile birlikte elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaktadır. Bütün elektrikli cihazlar güçleri oranında çeşitli frekans bantlarında elektromanyetik alan oluştururlar. Bu elektromanyetik alanı oluşturan kaynaklar cep telefonları, televizyon, bilgisayar, mikrodalga, mutfak robotları, radyo gibi gündelik hayatımızda kullandığımız cihazlardır. Böylece insanlar da gündelik olarak bu elektromanyetik alana maruz kalmaktadır. Elektromanyetik alanın oluşturduğu kirlilik gözle görülmediğinden, etkileri tam olarak bilinemediği ve hemen ortaya çıkmadığı için diğer çevre kirliliklerinin aksine yeteri kadar önem verilmemektedir (Türkkan, 2012).

Elektromanyetik kirliliğin insan sağlığı üzerinde etkileri ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Ancak etkileri tam olarak belirlenememiş olup, olası birçok etki üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışma sonuçları elektromanyetik alanın insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili bir kesinlik ifade edemese de Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Korunma Komisyonu (International Commision on Non-ionizing Radiation Protection, ICNIRP) bu konuda bazı uluslararası standartlar ve limit değerleri getirmiştir.

Bu çalışmada Samsun ilinde bulunan hastanelerde elektromanyetik kirlilik seviyesini belirlemek için ölçümler yapılmış ve belirlenen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Hastane içinde kullanılan elektrikli cihazların, monitörlerin, internetin, cep telefonlarının ve hastane dışında bulunan yüksek gerilim hatlarının, baz istasyonlarının yaydığı elektromanyetik alanın bu hastanelerdeki personel ve hastaların sağlığı açısından tespiti önem arz etmiştir. Bu nedenle Samsun ilinde bulunan 21 hastanede kısa ve uzun süreli elektromanyetik alan ölçümler ile bu alanı yaratan kaynakları bulmak için bant seçici ölçümler yapılmıştır.

1.1. Kaynak Özetleri

Elektromanyetik radyasyon ile ilgili birçok araştırma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte elde edilmiş verilerin güncellenmesi ve yeni araştırmaların yapılması gerekliliği doğmuştur.

İlk araştırmalar 30 yıl öncesine dayanmaktadır. 1971’de yapılan araştırmada 14kHz’den 1GHz’e kadar elektromanyetik ortam değerlendirilmektedir ve hastanelerde kullanılan cihazlar için dar bant ve geniş bant emisyonları için ilk emisyon limitleri tavsiye edilmektedir (Frank ve Lodner, 1971).

Montreal şehrinde Jewish General Hastanesi’nde tek kişilik ve tek pencereli odada EMCO anteni ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Vlach vd, 1995). Ölçümler 24 saatlik ve 3 frekans aralığında yapılmıştır. Bu frekans aralıkları; ticari ve polis servisi bandı (148-174MHz), arazi mobil UHF bandı (425-480MHz) ve taşınabilir telefonun mobil cihaz grubunu (825-850MHz) kapsar. Alınan ölçümler her saniye bilgisayar tarafından kaydedilirken spektrum analizörü tarafından da Labview’da görüntülenmiştir. Sonuçlara göre değerler genel olarak 85 dB μ V/m’nin altında kalmıştır.

Altı yıl sonra ISM bandındaki (2.4 GHz) elektromanyetik alanlar değerlendirilmiştir (Krishnamoorthy vd, 2003).

2016’da yapılan çalışmada iki farklı hastanede yüksek ve düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ölçülmüş ve sonuçları değerlendirilmiştir (Çerezci ve Yener, 2016). Ölçümler için PMM 8053 ve NMB 550 cihazları ile Advantest 9kHz-3GHz ile SRM-3006 spektrum analizörü kullanılmıştır. Düşük frekans ölçümlerde Holaday HI3604 model 30Hz-2000Hz alan ölçer kullanılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı iki sağlık kuruluşunda radyoloji, anjio, ultrason ve hastanelerin diğer iç ve dış mekan ortamlarında yapılan elektromanyetik alan etkilenimi ölçüm ve değerlendirmeleri sonucunda, düşük ve yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon (Electromagnetic Radiation, EMR) yoğunluğunun ulusal ve uluslararası limitlere göre düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

(Çerezci ve Çitkaya, 2014) bir hastanede elektromanyetik ölçüm çalışması yapmışlardır. Geniş bant yüksek frekans ölçümleri için PMM 8053 ve frekans seçici ölçümler için Advantest 9kHz–3GHz spektrum analizörü kullanılmıştır. Holaday HI3604 cihazı ise düşük frekanslı ölçümler için kullanılmıştır. Yapılan gözlemlere göre elde edilen değerler ICNIRP’ın limit değerlerini aşmamaktadır. Yalnızca hastane çevresinde bulunan yüksek gerilim hatlarından kaynaklanan elektromanyetik alan değerlerinin güvenlik limitlerini aştığı tespit edilmiş ve insanların ordan uzak tutulması için çit örülmesi tavsiye edilmiştir.

2015'teki çalışmada Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi'nde, 100kHz-3GHz frekans aralığındaki elektromanyetik alan kaynaklarının hastane yerleşkesindeki seviyelerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir (Atavd, 2015). Bu çalışmada Lutron EMF-839-3GHz üç eksen RF elektromanyetik alan ölçer cihazı kullanılmıştır. En yüksek elektromanyetik alan değeri 7.58 V/m, en düşük ise 1.20 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçülen diğer elektrik alan değerlerinin yaklaşık %80'lik kısmı 1-3 V/m aralığında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen elektromanyetik alan (Elektromagnetic Field, EMA) seviyesi değerleri hastane içerisindeki yüksek frekansta çalışan sistemlerden kaynaklanmaktadır. Bu ölçümlere göre ulusal ve uluslararası standartların üzerinde herhangi bir değer ölçülmemiştir.

Samsun'da bulunan bir alışveriş merkezinde 100kHz-3GHz frekans bandında kısa ve uzun süreli elektromanyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Kurnaz ve Engiz, 2016). Ölçümler sabit bir konumda 24 saat süresince ve her katta dolaşarak sabah/akşam saatlerinde alınmıştır. 100kHz-3GHz frekans aralığındaki ölçümler için EP-330 izotropik elektrik alan problu PMM 8053, bant seçici ölçümler için 3501/03 izotropik elektrik alan problu SRM-3006 cihazı kullanılmıştır. En yüksek E değeri 7.81 V/m, ortalama E değeri 0.5169 V/m olarak ölçülmüştür. Kullanıcı sayısının yoğun olduğu akşam saatlerinde E değerinde %82'lere varan bir artış olmuştur. Bant seçici ölçümler sonucu elde edilen bilgilere göre elektromanyetik kirliliğin temel nedeni %65.64 oran ile 2100MHz frekans bandını kullanan 3G baz istasyonlarıdır.

Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü ve tıp fakültesi hastanesinde 2013-2015 yılları arasında 60 farklı noktada, farklı zamanlarda PMM 8053 ve SRM-3006 cihazı ile toplam 840 adet kısa ve uzun süreli ölçümler gerçekleştirilmiştir (Kurnaz, 2018). Ölçülen en yüksek E değeri olan 4.20 V/m gün ortasında kampüste elde edilmiştir. Kullanıcı sayısındaki değişimin E değerini etkilediği görülmüştür. Öğrencilerin kampüsten ayrılmalarından sonra E değerinde düşüşler olmuştur. Daha sonra yapılan bant seçici ölçümler sonucunda ise en büyük kaynağın UMTS 2100 frekans bandını kullanan baz istasyonlarının olduğu görülmüştür.

Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde iki farklı günde ve 100 farklı konumda PMM 8053 ölçüm cihazı kullanılarak EMR ölçümleri yapılmıştır (Kurnaz ve Aygün, 2018). Ölçüm konumları belirlenirken daha çok baz istasyonu, TRT vericilerinin olduğu konumlar ve nüfusun yoğun olduğu bölgeler seçilmiştir. ICNIRP ve BTK yönetmeliğine göre her konumda 6 dakikalık ölçümler alınmış ve bu ölçümlerde en

yüksek elektrik alan şiddeti 7.84 V/m, en yüksek ortalama elektrik alan şiddeti ise 2.61 V/m olarak ölçülmüştür. Elde edilen değerlerin sadece %3.5'inin 2-3 V/m arasında, %72.5'inin ise 1 V/m'nin altında olduğu belirlenmiştir.

Manisa şehir merkezinde Drive Test Yöntemiyle 100kHz-3GHz frekans aralığında elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır (Ata vd, 2016). Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde Lutron EMF-839-3GHz üç eksen RF elektromanyetik alan ölçer cihazı ile ölçümler alınmıştır. Gece ve gündüz olarak yaklaşık 3200 farklı ölçüm yapılmıştır. Aracın ortalama hızı 30 km/saat olarak sabit tutulmuştur. Ölçüm sonuçlarından elde edilen en yüksek değer 4.56 V/m, ortalama değer ise 1.86 V/m'dir. Ölçümlerin %68'i 1-2 V/m arasında iken, en büyük ölçüm değeri olan 4-5 V/m yapılan ölçümlerin %9'unu oluşturmaktadır. Elde edilen değerler ICNIRP'nin limit değerleri ile karşılaştırıldığında ölçüm sonuçlarının etkilenim sınırlarının altında olduğu tespit edilmiştir.

İspanya ve Kolombiya'da bulunan toplam üç hastanede elektromanyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Gutiérrez vd, 2014). İlk önce hastane çalışanlarının bu konu hakkındaki bilgileri araştırılmıştır. Daha sonra düşük ve yüksek frekanslı ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre hastanelerin bazı bölümlerinde manyetik alan değerlerinin Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission, IEC) standardını aştığı görülmüştür. Araştırma sonucu olarak standartlara çok dikkat edilmediği ve personelin de bu konuda çok bilinçli olmadığı anlaşılmıştır.

Ordu ilinin Ünye ilçesinde 47 farklı noktada elektromanyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir (Kurnaz ve Bozkurt, 2016). Bu ölçümlerin ikisi 4G sisteminin yerleştirilmesinden önce, ikisi de yerleştirilmesinden sonra yapılmıştır. Ölçüm cihazı olarak PMM 8053 kullanılmıştır. 47 farklı noktada kısa süreli ölçümler ve belirlenen bir noktada 24 saatlik uzun süreli ölçüm yapılmıştır. Toplamda yapılan 189 ölçüm sonucunda en yüksek E değeri 4.52 V/m olarak ölçülmüştür. Uzun süreli ölçümde ise maksimum elektrik alan şiddeti (E_{max}) değeri 2.34 V/m olarak ölçülmüştür. Ortalama E_{max} değeri 4G sisteminden öncesinde 1.155 V/m iken 4G sonrasında %9'luk bir artış göstererek 1.26 V/m olmuştur. Böylece baz istasyonu kullanım yoğunluğunun zamanla E seviyelerinde önemli değişikliklere neden olduğu ölçümlerden çıkarılabilir.

Oklahoma'daki St. Francis Hastanesi'nde 30MHz-7GHz arası elektromanyetik alan ölçümü gerçekleştirmiştir (LaSorte vd, 2009). Ölçüm yerleri arasında X-Ray odası ve MRT odası da bulunmaktadır. Ölçümler Hewlett Packard 8653A ve Agilent 87405C cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Her noktada ölçüm 12 dakika sürmüştür. Elde edilen sonuçlara göre IEC standartlarını (3V/m) aşmadığı görülmüştür.

Zürich Üniversite Hastanesi'nde uzun ve kısa süreli olarak 60 noktada elektromanyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Lauer vd, 2008). Kısa süreli ölçümlerde Rohde&Schwarz FSQ SA, uzun süreli ölçümlerde ise FSP SA cihazları kullanılmıştır. Kısa süreli ölçümlerde yüksek değerleri gözden kaçırmamak amacıyla 3 farklı yerde 24 saatlik olmak üzere 20MHz-6GHz frekans aralığında uzun süreli ölçümler yapılmıştır. Uzun süreli ölçüm noktaları için elektrikli cihazların sayıca daha fazla bulunduğu acil, nörolojik yoğun bakım ünitesi ve ameliyathane seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 3 durumda da IEC'nin belirlediği bağışıklık seviyesinden yüksek değerler çıktığı gözlemlenmiştir.

Valle del Lili Vakıf Kliniği'nde yüksek frekanslı elektromanyetik ölçüm gerçekleştirilmiştir (Escobar ve Cadavid, 2010). Hastanenin 7 farklı bölümünde EMR-300 cihazı ile ölçüm yapmışlardır. Yaptıkları ölçüm sonucunda IEC'nin belirlediği değerin aşılmadığını tespit etmişlerdir. Çıkan en yüksek değer 1.27 V/m, bulaşıcı hastalık testlerinin yapıldığı çok sayıda malzemenin bulunduğu küçük bir odada ölçülmüştür.

Malatya'da bulunan Turgut Özal Tıp Merkezi'nde elektromanyetik ölçüm çalışması yapılmıştır (Karadağ vd, 2014). Tıp merkezinin içinde ve dışında, günün farklı zamanlarında 100kHz-8GHz, GSM ve 3G frekanslarındaki elektromanyetik alanı takip etmek amacıyla sürekli EMA ölçüm istasyonu olan 2 adet Wavecontrol MonitEM kullanılmıştır. Tıp merkezinin çevresinden yüksek güç iletim hattına doğru sürekli EMA ölçümü için Narda EHP-50D cihazı kullanılmıştır. Aynı zamanda 10Hz-3KHz, 100kHz-8GHz, GSM ve 3G frekanslarındaki elektromanyetik alan ölçümü için Wavecontrol SMP Metre elektromanyetik alan ölçüm cihazı da kullanılmıştır. Kaynak frekansları Aaronia Spectran HF-60105 ile ölçülmüştür. Yüksek EMA değerlerinin merkezin dışından değil içinde bulunan yüksek frekansla çalışan sistemlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tıp merkezinin içinde ve dışında yapılan ölçümlere göre EMA değerleri ulusal ve uluslararası standartların altında kaldığı görülmüştür.

Bir üniversite hastanesinde yapılan elektromanyetik araştırmada manyetik alan ölçümü için 30Hz-400kHz frekans aralığını ölçen Narda ELT-400 cihazı kullanılmıştır (Sankari vd, 2016). Manyetik alan değerleri 0.23 μ T-3.00 μ T arasında değişmiştir.

Bir hastanede elektrocerrahi ünitesi, endoskopi ekipmanı, ultrason ekipmanı ve telemetri cihazlarında gerçekleştirilen ölçümlerde limit değerlerin aşılmadığı görülmüştür (Lee ve Kim, 2015). Cihazlar arası girişimi araştırmak amacıyla AP sistem ve hasta monitörü ayarlanmıştır. AP sistemden yüksek çıkış sinyali verilmiştir ve sonuç olarak hasta monitöründe “sinyal yok” veya “zayıf sinyal” elde edilmiştir. Bu çalışma ile hastanede bulunan medikal cihazlarda elektromanyetik girişim olabileceği görülmüştür ve hastane yöneticisinin önlem alması gerektiği önerilmiştir.

9 Eylül Üniversitesi’nde en riskli yerlerinden biri olan yoğun bakım ünitesinde elektromanyetik alan çalışması yapılmıştır (Gökmen vd, 2016). Yoğun bakım ünitesindeki ölçümler bant seçici cihaz olan SRM-3006 ile gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler 47MHz ile 2.5GHz arasında değişen 17 frekans aralığını göstermektedir. Ölçüm noktaları bir kişinin maruz kalabileceği en yüksek seviyeleri gösterecek şekilde seçilmiştir. Bulunan verilere göre maksimum güvenlik limiti aşılmamıştır.

2014’te bir şehir hastanesinde yapılan çalışmada 3. nesil cep telefonlarının medikal cihazlar ile elektromanyetik girişimi araştırılmıştır (Ishihara vd, 2014). Daha yaygın oldukları için Uzun Süreli Evrim (LTE), Yüksek Hızlı Paket Erişimi (HSPA) ve Geniş Bant Kod Bölmeli Çoklu Erişim (W-CDMA) aktarım yöntemi olarak seçilmiştir. Araştırmada çoğu ameliyathane ve yoğun bakım ünitesinde bulunan 32 medikal cihaz kullanılmıştır. Telefonun arkasından güçlü radyo dalgaları yayıldığı için cep telefonun arkası medikal cihaza yaslanmıştır. Girişimler ve girişimin kaybolduğu mesafe tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlara göre 32 cihazdan 12 tanesinde girişim oluşmuştur. Girişimin kaybolduğu en uzak mesafe ise 80 cm olarak ölçülmüştür.

2017’de yapılan bir çalışmaya göre elde edilen sonuçlara ve risk analizlerine bakıldığında hastanelerde telsiz kullanımı aşırı emisyonu neden olmadığından hastanede kullanılmasında sıkıntı bulunmamıştır. Konuşmak için düğmeye basmak emisyonu devreye sokar. Sadece bu durumda olası elektromanyetik girişim oluşabilir. Elektromanyetik girişimi önlemek için 1 metrelik bir mesafe tavsiye edilir. Cep telefonunun çoğu durumda herhangi bir parazite neden olmadığı görülmüştür. Wi-Fi ve Bluetooth cihazlar bazen yeni medikal cihazlara entegre edilir ancak çok düşük

girişim riski nedeniyle, cihazlar için belirli bir politika gerekmediği belirtilmiştir (Jeunink, 2017).

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi merkez laboratuvarlarında, 16 farklı tıbbi cihazın hemen yanında sağlık çalışanlarının maruz kalabilecekleri manyetik alan değerlerinin belirlenmesi amacı ile manyetik alan ölçümü yapılmıştır (Özen vd, 2014). Ölçümlerde, HIOKI 3470 Manyetik Alan Hitester cihazları ve Narda Genişbant Alan Metre NBM-550 marka elektrik alan cihazı kullanılmıştır. 1.5 μ T'ya kadar manyetik alan şiddetleri ölçülebilmektedir. Sağlık personelinin yaklaşık 8 saat mesai yaptığı bu masada maruz kalınan manyetik alan değeri 0.4 μ T'den daha büyük olarak ölçülmüştür. Sağlık tesislerinin projelendirme aşamasında manyetik alan seviyelerinin cihazın test ve üretimi aşamasında belirlenmesi, manyetik alan seviyelerinin simüle edilmesi ve sağlık çalışanlarına manyetik alan güvenliği konusunda eğitim verilmesi önerilmiştir.

2007'de Japonya'da bulunan bir hastanede elektrik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Hanada, 2007). Hastane 56 m yüksekliğinde olup Fukuoka Uluslararası Havalimanına sadece 3.2 km mesafededir. Ölçüm cihazları olarak bikonik anten, log periyodik anten ve bir spektrum analizörü kullanılmıştır. Ölçüm frekans aralığı 30MHz ve 3GHz olarak ayarlamıştır. 6 hafta sonra ölçüm sonuçlarını doğrulamak amacıyla ilk ölçümde en yüksek değerin kaydedildiği 11.katta tekrar ölçüm yapılmıştır. 2. ölçümde frekans aralığı 300MHz-3GHz olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında yükseklik arttıkça hastaneye gelen radyo dalga sayısında artış gözlemlenmiştir. Elde edilen maksimum değer 5.01 V/m'dir. Yapılan araştırmaya göre hastaneye iletilen radyo dalgalarının kaynağının Fukuoka Havalimanı olduğu görülmüştür.

2010'da yapılan bir araştırmada kablosuz sensörlerin hastaları taşımak için gereken zamanı ve personeli önemli ölçüde azaltacağı, acil tedavi için erişilebilirliği artıracığı ve hayati veri izlemede kesintilerden kaçınarak riskini azaltacağı düşünülmüştür (Riederer vd, 2010). Ancak kablosuz sensörler, elektrikli koter, çağrı sistemleri ve elektrik dağıtım şebekeleri gibi elektromanyetik alan üreten çok sayıda ekipman nedeniyle elektromanyetik ortamdan etkileneceğinden bu elektromanyetik ortamın tanımlanması gerektiği belirtilmiştir. Ölçümler yapılırken sabit kısa süreli ölçümler için HE-200 serisinden çeşitli antenler ve log periyodik anteniyle birlikte Rohde&Schwarz FSQ spektrum analizörü kullanılmıştır. Sabit uzun süreli ölçüm için

ise çubuk antenli Rohde&Schwarz FSP SA spektrum analizörü kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bazı durumlarda IEC'nin belirlediği değerler aşılmıştır. Elektromanyetik girişimin, tüm farklı servislerden alınan maksimum alan seviyelerinin bir ölçüm noktasında toplandığı en kötü durum için 3.4 V/m'ye kadar çıktığı görülmüştür.

D.Elhasoğlu tarafından Gaziantep'te 265 denek üzerinde yapılan araştırmaya göre st solunum enfeksiyonları ile yüksek gerilim hatlarına 30 metreye kadar yakın yaşamak arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Elhasoğlu, 2006).

Kheifets tarafından 2007'de yapılan çalışmada elektromanyetik alanın aritmi ve akut kalp krizi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Silsüpür, 2014).

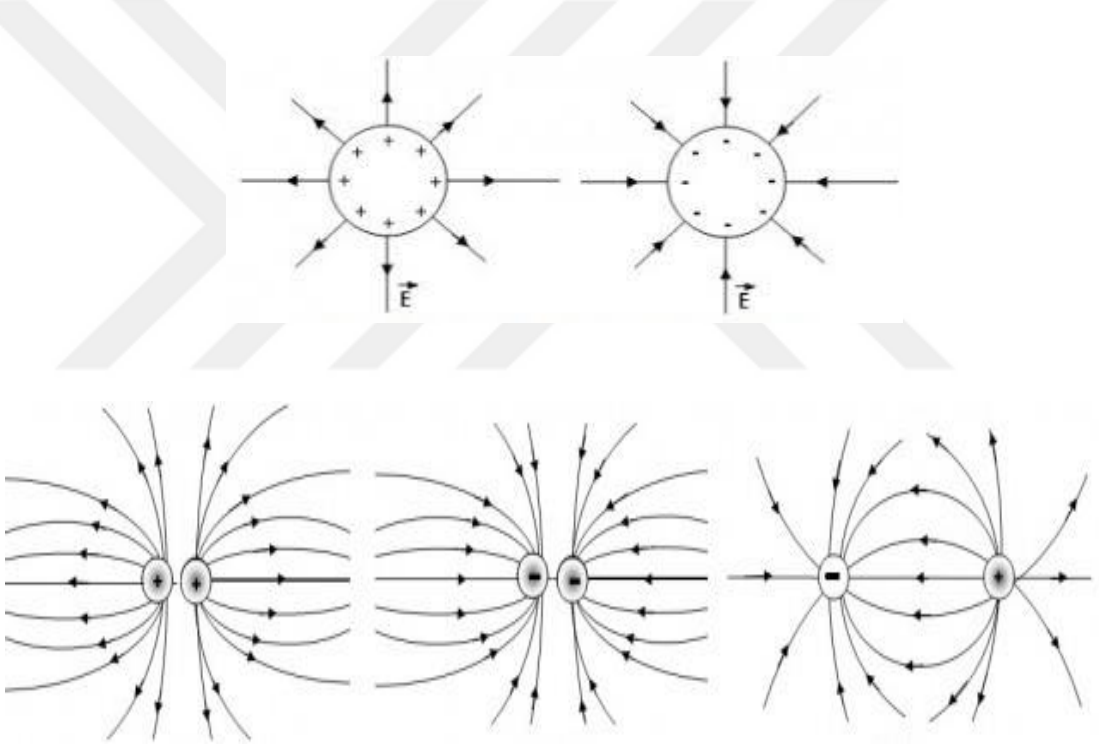
2005 yılında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi'nde yapılan araştırma sonucunda gözde kaşıntı ve sulanma ile çarpıntı yakınmaları olanların çalıştığı cihazların 1-2 cm yakınında elektromanyetik alan düzeyinin, bu yakınmaları olmayanlara göre daha yüksek olduğu; halsizlik ve işitme sıkıntısı çekenlerin günlük çalışma sürelerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir (İlhan, 2008).

Dünya Sağlık rgt (World Health Organization, WHO)'ne göre 2007'de gönüllüler üzerinde yapılan çalışmalarda elektromanyetik alanın elektrokardiyografi (EKG) ve kalp hızını az da olsa etkilediği gösterilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Elektrik Alan

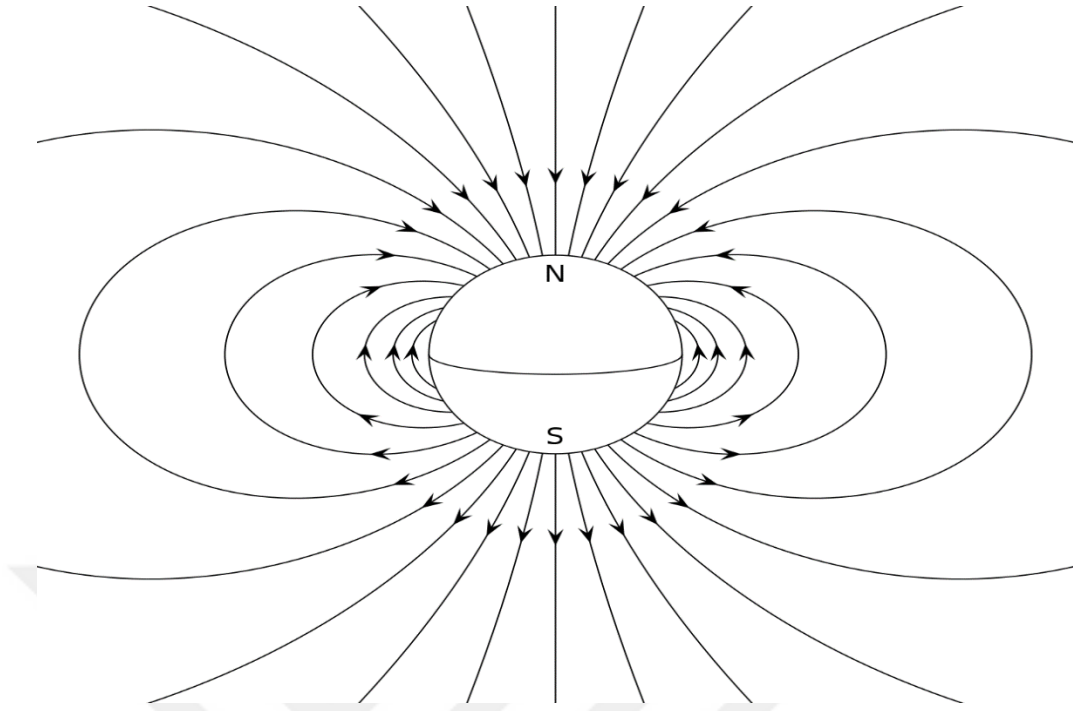
Elektrik yüklü bir cismin, elektrik yüklü başka bir cisme uyguladığı çekme veya itme kuvveti uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan azalarak sonsuza dek devam eder. Dolayısıyla belli bir uzaklıktan sonra etki ölçülemeyecek kadar az olur. O halde bir yükün etkisini gösterdiği bölgeye o yükün elektrik alanı denir. Elektrik alan büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Her elektrik yükü bir elektrik alan oluşturur. Bir cihazın beslenme gerilimi yükseldikçe elektrik alan değeri de yükselir. Elektrik alanın birimi V/m'dir.



Şekil 2.1. Bir ve birden fazla yükün oluşturduğu elektrik alan çizgileri

2.2. Manyetik Alan

Elektrik yükleri yer değiştiğinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan ölçü birimi ise Gauss (G)'tur. Manyetik akı bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür ve birimi Tesla (T)'dir. Akım ile manyetik alan birbiri ile orantılıdır. Manyetik alan şiddeti mesafe arttıkça azalır.



Şekil 2.2. Bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan

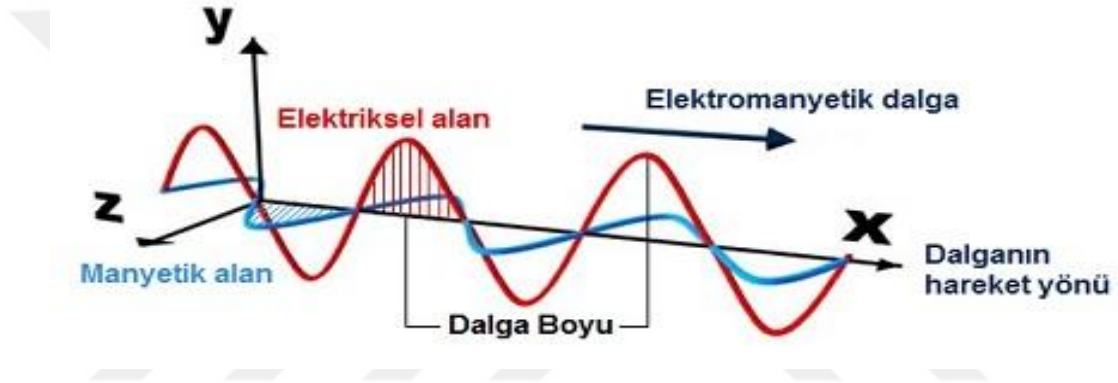
Elektrik ve manyetik alanları aşağıdaki gibi kıyaslamak mümkündür.

- Elektrik alan şiddeti gerilim ile manyetik alan şiddeti ise akım ile doğru orantılı olarak artar.
- Elektrik alan şiddeti birimi volt/metre (V/m)'dir. Manyetik alanın şiddet birimi ise amper/metre (A/m)'dir.
- Lambanın açma-kapama düğmesi kapalıyken ve prize takılıyken voltajdan dolayı elektrik alan oluşturur ancak manyetik alanın oluşması için lambanın fişe takılı olup, açık konumda bulunması gerekir. Böylelikle, elektrik akımından dolayı manyetik alan oluşur.
- Çeşitli iletkenler içerisinde geçerken elektrik alan değerleri oldukça azalır ancak manyetik alan şiddetini azaltabilen malzeme sayısı azdır.
- Elektrik alan şiddeti ve manyetik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.

2.3. Elektromanyetik Dalgalar

Bir iletken üzerinden geçen akım şiddeti ve oluşan gerilim seviyesine bağlı olarak elektrik alan ve manyetik alan oluşur. Elektrik ve manyetik alanlar birbirlerine dik olmakla birlikte, alan şiddetleri aynı yer ve zamanda minimum ve maksimum değerleri alırlar.

Elektrik alanın duvarlardan geçememesi, insan derisinden geçerken şiddetini kaybetmesi, manyetik alanların ise özel birtakım maddeler dışında sınır tanımaması elektrik ve manyetik alanların özelliklerinin ve canlı üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu gösterir (Yakıncı, 2016).

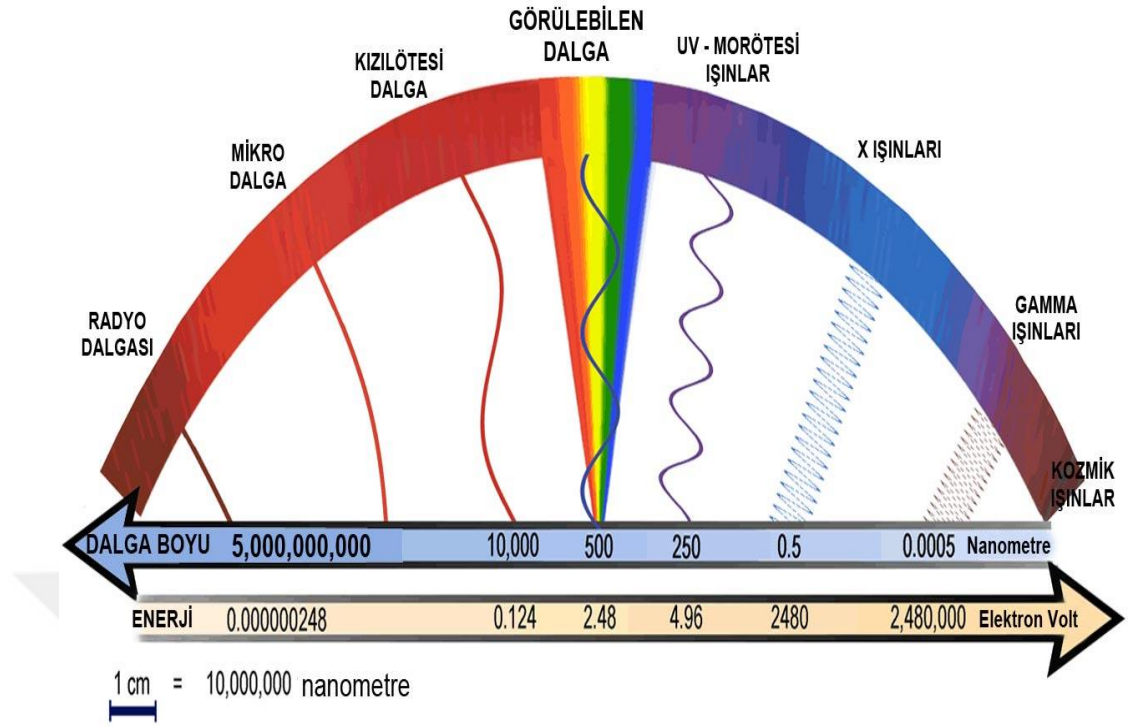


Şekil 2.3. Elektromanyetik dalga bileşenleri

2.4. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik dalgaları enerji, dalga boyu ve frekans değerlerine göre sıralayan bir gösterim biçimidir. Elektromanyetik spektrumda frekans büyüdükçe enerji artar ve dalga boyu da kısalır.

Elektromanyetik spektrum üzerinde gama ve kozmik ışınlar gibi yüksek frekanslı ışıklardan, radyo dalgaları gibi düşük frekanslı ışıklara kadar tüm elektromanyetik ışımaları içermektedir. Elektromanyetik spektrumda görünür bölge olarak isimlendirilen bölge kırmızı ve mor ışık arası bölgedir.



Şekil 2.4. Elektromanyetik spektrum gösterimi

Elektromanyetik spektrum, iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan elektromanyetik dalga bölgeleri olarak ikiye ayrılır. Aralarındaki temel fark taşıdıkları enerji miktarıdır. İyonlaştırıcı radyasyon iyonlaştırıcı olmayan radyasyona göre daha fazla enerji taşır.

İyonlaştırmayan elektromanyetik dalgalar arasında radyo, mikrodalga, kızılötesi ve görünür ışık bulunurken iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalar arasında mor ötesi ışınları ve gama ışınları bulunur.

2.4.1. İyonlaştırıcı radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyonlar geçtikleri ortamda bulunan bir atom ya da atom grubunda elektron kaybı ya da kazanımına neden olabilir, dolayısıyla yüklü iyonlar oluşabilir (Daşdağ, 2010). İyonlaşma hücreye, daha da önemlisi DNA'ya zarar verebileceğinden, kansere neden olma ihtimali vardır. Maruz kalınan iyonlaştırıcı radyasyon çeşidine ve doz miktarına bağlı olarak bu ihtimal artar. İyonize radyasyonların canlılarda biyolojik bir etkiye yol açabilmesi için sahip oldukları enerjinin, canlıyı oluşturan hücre ve dokular tarafından absorbe edilmesi ve dokularda dağılması gerekir (Coşkun, 2011). İyonlaştırıcı radyasyon çeşitleri alfa

parçacıkları, beta parçacıkları, x ışınları, gama ışınları ve nötronlardır. Bu radyasyon çeşitlerinin giricilik özellikleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

Alfa parçacıkları

Alfa parçacığı iki proton ve iki nötrondan oluşmuş bir helyum çekirdeğidir (Çimen, 2018). Pozitif yüklüdür ve “ α ” işaretiyle gösterilirler. Alfa parçacıklarını sahip oldukları büyük elektrik yükleri sebebiyle çok küçük kalınlıklardaki maddelerle durdurmak mümkündür. Bu nedenle herhangi bir madde içerisinden geçerken yolları üzerinde yoğun bir iyonlaşma meydana getirirler ve enerjilerini çabucak kaybederler. Enerji kayıplarının çabukluğu erişim uzaklığını da kısaltır dolayısıyla dış radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak mide, solunum ve yaralar vasıtasıyla vücuda girdiklerinde tehlikeli olabilirler.

Beta parçacıkları

Çekirdekteki enerji fazlalığı nedeniyle çekirdek civarında oluşan kütle çekirdekteki fazla yükü alır ve dışarıya bir beta ışını olarak çıkar. Bunlar pozitif veya negatif yüklü elektronlardır. Pozitif yüklü elektronlar “ β^+ ” ile negatif yüklü iyonlar ise “ β^- ” işareti ile gösterilirler. Alfa parçacıkları gibi madde içerisinden geçerken yolları üzerinde iyonlaşmaya sebep olurlar. Oluşan iyonlaşma, alfa parçacıklarına göre daha azdır. Çünkü bu parçacıklar daha hafif ve yüz kere daha giricidirler. Korunmak için ince alüminyum levhadan yapılmış bir zırh malzemesi yeterlidir.

X ışınları

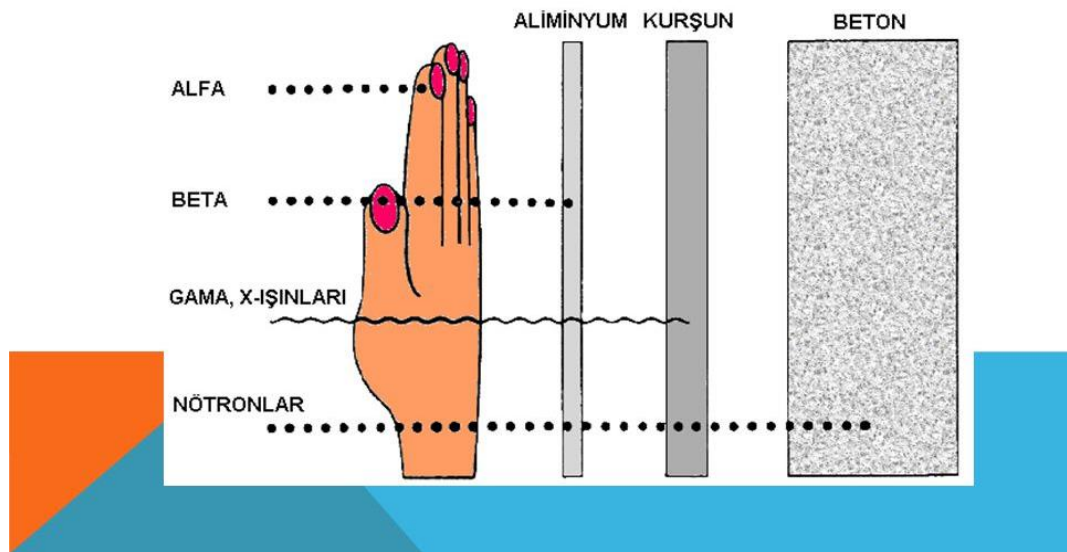
Röntgen ışınları olarak da adlandırılan X ışınları, görünür ışık dalgaları ve mor ötesi ışınları gibi dalga şeklindedir. Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk halkalarından elektronlar koparırlar ve kopan bu elektronun yerine daha üst halkalardan elektronlar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

Gama ışınları

Gama ışınları çekirdekteki enerji seviyelerindeki farklılıklardan meydana gelir. Çekirdek bir alfa veya bir beta parçacığı çıkarttıktan sonra genellikle kararlı olmaz. Fazla kalan çekirdek enerjisi bir elektromanyetik radyasyon halinde yayınlanır. Gama ışınları, beta ışınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha nüfuz edici ışınlardır. “ γ ” ile gösterilirler. Gama ve x ışınlarının, alfa ve beta parçacıklarına göre iyonlaşmaya sebep olma etkileri çok daha azdır (Anonymous, 2012).

Nötronlar

Nötronlar yüksüz parçacıklardır dolayısıyla madde içerisine kolaylıkla nüfuz edebilirler. Doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmazlar ancak atomlarla etkileşimleri, iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya x ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Nötronlar sadece kalın beton, su veya parafin kütleleri ile durdurulabilirler.



Şekil 2.5. İyonlaştırıcı radyasyonun girciliği

2.4.2. İyonlaştırmayan radyasyon

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonların enerjisi, iyonlaştırıcı radyasyonlara göre çok daha küçüktür ve madde içerisinden geçerken yüklü iyonlar oluşturmak yerine molekül ve atomların döngüsel, titreşimsel veya elektronik değerliğini değiştirme yeteneğine sahiptirler. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonların canlılar üzerindeki zararlı

etkileriyle ilgili çalışmalar halen sonuçlandırılmamıştır. Radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ötesi ışınlar, görülebilir ışık ve mor ötesi ışınlar iyonlaştırmayan radyasyon çeşitleridir.

Radyo dalgaları

Radyo dalgaları, 3kHz ile 300GHz arasında değişen frekanslara, 1 mm ile 100 km arasında değişen dalga boylarına sahiptir. Spektrum üzerindeki en geniş aralığı kapsar. Işık hızıyla hareket ederler. Gök gürültülü şimşek çakması sonucu yayılan dalgalar doğal radyo dalgalarıdır. Mobil radyo haberleşme, radyo-tv yayınları, radar ve navigasyon sistemleri, uydu haberleşme, bilgisayar ağı sistemleri gibi bir çok uygulama yapay radyo dalgası kaynaklarıdır.

Mikrodalgalar

Mikrodalgalar, dalga boyları 1 mm ile 1 m arasındadır ve frekansları da 0.3GHz ile 300GHz arasında değişir. Radar sistemlerinde kullanıldıkları için radar dalgaları olarak da adlandırılırlar.

Kızıl ötesi ışınlar

Dalga boyu 0.7 ile 300 mikro metre arasında olan ve frekansı ise 1 ile 430THz arasında değişen, büyük bir kısmı iyonlaştırıcı olmayan radyasyon türüdür. Cilt ve gözler kızıl ötesi ışınları ısı olarak soğurur ve çalışanlar bu ışınlara olan etkilenimi ısı hissi ve ağrı yoluyla fark ederler. Kızıl ötesi ışık kaynakları olarak fırınlar, ısı lambaları ve kızıl ötesi lazerler örnek gösterilebilir.

Görülebilir ışık

400-700 nm aralığında dalga boyuna sahip insan gözünün görebileceği bölgede olan bu iyonlaştırıcı olmayan radyasyon çeşidi ışık gözle algılanabildiği gibi, fotoğraf kağıtlarına etkileri, fotoelektrik olay gibi etkilere dayalı olarak geliştirilen özel elektronik elemanlar yardımı ile de tespit edilebilirler. Görünür ışığa aşırı maruz kalmak gözlere ve cilde zarar verebilir.

Mor ötesi ışınlar

Dalga boyu 400 nm üzerinde başlayan mor ötesi ışınlar büyük bir bölümü iyonlaştırıcı olmayan radyasyondur. Ancak yüksek bir foton enerji aralığına sahip olması nedeniyle biyolojik molekülleri elektronik olarak uyarabilmesi ve bu uyarma sonucunda meydana gelen istenmeyen reaksiyonları oluşturabilmesi gerçek bir iyonlaşma olmadan, biyolojik sistemlerde bir miktar iyonlaştırıcı radyasyon tehlikesi yaratmasına neden olur. Mor ötesi ışın kaynakları güneş, siyah ışıklar, kaynak arkları ve mor ötesi lazerlerdir. Civa, ark lambalarından elde edilen mor ötesi ışınlar kliniklerde, yiyecek endüstrisinde virüs ve bakteri öldürmede kullanılmaktadır.

2.5. Elektromanyetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyon (EMR), elektrik ve manyetik alanın birbirine dik olarak uzayda ilerlemesine denir. Dalga özelliğindedir. Diğer özelliklerine değinecek olursak;

- Boşlukta düz bir çizgi boyunca yayılırlar.
- Hava ortamında hızları yaklaşık ışık hızı kadardır.
- Geçtikleri ortama frekanslarıyla doğru orantılı, dalga boylarıyla ters orantılı olmak üzere enerji aktarırlar.
- Önlerine çıkan engellerden geçerken Emilme ve saçılma nedeniyle enerjileri azalır.
- Enerjileri boşlukta uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır.

Elektromanyetik radyasyon günlük olarak maruz kaldığımız bir tehlikeydir. Çevremizde bulunan baz istasyonundan, ev tesisatından, yüksek gerilim hatlarından ve ampulden bile kaynaklanabilmektedir. Uzayda bulunan uydular aracılığıyla da yayılan radyasyon bizleri etkilemektedir. Dolayısıyla elektromanyetik radyasyon ile sürekli etkileşim halindeyiz. Günlük yaşantımızın çoğunu geçirdiğimiz evimizde dahi birçok elektromanyetik kaynak bulunmaktadır. Evimizde bulunan bazı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının elektrik alan şiddeti Çizelge 2.1’de ve manyetik alan şiddeti ise Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Bazı elektrikli cihazların elektrik alan şiddeti

Elektrikli Cihazların Elektrik Alan Şiddeti	(V/m)
Radyo	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost Makinesi	80
Saç Kurutma Makinesi	80
TV	60
Kahve Makinesi	60
Süpürge	50
Fırın	8
Ampul	5

Çizelge 2.2. Bazı elektrikli cihazların manyetik alan şiddeti

Elektrikli Cihazların Manyetik Alan Şiddeti	mG
Elektrikli Battaniye	36
Tüplü Televizyon	20
Monitör	14
400.000 V Hat (100m)	12
Müzik Seti	10
90.000 V Hat (30m)	10
Ekmek Kızartma Makinası	8
Tıraş Makinası	5
Buzdolabı	3

2.6. Elektromanyetik Radyasyon Kaynakları

Elektromanyetik kaynaklar içinde doğal olan kaynaklar ve doğal olmayan kaynaklar vardır. Doğal kaynaklar güneş, bazı uzak yıldızlar, atmosferik deşarjlar (yıldırım) iken doğal olmayan kaynaklar elektrik akımı taşıyan yer altı ve yer üstü elektrik hatları, televizyon ve bilgisayarlar, elektrikli ev aletleri (elektrikli süpürge, saç kurutma makinası, traş makinesi, blender vb.) mikrodalga fırınlar, radar dalgaları, radyo ve tv vericileri, telsiz haberleşme sistemleri, kordonsuz telefonlar, hücresel telefon sistemleri, baz istasyonları ve cep telefonlarıdır. Bu kaynaklardan bazıları Şekil 2.6’da gösterilmiştir.

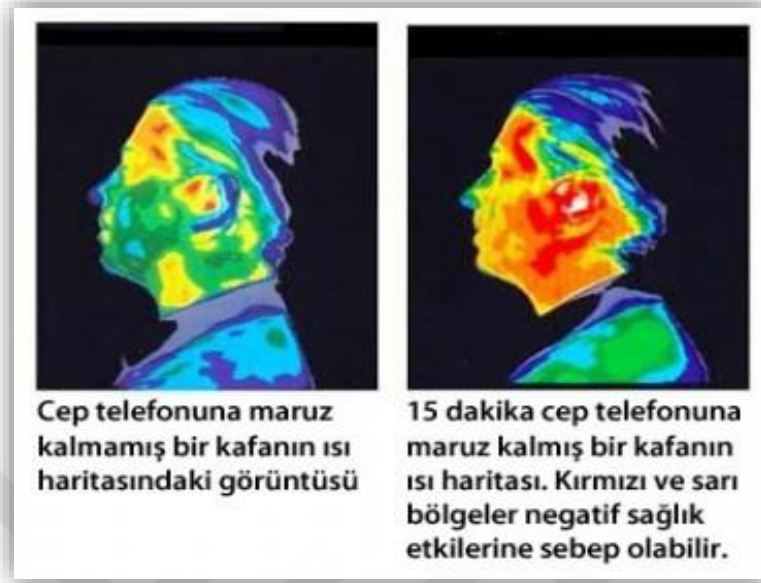


Şekil 2.6. Elektromanyetik radyasyon kaynakları

2.6.1. Cep telefonları

Mobil haberleşme baz istasyonları aracılığıyla yapılır. Cep telefonları sinyal göndermek için radyo frekansı (RF) kullanır. Bu iletişim elektromanyetik dalgalarla sağlanır. Ancak bu dalgalar insan vücudunda özellikle beyinde ısı artışına sebep olur. Bu ısı artışı beyine ve dokulara zarar verir. Bu yüzden belirli standartlar getirilmiş ve standardın dışında cihaz satışı yasaklanmıştır. Bu standarta özgül soğurma oranı (Specific Absorption Rate, SAR) denir. Özgül soğurma oranı ortalama bir insan vücudunun soğuracağı kilogram başına enerji miktarını temsil etmektedir (İnce, 2007).

Şekil 2.7’de cep telefonu kullanımında değilken ve 15 dakikalık kullanımdan sonra bir kişide görülen ısı değişimine ait görüntü verilmiştir.



Şekil 2.7. Cep telefon kullanımı sonucu ısı artışı gösterimi

Cep telefonundan yayılan bu ısı baş ağrısı, hafıza kaybı, uyku bozukluğu, beyin tümörü, alzheimer ve hatta çocuklarda kansere sebep olabilir.

1988 yılında yapılan bir araştırmaya göre radyo operatörleri, bilgi işlem elemanları, elektrik santrallerinde ve trafo merkezlerinde çalışan işçiler ve film makinistlerinde alzheimer, parkinson, depresyon, nörolojik dejeneratif hastalık riskinin daha çok olduğu saptanmıştır.

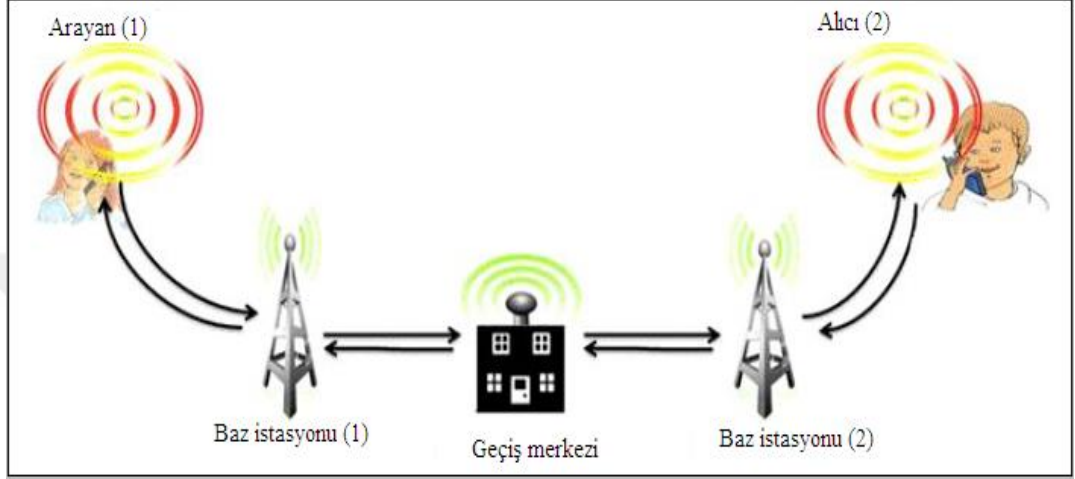
1994 yılında Finlandiya ve ABD’de yapılan araştırmalara göre de elektromanyetik alana maruz kalan kişilerde alzheimer olma riski kadınlarda 3.4 kat, erkeklerde ise 4.9 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü 16 yaş altındaki çocukların zorunlu olan durumlar haricinde cep telefonunu günde sadece 10 dakika kullanmalarını önermektedir (Sıray, 2016).

Cep telefonundan yayılan elektromanyetik radyasyonun insan sağlığına etkisi hala tartışma konusu da olsa uzmanlar en azından uyurken telefonun kişiden belli bir uzaklıkta tutulmasını önermektedir.

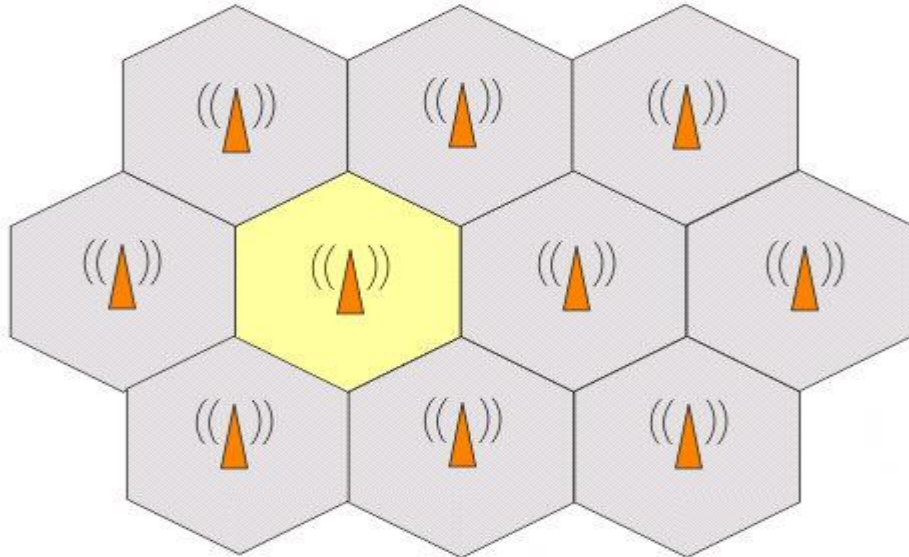
2.6.2. Baz istasyonları

Cep telefonları arasındaki haberleşme baz istasyonları ile sağlanır. Baz istasyonları hem elektromanyetik dalgaları alan hem de gönderen iki antene sahiptir. Her cep telefonu bir verici ile iletişim kurmak zorundadır. Bu vericiler baz istasyonlarıdır. Baz istasyonlarının çalışma prensibi Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Baz istasyonlarının çalışma prensibi

Baz istasyonları hücre sistemine göre çalışır ve şehrin her yerinde bulunması gereklidir. Baz istasyonunun hücre yapısı Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Baz istasyonunun hücre yapısı

Baz istasyonlarının uluslararası ışıma standartları bulunmaktadır. Türkiye uluslararası standartlara göre daha düşük bir ışıma değeri kabul etmiştir ve bu değer 10 V/m'dir. Baz istasyonları ışımayı dışarı doğru 120 derecelik açıyla yaptıklarından zararlarının düşük olduğu ileri sürülmektedir. Ancak bu durum yüksekte bulunan baz istasyonları için geçerlidir.

Baz istasyonları insanlarda korku yarattığı için artık kamufle edilerek yerleştirilmektedir. Bazen bir baca, reklam panosu, su deposu, saat kulesi, klima, güneş enerjisi, aydınlatma direği veya tabela görünümünde olabilmektedirler. Baca şeklinde kamufle edilmiş bir baz istasyonu Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Baz istasyonlarının sayısı gelişen teknoloji ve vazgeçilmez hale gelen cep telefonu nedeniyle artmaktadır.



Şekil 2.10. Baca görünümlü bir baz istasyonu

2.6.3. TV ve radyo vericileri

TV ve radyo vericileri RF ile yayın yaparlar. Kapsama alanını genişletmek için yüksek RF gücü gerekir. TV ve radyo verici antenlerinden yayılan RF enerji sürekli ve güçlü bir kaynaktır. Yayılan enerji miktarı istasyon tipi, kullanılan anten, antene verilen güç, anten yüksekliği ve antenden uzaklaşma mesafesine göre değişir. Şekil 2.11'de Ankara'da bulunan ve yerleşim yeri içerisinde kalan TRT vericileri gösterilmiştir.



Şekil 2.11. TRT vericileri

İnsanların etkilenimini en aza indirmek için radyo ve TV verici antenleri yerleşim bölgelerinden uzak yerlere kurulmalıdır. Ancak artan nüfus sebebiyle verici noktaları yerleşim bölgeleri içinde kalmıştır. Yapılan araştırmalara göre verici yakınında ölçülen değerler uluslararası standartlara göre belirlenen limit değerlerin altında kalsa da uzun süreli etkilenim risk oluşturabilir. Oluşabilecek risklere bilimsel örnekler verilmesi gerekirse Dr. W. Morton 1982’de yaptığı araştırmaya göre Oregon radyo antenine yakın evlerde kanserin arttığını göstermiştir. Dr. B. Anderson ve A. Henderson ise 1981’de yaptıkları araştırmada TV ve radyo antenlerinin kanser riskini %37.5 arttırdığını söylemişlerdir.

2.6.4. Yüksek gerilim hatları

Yüksek gerilim hatlarının etrafında bir elektromanyetik alan oluşmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (International Agency For Research On Cancer, IARC) yüksek gerilim hatlarını kanserojen sınıflandırmasında 2B grubunda değerlendirmektedir. Buna göre gerilim hatlarının oluşturduğu yüksek radyasyondan etkilenen hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde radyasyonun kanser yaptığına dair yeterli verilerin var olduğunu, insan üzerinde yapılan deneylerde ise kısıtlı veriler kanser yaptığını göstermektedir. Şekil 2.12’de yüksek gerilim hatlarına bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Yüksek gerilim hatları

2.7. Uluslararası Standartlar ve Limit Değerleri

Günümüze kadar elektromanyetik radyasyonun oluşturabileceği sağlık problemleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara göre elektromanyetik alana etkilendirme kansere, çocuklarda lösemiye, hamilelerde düşüğe, cep telefonu kullanıcılarında alzheimer, parkinson gibi hastalıklara, uyku bozukluğuna ve baş ağrısına sebebiyet verebilmektedir. Ulusal ve uluslararası alanda elektromanyetik radyasyon etkilenimine dair risklerden korunmak amacıyla EMA değerlerine bazı kuruluşlar tarafından sınırlama getirilmiştir. Bu kuruluşlar;

- Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Committee on Non-ionizing Radiation Protection, ICNIRP)
- Uluslararası Kanseri Araştırmaları Enstitüsü (International Agency For Research On Cancer, IARC)
- Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO)
- Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)
- Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection, NCRP)

Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi'nin amacı iyonlaştırmayan radyasyon etkisiyle oluşabilecek sağlık risklerinden korunmak amacıyla limit değerler belirlemektir. Bu kuruluş Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Çalışma Örgütü tarafından resmen tanınan bağımsız bir kuruluştur. ICNIRP çalışmalarını üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile işbirliği yaparak, çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi, epidemiolojist ve ilgili başka bilim adamlarından oluşan bir ekip ile yürütmüştür. ICNIRP'ın belirlediği limit değerler aşağıda bulunan Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. ICNIRP limit değerleri (ICNIRP, 1998)

Frekans Aralığı	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
2-300GHz	61	0.16	0.20	10
400-2000MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
10-400MHz	28	0.073	0.092	2
1-10MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
0.15-1MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
3-150kHz	87	5	6.25	-
0.8-3kHz	$250/f$	5	6.25	-
0.025-0.8kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
8-25Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
1-8Hz	10000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
<1Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-

Bu değerler sağlıklı insanlar için geçerli olan değerlerdir. Oysa ki hastane ortamında bulunan hasta insanlar için elektromanyetik ortamın kontrolü daha da önemlidir. Bu standartlar kısa süreli etkilenimin oluşturabileceği zararlı etkilerden korunmak içindir ve elektromanyetik alanın sebep olduğu ısı artışını esas alır. Farklı riskler oluşurabilecek ve ısısal değişime yol amayan etkiler standartta yok sayılır.

Ülkemizde bu sınır değerler BTK (Bilgi ve Tekonoji Kurumu) tarafından ICNIRP'ın belirlemiş olduğu sınır değerler esas alınarak oluşturulmuştur. Ortam için izin verilen elektrik alan şiddet değeri, ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin %70'i hesaplanarak, bir cihaz için verilen elektrik alan şiddet değeri ise ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin %20'si hesaplanarak oluşturulmuştur. Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler izelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler (BTK, 2018)

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik alan şiddeti (V/m)	
	Tek Cihaz Limit Değeri	Ortam Limit Değeri
0.010-0.15	19.3	65.25
0.15-1	19.3	65.25
1-10	$19.3/f^{1/2}$	$65.25/f^{1/2}$
10-400	6.2	21
400-789	$0.305f^{1/2}$	$1.03f^{1/2}$
790-2000	$0.275f^{1/2}$	$0.96f^{1/2}$
2 000-94 000	12.3	42.93

Ülkemizde kullanılan hücresel sistemler GSM 900, GSM 1800 , UMTS 2100, LTE'dir. Bu sistemlerin çalışma frekansı ve BTK'nın 2018'de yayınladığı yönetmeliğe göre limit değerleri aşağıdaki izelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Hücresel sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)	
	Tek Cihaz Limit Değeri	Ortam Limit Değeri
GSM 900 (900 MHz)	8.25	28.8
GSM 1800 (1800 MHz)	11.66	40.72
UMTS 2100 (2100 MHz)	12.3	42.93
Wi-Fi (2450 MHz)	12.3	42.93
LTE (2600 MHz)	12.3	42.93

Birçok Avrupa ülkesi ICNIRP'ın belirlemiş olduğu sınır değerleri benimsemişse de İsviçre, İtalya, Rusya gibi bazı ülkeler kendi standartlarını oluşturmuşlardır (Sarıkahya, 2014). Örneğin İsviçre ev, ofis, hastane, okul ve park gibi hassas kullanım alanlarında limit değeri 5 V/m olarak kabul ederken; İtalya sokak ve caddeler gibi geçiş noktalarında limit değeri 20 V/m, hassas kullanım alanlarında ise 6 V/m limitini belirlemiştir.

Türkiye'de ise BTK yönetmeliğine göre sağlık kuruluşları içinde veya çevresinde kurulacak elektronik haberleşme cihazlarının, tıbbi cihazların etkilenmemesi amacıyla bina içerisindeki ortamda oluşturacağı elektrik alan şiddet değeri 3 V/m'yi geçemez.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Ölçüm Cihazları

Bu çalışmada Samsun ilinde bulunan 21 devlet hastanesinde elektromanyetik alan seviyesini belirlemek amacıyla kısa/uzun süreli ve bant seçici elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Geniş bant elektromanyetik radyasyon ölçümleri PMM 8053 cihazı, bant seçici EMA ölçümleri ise SRM-3006 ve RF Explorer Combo 6G cihazları ile ölçülmüştür.

3.1.1. PMM 8053

PMM 8053, EP-330 izotropik elektrik alan probu ile 100kHz -3GHz arasındaki frekans bandındaki elektromanyetik alanı ölçebilmektedir (Anonymous, 2016). Değerleri anlık, ortalama ve maksimum olarak kaydedebilmektedir. Algılayıcı ölçüm aralığı 0.3 -300 V/m'dir. Şekil 3.1'de PMM 8053 cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. PMM 8053 cihazı

PMM 8053 cihazına ait teknik özellikler :

- Ekran Tipi: Sıvı Kristal Görüntü
- Ölçülen Birimler: V/m, A/m, W/m²
- Aritmetik, ikinci dereceden ve mekansal ortalama (30s, 1, 2, 3, 6, 10, 12, 30 dakika vs.)
- Düşük frekans filtreleri mevcut

- Ölçüm frekans aralığı: 100kHz-3GHz
- Etiketli ve bölümlenmiş dahili hafıza (8000 okuma)
- Dinamik Aralık> 100 dB
- Hassasiyet: 0,1-1 V / m, 100 nT, 0.1mT
- Çalışma Süresi > 20 saat
- Şarj süresi < 4 saat
- Çalışma Sıcaklığı: -10 ile 40 ° C
- Depolama Sıcaklığı: -20 ile 70 ° C
- Boyutlar: 108 x 240 x 50 mm
- Ağırlık: 1.5 kilogram

3.1.2. SRM-3006

SRM-3006 cihazı bant seçici ölçümler için kullanılmaktadır. Elde taşınarak kullanabilecek büyüklükte bir frekans seçici ölçüm cihazıdır. SRM-3006 hem analog hem de dijital sinyal işlemeyi birlikte kullanmaktadır. İzotropik probu ile 27MHz-3GHz arası dalgaları çözümleyebilir (Anonymous, 2016). Şekil 3.2’de SRM-3006 görsel olarak verilmiştir.



Şekil 3.2. SRM-3006 cihazı

3.1.3. RF Explorer Combo 6G

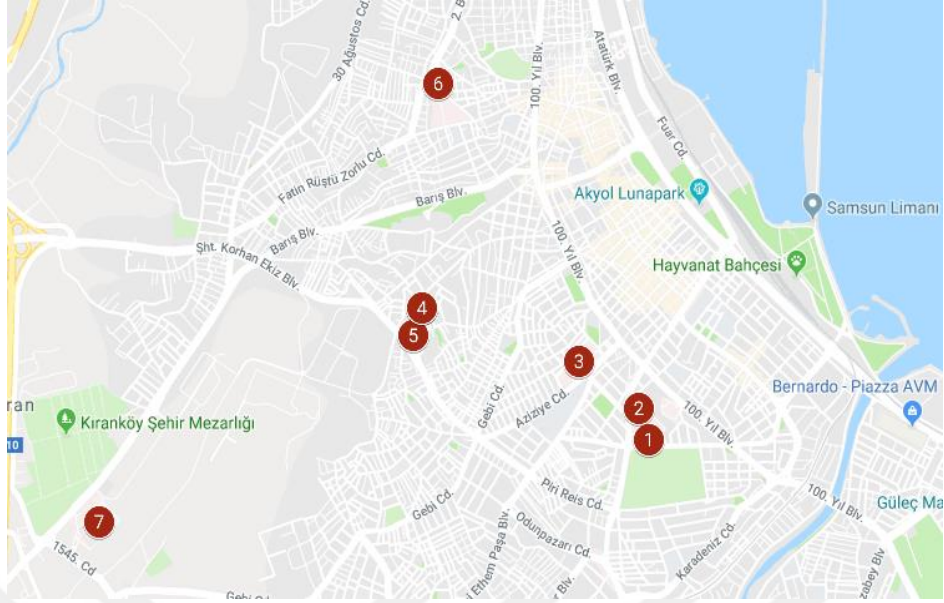
RF Explorer Combo 6G cihazı ile SRM-3006 cihazı gibi spektrum örnekleri alınabilmektedir. Aralarındaki ölçüm farklılıkları ise RF Explorer Combo 6G cihazı ile ölçülen spektrumun zamanla değişimin kontrol edilebilmesi ve 6GHz'e kadar spektrumdaki değişimlerin izlenebilmesidir. Bu cihaz 15MHz-2700MHz ve 4850MHz-6100MHz frekansları arasında spektrum ölçümlerini alabilmektedir. Şekil 3.3'te cihazın görünütüsü verilmiştir.



Şekil 3.3. RF Explorer Combo 6G cihazı

3.2. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri

Bu çalışmada Samsun ilinde bulunan 21 hastanede kısa ve uzun süreli elektrik alan şiddeti ölçümü yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlerin harita üzerindeki konumları Şekil 3.4 te verilmiştir.



Şekil 3.4. EMA ölçüm konumları

Ölçüm yapılan 21 hastanenin adı bulundukları konum numaraları ile birlikte Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ölçüm yapılan 21 hastane

Konum	Hastane Adı
1	Samsun Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi
2	Samsun Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi
3	Samsun Gazi Devlet Hastanesi
4	Samsun Fiziksel Tıp Rehabilitasyon Hastalıkları Hastanesi
5	Samsun Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Hastanesi
6	Samsun Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hastanesi
7	Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi
8	Samsun 19 Mayıs İlçe Devlet Hastanesi
9	Samsun Bafra Devlet Hastanesi
10	Samsun Bafra Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
11	Samsun Alaçam Devlet Hastanesi
12	Samsun Kavak Devlet Hastanesi
13	Samsun Havza Devlet Hastanesi
14	Samsun Ladik Devlet Hastanesi
15	Samsun Vezirköprü Devlet Hastanesi
16	Samsun Vezirköprü Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
17	Samsun Çarşamba Devlet Hastanesi
18	Samsun Terme Devlet Hastanesi
19	Samsun Salıpazarı İlçe Hastanesi
20	Samsun Ayvacık Devlet Hastanesi
21	Samsun Asarcık İlçe Hastanesi

Hastanelerde yapılan ölçümlerde ilk olarak tüm hastane katları dolaşarak PMM 8053 cihazı ile 1 saniye aralıklarla EMA değerleri kaydedilmiştir. Bu kısa süreli EMA ölçümüne ait görsel Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.5. PMM 8053 ile kısa süreli ölçüm örneği

İkinci aşamada elektrik alan şiddetinin maksimum olduğu noktaya PMM 8053 cihazı bırakılmış ve 15 saniye aralıklarla ölçüm yapacak şekilde 24 saatlik uzun süreli ölçüm alınmıştır. Uzun süreli ölçüme ait bir örnek Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6. PMM 8053 ile uzun süreli ölçüm örneği

Son aşamada ise ortamdaki elektromanyetik alanı oluşturan kaynakları bulabilmek için SRM-3006 cihazı ile bant seçici ölçümler gerçekleştirilmiştir. 3GHz'den daha yüksek frekans bandı (6 GHz'e kadar olan bant) spektrum analizör ile değerlendirilecektir. SRM-3006 cihazı ile yapılan ölçüme ait görüntü Şekil 3.7'de verilmiştir.

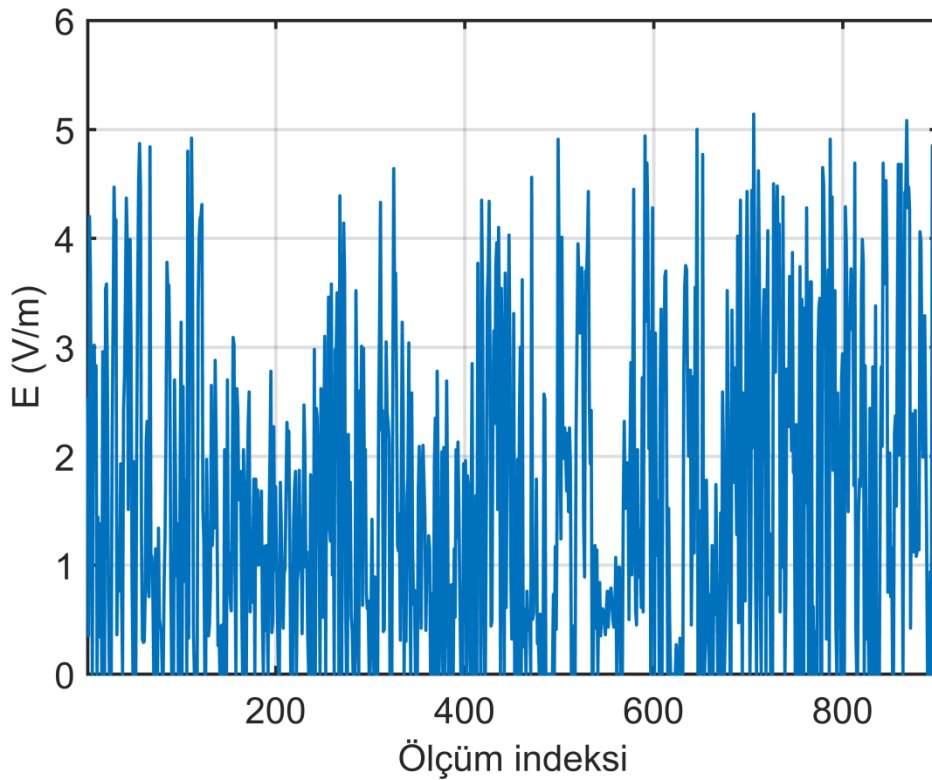


Şekil 3.7. SRM-3006 cihazı ile bant seçici ölçüm örneği

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kısa Süreli Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri

Samsun ilinde bulunan 21 hastanede yapılan kısa süreli ölçümlerde tüm katlar 1 m/sn hızla dolaşarak 1 saniye aralıklarla yerden yaklaşık 1.5 m yükseklikten PMM 8053 cihazı ile elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır. 1 nolu konumdaki hastanede (H1) yapılan kısa süreli elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir.

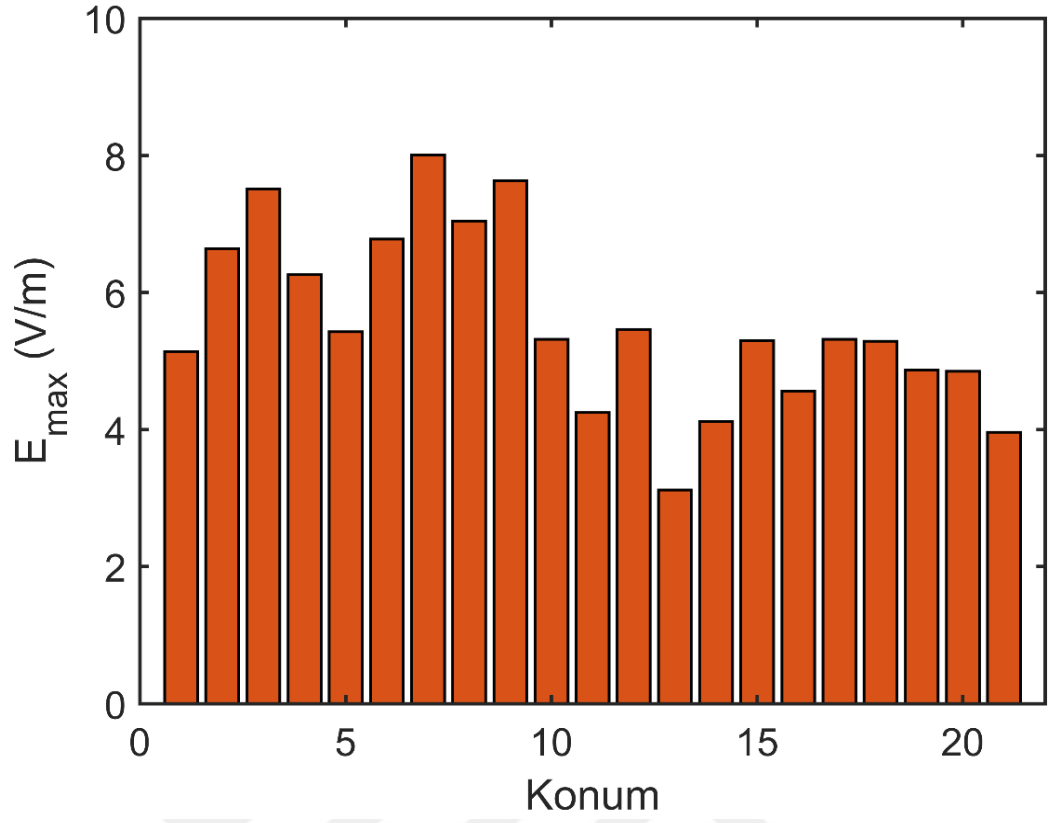


Şekil 4.1. H1’de yapılan kısa süreli ölçümler

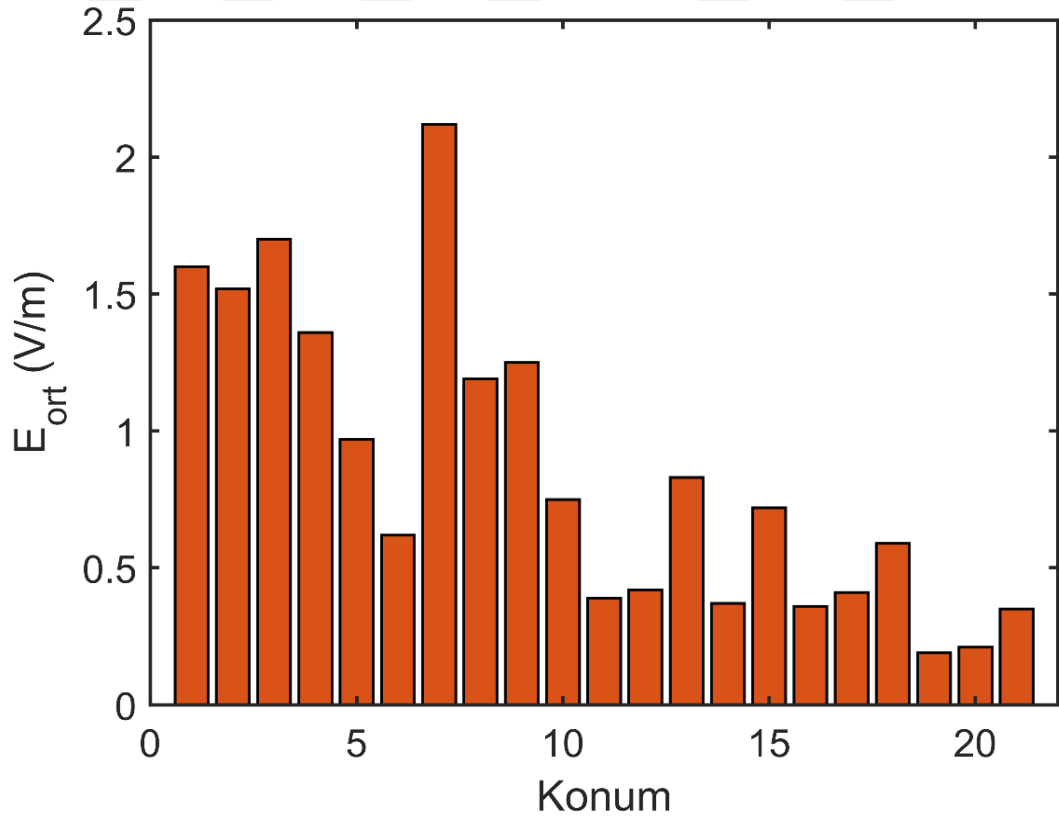
H1’de yapılan ölçümlerde E_{max} değeri 5.14 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçümlerin ortalaması 1.60 V/m, standart sapması 1.42 V/m’dir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere E değerlerinde önemli değişiklikler söz konusudur. Diğer hastanelerde gerçekleştirilen kısa süreli ölçümlerde elde edilen E_{max} , ortalama elektrik alan şiddeti (E_{ort}) ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’den görüldüğü üzere en yüksek E_{max} değeri 8.01 V/m ve en yüksek E_{ort} değeri 2.12 V/m olarak 7 nolu konumdaki hastanede (H7) gözlemlenmiştir. Bu değerlere ait E_{max} ve E_{ort} grafikleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kısa süreli ölçüm değerleri

Konumlar	E (V/m)		
	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	5.14	1.60	1.42
H2	6.64	1.52	1.40
H3	7.51	1.70	1.45
H4	6.26	1.36	1.23
H5	5.43	0.97	0.93
H6	6.78	0.62	0.94
H7	8.01	2.12	1.66
H8	7.04	1.19	1.47
H9	7.63	1.25	1.50
H10	5.32	0.75	1.01
H11	4.25	0.39	0.79
H12	5.46	0.42	0.73
H13	3.12	0.83	0.76
H14	4.12	0.37	0.70
H15	5.30	0.72	0.92
H16	4.56	0.36	0.67
H17	5.32	0.41	0.70
H18	5.29	0.59	0.80
H19	4.87	0.19	0.51
H20	4.85	0.21	0.58
H21	3.96	0.35	0.75

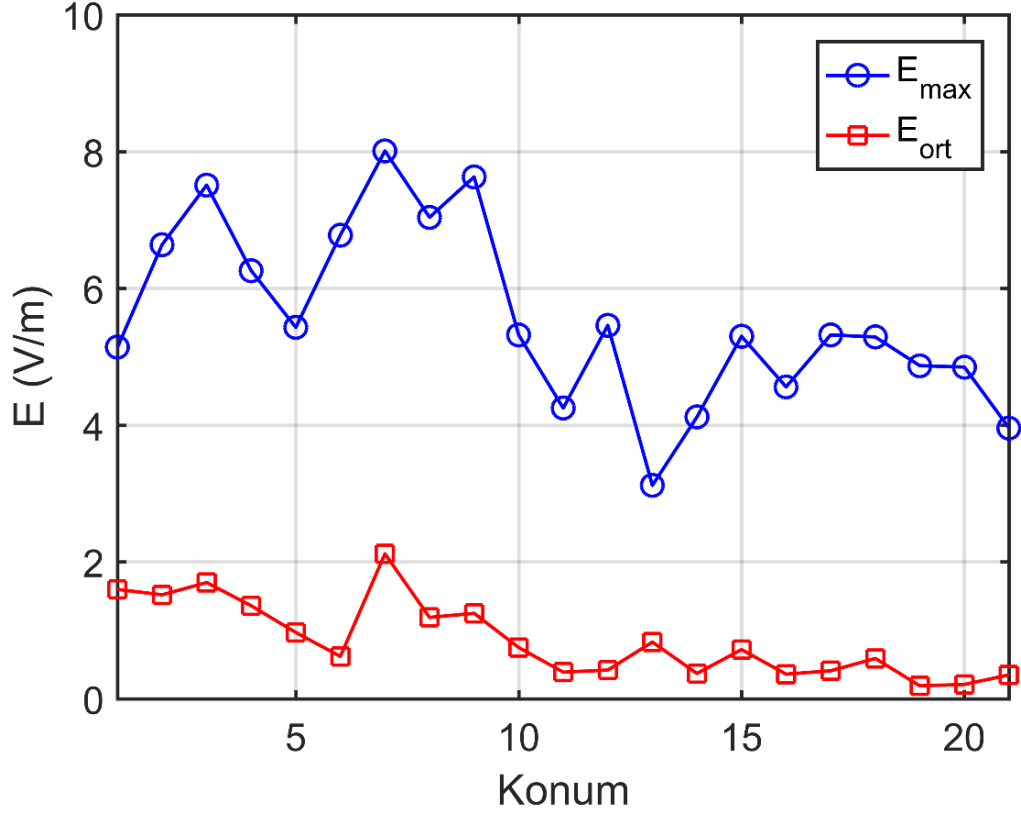


Şekil 4.2. Kısa süreli ölçümlerde $E_{\max}$ değerlerinin değişimi



Şekil 4.3. Kısa süreli ölçümlerde E_{ort} değerlerinin değişimi

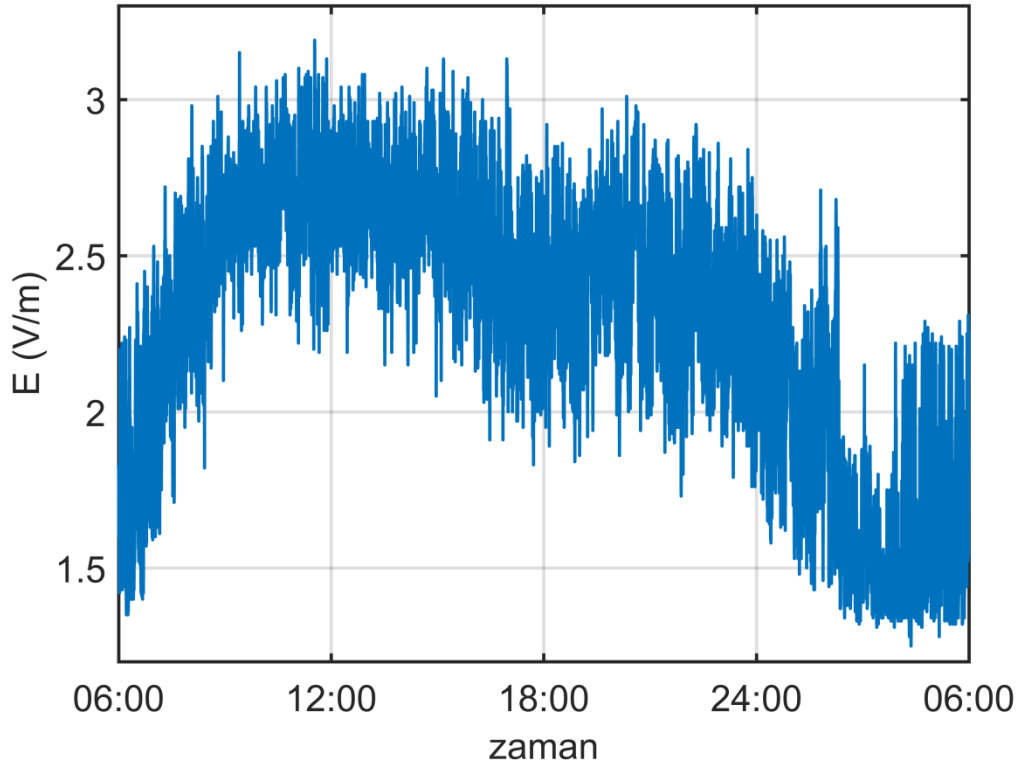
Kısa süreli ölçümlerde insan sayısındaki ani değişim, kullanılan elektrikli cihazların sayısının değişimi gibi etkenler ölçüm değerlerini de etkilemiştir. Şekil 4.4'teki grafikte $E_{\max}$ ve E_{ort} değerlerine birlikte bakıldığında birbirleriyle çok da ilişkili olmadıkları, aralarındaki farkın belirgin olduğu ve değişikliklerden etkilendikleri görülmektedir.



Şekil 4.4. Kısa süreli ölçümlerde $E_{\max}$ ve E_{ort} değerlerinin değişimi

4.2. Uzun Süreli Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri

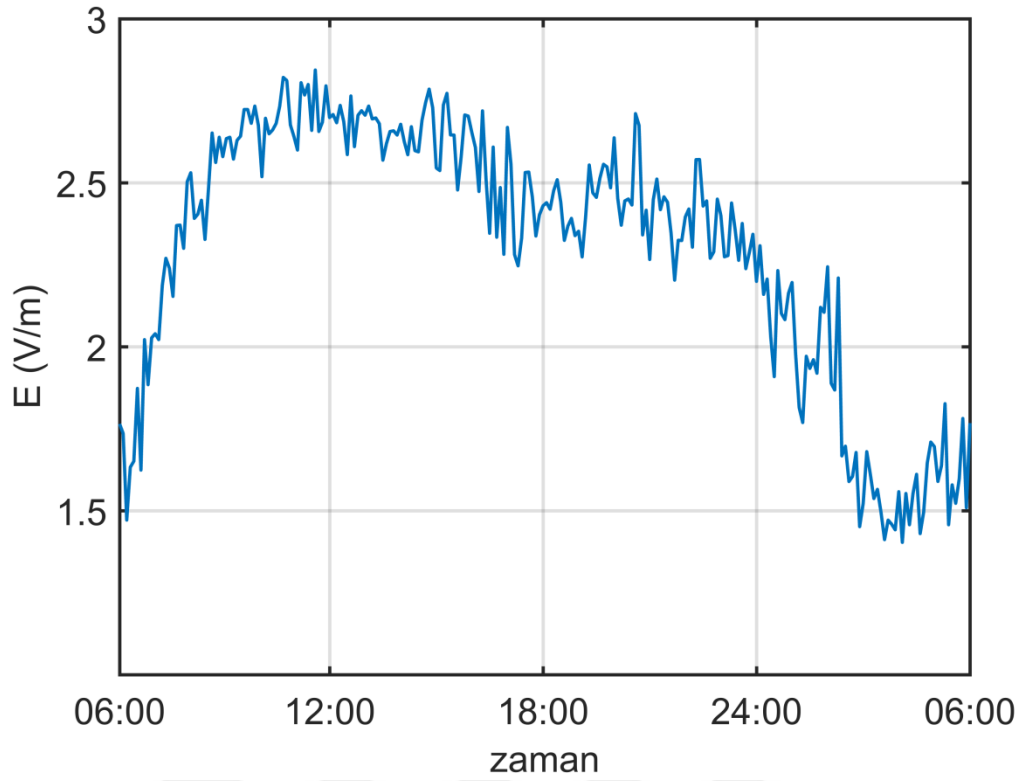
Uzun süreli elektromanyetik ölçüm noktaları belirlenirken kısa süreli ölçümlerde elde edilen en yüksek $E_{\max}$ değerlerinin tespit edildiği noktalar tercih edilmiştir. Bu noktalarda 24 saat süresince 15 saniye aralıklarla E ölçümleri alınmıştır. Uzun süreli ölçümler sabah 06:00'da başlamış ve ertesi gün 06:00'da sonlandırılmıştır. H1'de yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. H1’de yapılan uzun süreli ölçüm

H1’de elde edilen sonuçlara göre maksimum E değeri 3.11 V/m, ortalama E değeri 2.29 V/m ve E’nin standart sapması 0.44 V/m olarak hesaplanmıştır. Hastane yoğunluğuna bağlı olarak E değeri sabah saatlerinden itibaren artış göstermiş ve öğlen saatlerinde maksimuma ulaşmıştır. Hastanenin yoğun olduğu bu zaman zarflarında kişi sayısına bağlı olarak artan elektrikli cihazların E değerini de etkilediği düşünülmektedir. Akşam saatlerinden itibaren yoğunlukla birlikte E değerinde azalma görülmüştür. Gece ise minimum seviyeye inmiştir.

BTK ve ICNIRP’ın belirlediği standartlara göre elektromanyetik değerler 6 dakikada bir elde edilen verilere göre değerlendirilmelidir. Bu nedenle H1’de yapılan uzun süreli ölçümlerde elde edilen E değerleri ICNIRP’ın ve BTK’nın yayımladığı yönetmelik gereğince 6 dakikalık ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir. Şekil 4.6’daki grafik H1’de 24 saat süresince ölçülen E değerlerinin 6 dakikalık ortalamaları alınarak hazırlanmıştır.



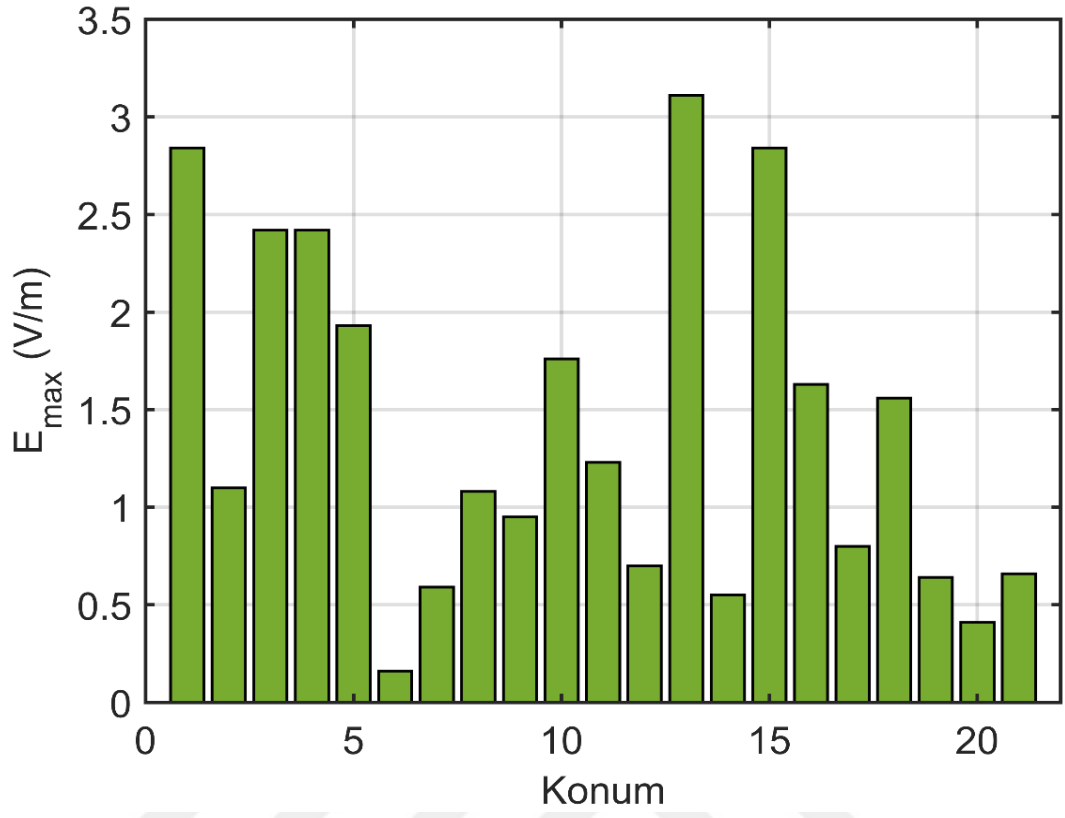
Şekil 4.6. H1 için 24 saat süresince E'nin 6 dakikalık ortalama değışimi

H1 hastanesi için yapılan 6 dakika ortalama E grafiğine göre gün içindeki en yüksek E değeri 2.84 V/m olduğu görülmüştür. Diğer hastanelerde de gerçekleştirilen bu uzun süreli ölçümlerde elde edilen maksimum ve ortalama E değeri ile standart sapma değeri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

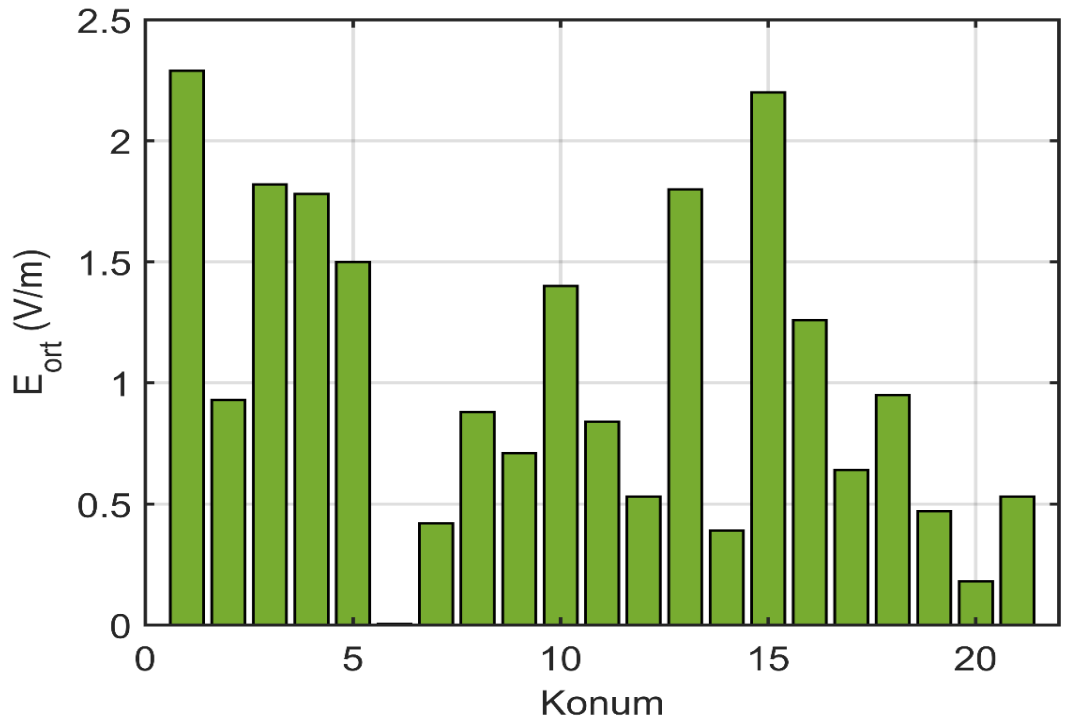
Çizelge 4.2'de belirtildiği gibi uzun süreli ölçümlerde en yüksek E_{max} değeri 13 nolu hastanede 3.11 V/m olarak ve en yüksek E_{ort} değeri ise 1 nolu hastanede 2.29 V/m olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerde elde edilen E_{max} ve E_{ort} değerlerinin grafiği Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Uzun süreli ölçüm değerleri

Konumlar	E (V/m)		
	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	2.84	2.29	0.40
H2	1.10	0.93	0.14
H3	2.42	1.82	0.30
H4	2.42	1.78	0.33
H5	1.93	1.50	0.25
H6	0.16	0.005	0.01
H7	0.59	0.42	0.03
H8	1.08	0.88	0.11
H9	0.95	0.71	0.10
H10	1.76	1.40	0.14
H11	1.23	0.84	0.19
H12	0.70	0.53	0.03
H13	3.11	1.80	0.70
H14	0.55	0.39	0.04
H15	2.84	2.20	0.35
H16	1.63	1.26	0.23
H17	0.80	0.64	0.07
H18	1.56	0.95	0.27
H19	0.64	0.47	0.05
H20	0.41	0.18	0.14
H21	0.66	0.53	0.03

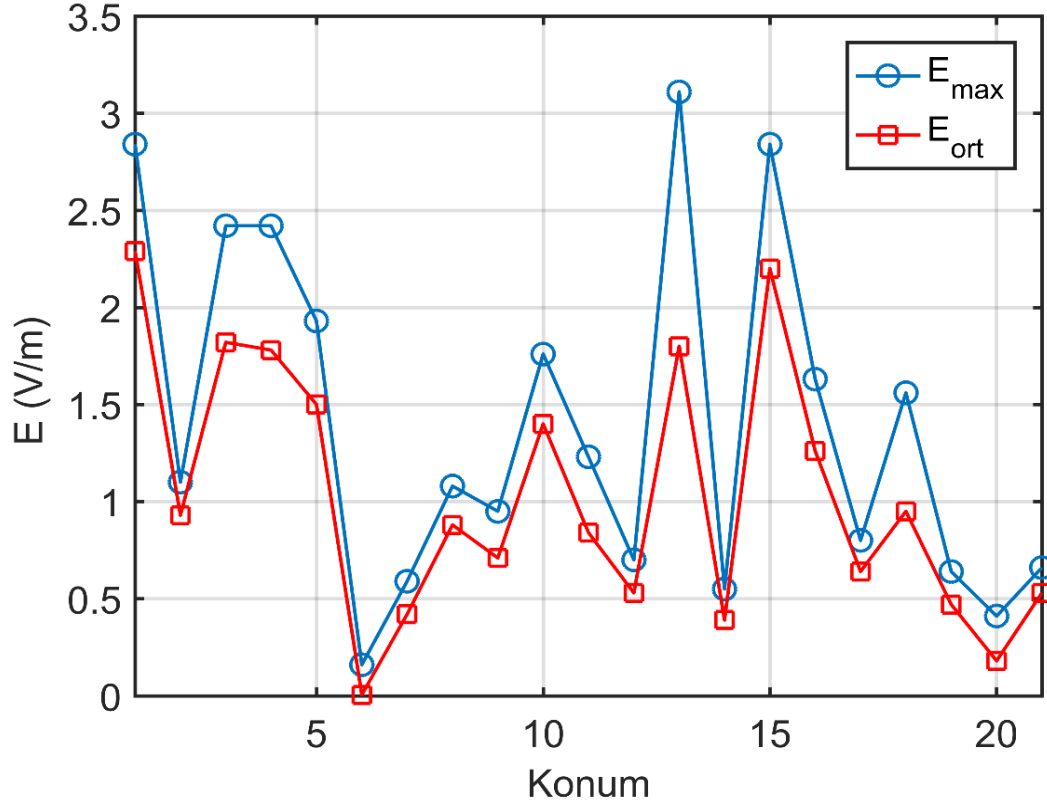


Şekil 4.7. Uzun süreli ölçümlerde $E_{\max}$ değerlerinin değişimi

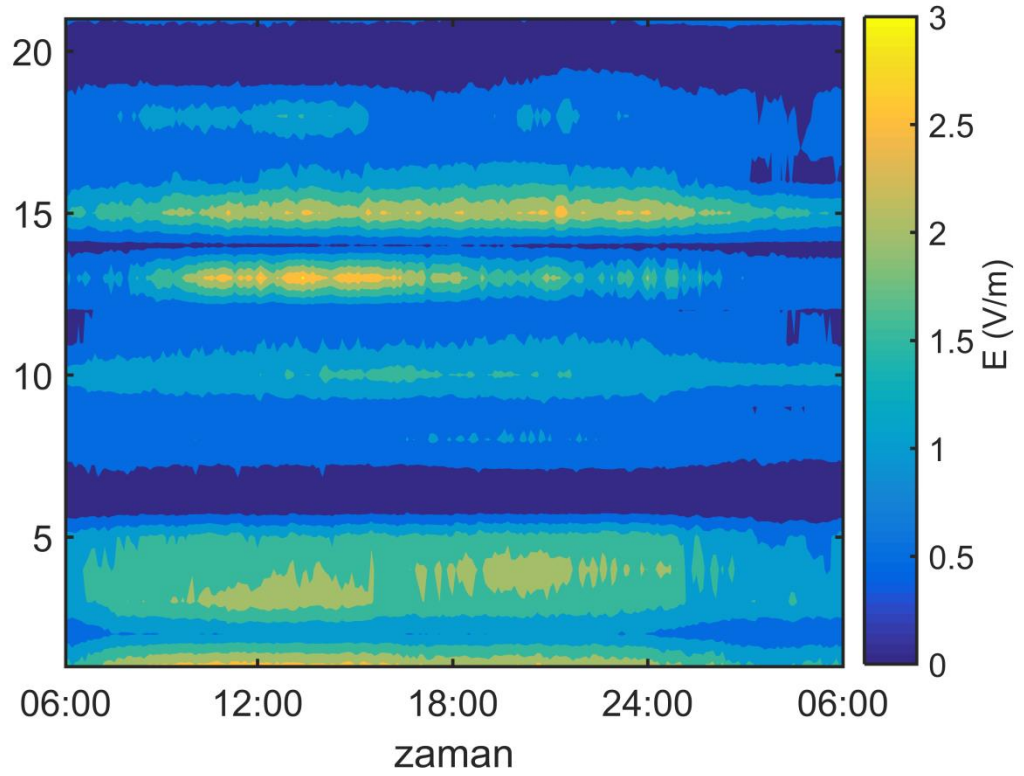


Şekil 4.8. Uzun süreli ölçümlerde E_{ort} değerlerinin değişimi

Uzun süreli ölçümlerde elde edilen $E_{\max}$ ve E_{ort} değerlerine bakıldığında değerlerin birbirleriyle uyumlu çıktıkları, artış ve azalışlarında benzerlik olduğu ve elektrikli cihaz sayısının ani değişiminden fazla etkilenmedikleri görülmüştür. 24 saatlik ölçümle elde edilen $E_{\max}$ ve E_{ort} değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.9'daki grafikte daha iyi anlaşılmaktadır. Şekil 4.10'da ise 21 hastanede uzun süreli ölçümlerde elde edilen E değerlerinin 24 saate göre değişimi gösterilmiştir.



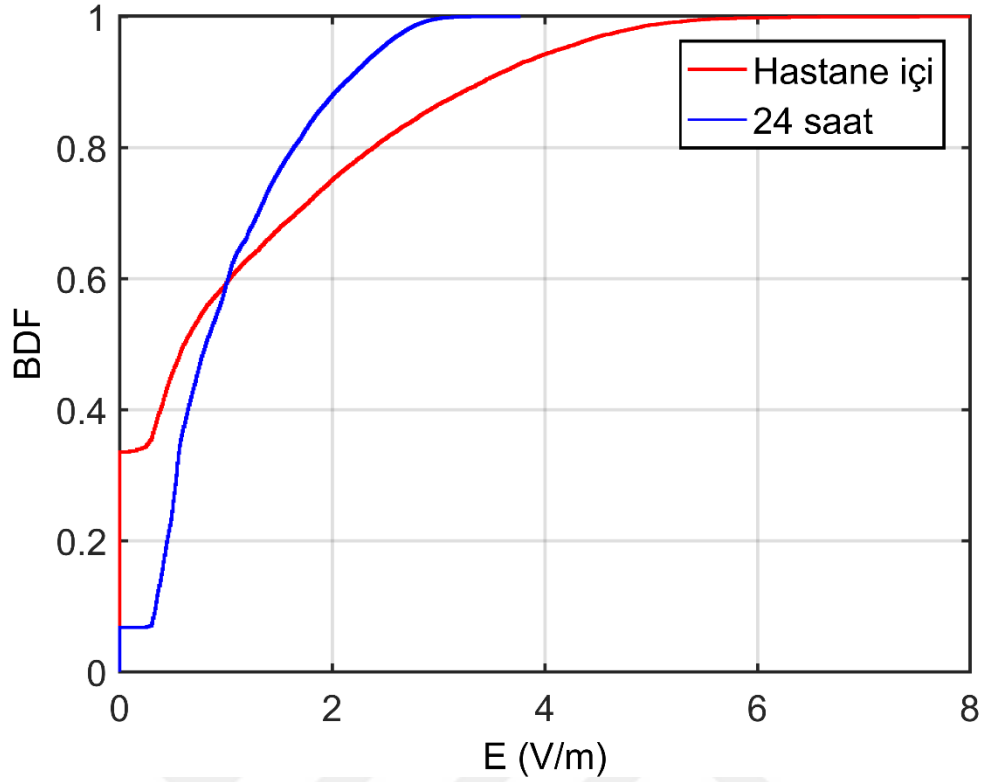
Şekil 4.9. Uzun süreli ölçümlerde $E_{\max}$ ve E_{ort} değerlerinin değişimi



Şekil 4.10. 21 hastane için 24 saatlik E'nin değişimi

Şekil 4.10'den görüldüğü üzere 24 saatlik ölçüm sonucunda E değerinin en yüksek olduğu zaman dilimi öğleden akşam saatlerine doğrudur. Düşük değerler H6, H19, H20 ve H21 konumlarında ölçülürken yüksek değerler ise H1, H4, H10, H13, H15 konumlarında ölçülmüştür.

Kısa ve uzun süreli ölçümlerde elde edilen E'nin birikimli dağılım fonksiyonu grafiği ise Şekil 4.11'de verilmiştir. Şekil 4.11'de görüldüğü gibi ölçüm değerlerinin %90'ı 3.41 V/m'den düşüktür ve %86.5'i de 3 V/m'nin altında değerlerdir.



Şekil 4.11. Hastane içindeki E değerlerinin birikimli dağılım fonksiyonu

21 hastanede gerçekleştirilen 24 saatlik ölçüm sonuçlarına göre elde edilen E değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analizler 15 saniye aralıklı E değerleri arasında, 6 dakika aralıklı ortalama E değerleri arasında ve 1 saat aralıklı ortalama E değerleri arasında yapılmıştır.

Korelasyon, iki veya daha fazla değişken arasında bir ilişki olup olmadığını, eğer ilişki varsa bu ilişkinin miktarını ve yönünü sayısal olarak belirlememizi sağlayan istatistiksel bir tekniktir. Bu iki değişken arasındaki ilişkinin derecesine korelasyon katsayısı denir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değer alır. Korelasyon katsayısı +1'e yaklaştıkça iki değişken arasında aynı yöndeki ilişki artar yani değişkenlerden biri artarken diğeri de artar. -1'e yaklaştıkça da iki değişken arasında ters yönde ilişki artar yani değişkenlerden biri artarken diğeri azalır. Korelasyon katsayısı 1 olduğunda ilişki mükemmel, 0 olduğunda ise ilişki yok anlamındadır. Korelasyon katsayısının formülü (4.1) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanmaktadır. 15 saniye, 6 dakika ve 1 saat aralıklı ortalama E değerleri için hesaplanan korelasyon katsayıları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.1)$$

r : korelasyon katsayısı

x_i : x i'inci değeri

y_i : y i'inci değeri

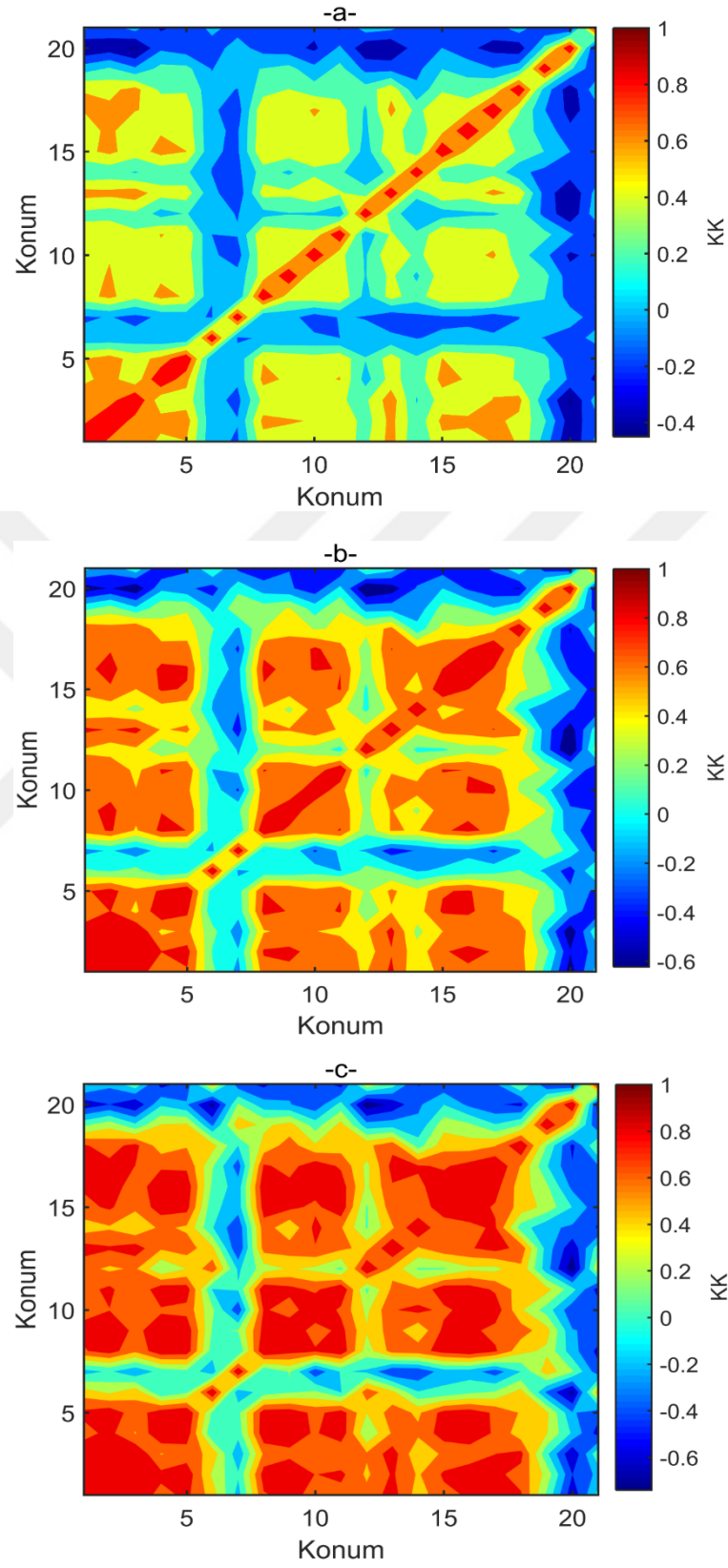
$\bar{x}$: x verilerinin ortalaması

$\bar{y}$: y verilerinin ortalaması

Çizelge 4.3. Ortalama E değerleri için hastaneler arasındaki korelasyon katsayıları

15 saniye aralıkla hesaplanan E_{ort} değerleri için		6 dakika aralıkla hesaplanan E_{ort} değerleri için		1 saat aralıkla hesaplanan E_{ort} değerleri için	
Korelasyon Katsayısı	Hastaneler	Korelasyon Katsayısı	Hastaneler	Korelasyon Katsayısı	Hastaneler
0.7554	H1-H2	0.9177	H1-H2	0.9644	H1-H2
0.7482	H1-H3	0.8952	H1-H3	0.9598	H8-H16
0.7209	H2-H3	0.8725	H2-H5	0.9506	H4-H8
0.7190	H3-H13	0.8582	H2-H16	0.9497	H8-H11
0.6929	H2-H5	0.8549	H3-H13	0.9472	H11-H16

Şekil 4.12.a'da 15 saniye aralıkla elde edilen E değerleri, Şekil 4.12.b'de 6 dakikalık ortalama ile elde edilen E değerleri, Şekil 4.12.c'de ise 1 saatlik ortalama ile elde edilen E değerleri için hastaneler arasında korelasyon analizi yapılmıştır.

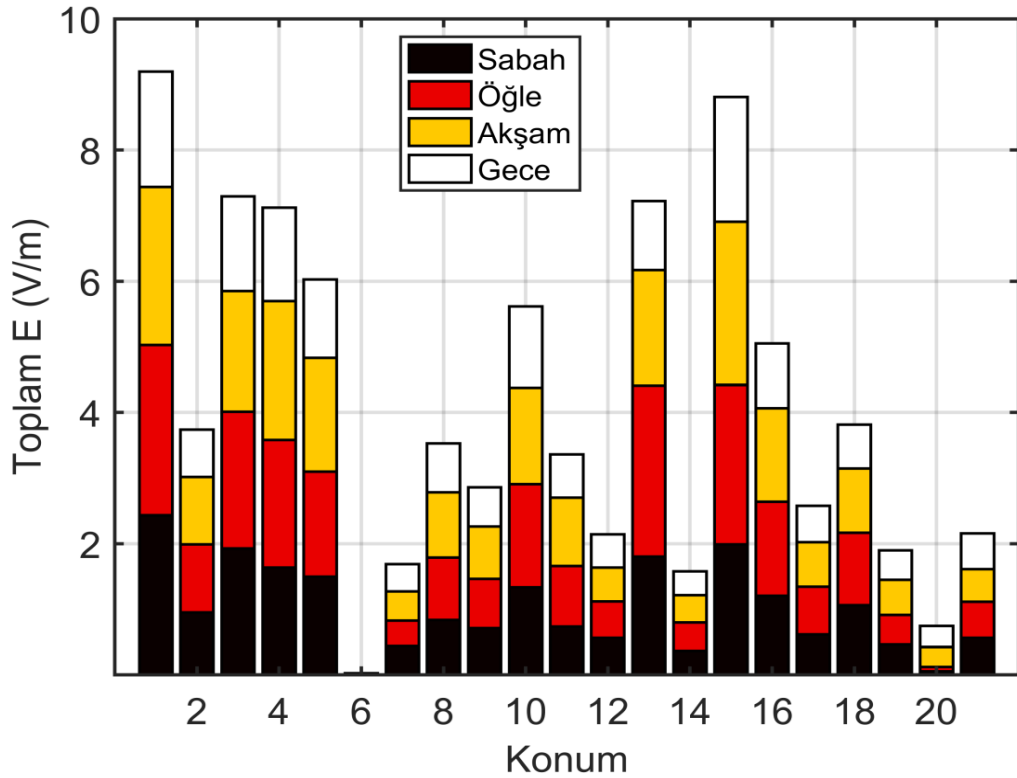


Şekil 4.12. a)15 sn, b) 6 dakika, c)1 saat aralıklı E değerleri için korelasyon analizleri

15 saniye aralıklı, 6 dakika aralıklı ve 1 saat aralıklı E değerlerinin korelasyon analizine bakıldığında en yüksek korelasyon değeri H1 ve H2 (2 nolu konumdaki hastane) arasında görülmüştür. Bunun nedeni ise iki konumun da birbirine oldukça yakın ve etkilendikleri dış etkenlerin benzer olması olarak düşünülebilir.

H1 ve H2 konumları arasındaki korelasyon katsayısı 15 saniye aralıklı hesaplanan E değerlerine göre 0.7554, 6 dakika aralıklı hesaplanan E değerlerine göre 0.9177 ve 1 saat aralıklı hesaplanan E değerlerine göre 0.9644'tür. Korelasyon katsayıları 1 saat aralıklı alınan ortalama E değerlerinde daha yüksek çıkmıştır. En düşük korelasyon değerleri H6, H20 ve H21 konumları ile diğer konumlar arasında çıkmıştır. Buna neden olarak H20 ve H21'in şehir merkezine uzak olmaları ve yakınlarında baz istasyonunun olmaması gösterilebilir. H6 için ise şehir merkezinde olmasına rağmen etrafında baz istasyonunun olmaması sebep olabilir.

24 saatlik ölçüm yapılırken gün 6 saatlik aralıklara bölünmüştür (Sabah, Öğle, Akşam ve Gece). Sabah 06:00-12:00 arasını, Öğle 12:00-18:00 arasını, Akşam 18:00-24:00 arasını ve Gece 24:00-06:00 arasını kapsar. Şekil 4.13'te günün 4 bölümündeki E değerleri verilmiştir.



Şekil 4.13. Günün belirli aralıkları için ortalama E değerleri

En yüksek E değerleri öğlen ve akşam saatlerinde ölçülürken en düşük E değerleri ise gece saatlerinde kaydedilmiştir. Bu uzun süreli ölçüm sonuçlarının ortalamaları incelendiğinde sabah için hesaplanan ortalama E değeri 1.01 V/m, öğlen için 1.15 V/m, akşam için 1.12 V/m ve gece için 0.84 V/m'dir. Öğlen ölçülen E değeri gece ölçülen E değerinden yaklaşık %37 daha fazladır.

4.3. Bant Seçici Ölçümler

H1' de yapılan kısa ve uzun süreli E ölçümlerin ardından bant seçici ölçüm yapılmıştır. Bu ölçüm 24 saatlik uzun süreli ölçüm yapılan noktada SRM-3006 kullanılarak yapılmıştır. Bant seçici ölçümün amacı, elde edilen E değerlerinin kaynaklarını bulmak ve E değerini bu kaynakların ne kadar etkilediğini belirlemektir. Çizelge 4.4'te H1 konumunda ölçülen E değerini etkileyen kaynaklar ve katkıları gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. H1 konumunda bant seçici kaynakların katkıları

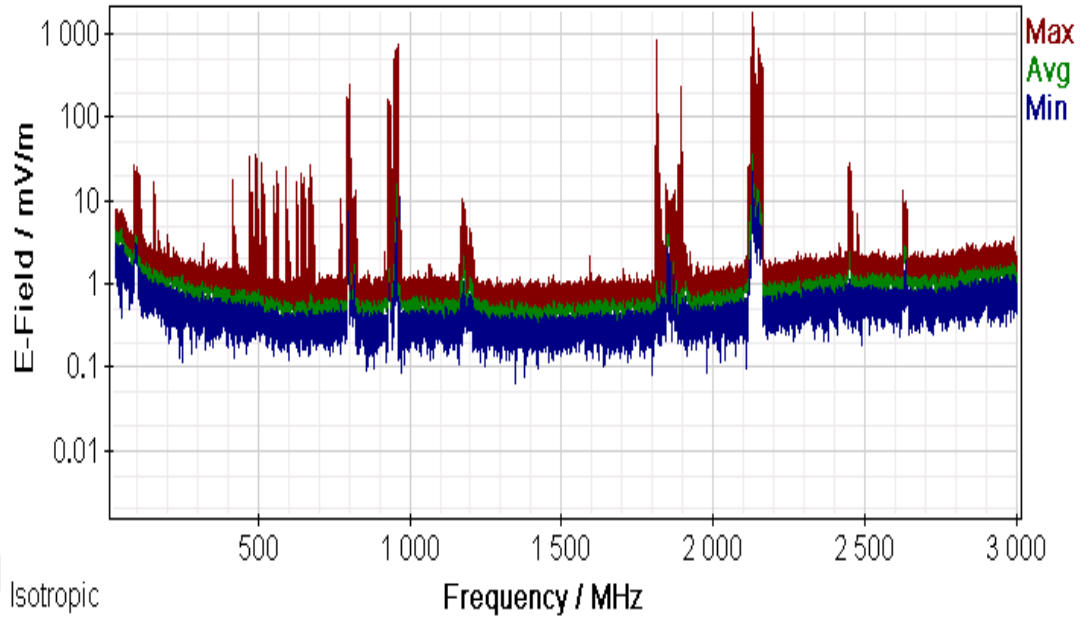
İndeks	Servis Adı	Alt Frekans	Üst Frekans	E (V/m)
1	Low Band	30 MHz	87.5 MHz	0.044
2	FM Band	87.5 MHz	108 MHz	0.107
3	Air Band	108.1 MHz	136 MHz	0.016
4	Land Band-I	136.1 MHz	173 MHz	0.027
5	TV VHF Band	173.1 MHz	230 MHz	0.017
6	Land Band-II	230.1 MHz	400 MHz	0.022
7	Land Band-III	400.1 MHz	470 MHz	0.012
8	TV UHF Band	470.1 MHz	790.9 MHz	0.072
9	LTE800	791MHz	820.9 MHz	0.179
10	ETC1	821 MHz	925 MHz	0.012
11	LTE900	925.1MHz	935.1 MHz	0.151
12	GSM900	935.1 MHz	961.0 MHz	1.131

Çizelge 4.4. H1 konumunda bant seçici kaynakların katkıları (devam)

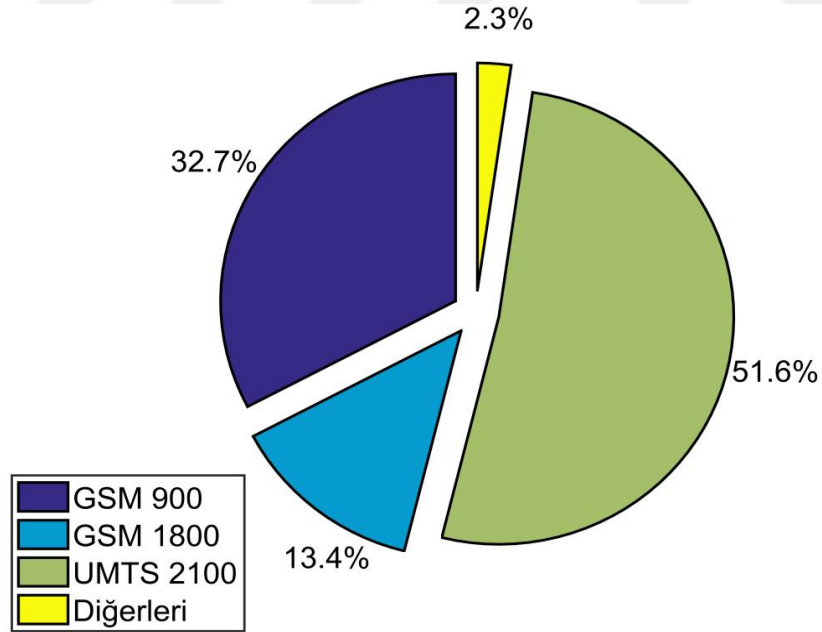
13	ETC2	961.1 MHz	1.805 GHz	0.031
14	GSM1800	1.805 GHz	1.820 GHz	0.724
15	LTE1800	1.820 MHz	1.879 MHz	0.068
16	DECT	1.880 GHz	1.899 GHz	0.006
17	ETC3	1.899 GHz	2.010 GHz	0.014
18	UMTS2100	2.010 GHz	2.170 GHz	1.420
19	ETC4	2.171 GHz	2.399 GHz	0.028
20	WLAN	2.400 GHz	2.483 GHz	0.023
21	ETC5	2.484 GHz	2.569 GHz	0.019
22	LTE2600	2.570 GHz	2.670 GHz	0.023
23	ETC6	2.671 GHz	3.000 GHz	0.043
Toplam				1.978

Çizelge 4.4 'ten anlaşılacağı üzere H1 konumunda temel E kaynakları; GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekans bandını kullanan baz istasyonlarıdır.

En temel kaynak ise UMTS 2100 'dür. Bu konumda yapılan ölçümün spektrumu Şekil 4.14'te, pasta grafiği ise Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.14. H1 konumunda yapılan bant seçici ölçümün spektrum görüntüsü

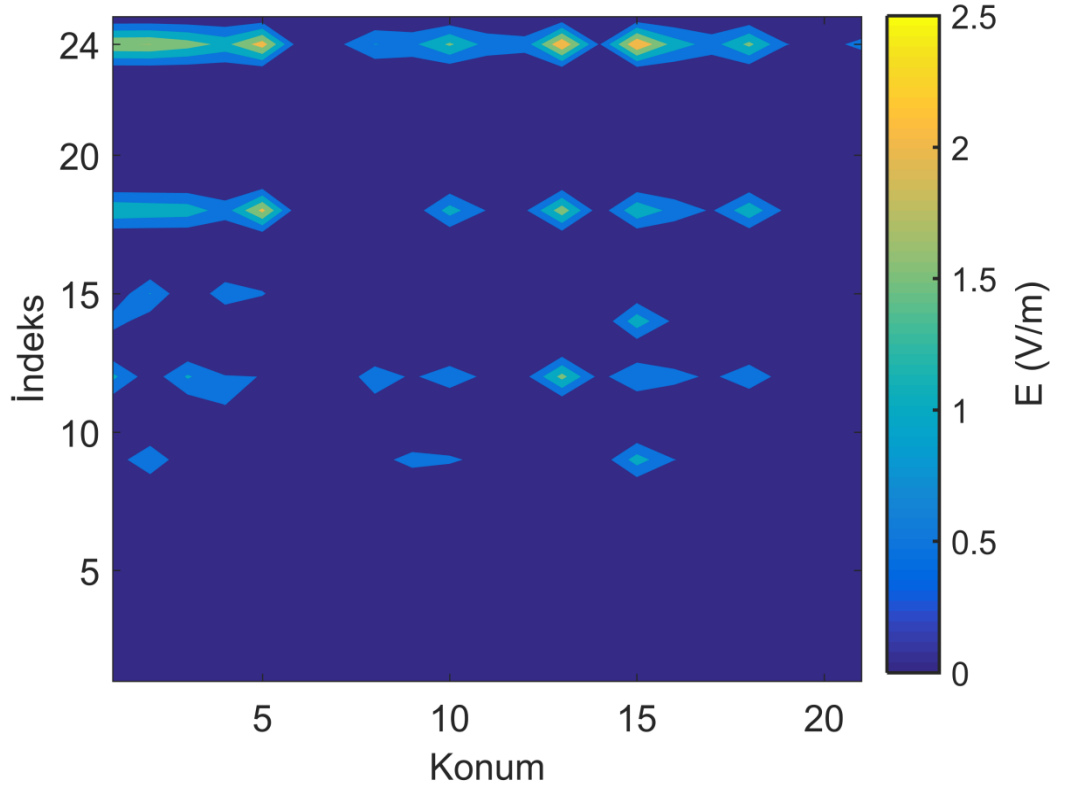


Şekil 4.15. H1 konumunda yapılan bant seçici ölçümün pasta grafiği

Şekil 4.15'ten de anlaşılacağı üzere ölçülen E değerinin yarısından fazlasını UMTS 2100 frekansını kullanan baz istasyonu oluşturmaktadır. UMTS 2100'ü %32.7

ile GSM 900, %13.4 ile de GSM 1800 takip etmektedir. Geri kalan diğer kaynakların etkisi ise %2.3 oranındadır.

Uzun süreli ölçümlerin yapıldığı tüm noktalarda SRM-3006 ile bant seçici E ölçümleri de yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçlarına göre bant seçici kaynakların ölçümlerde elde edilen E değerlerine sağladıkları katkıların hastanelere göre gösterimi Şekil 4.16'da, katkı yüzdeleri ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.



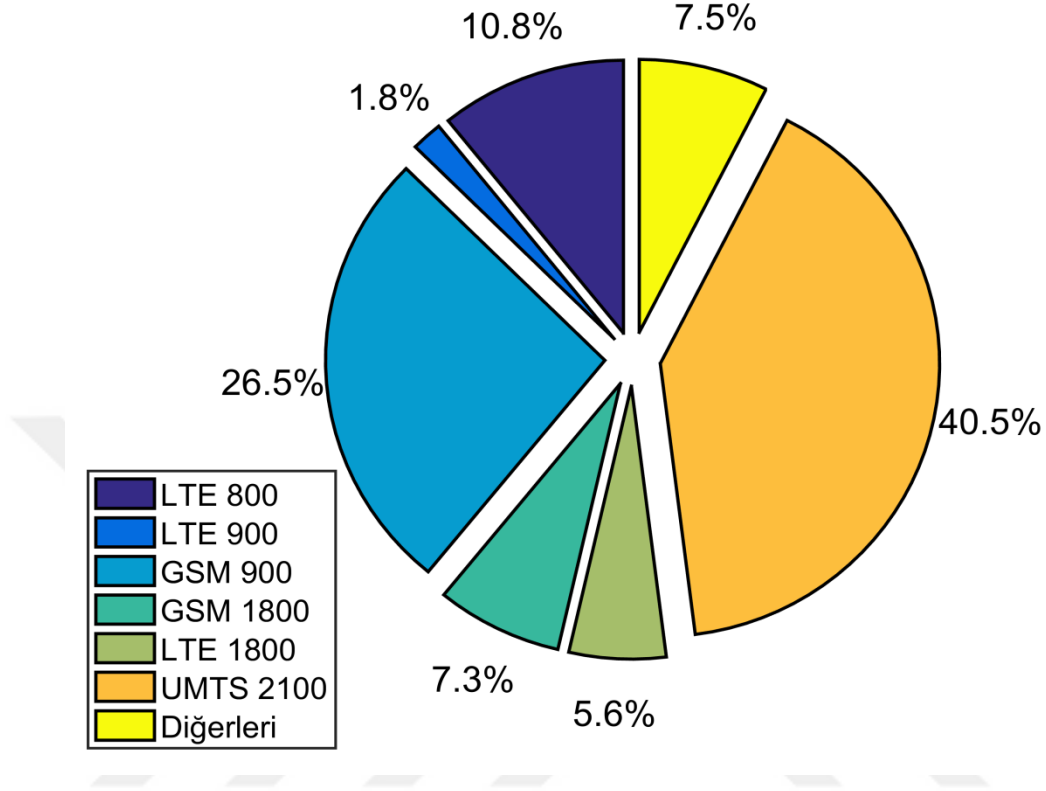
Şekil 4.16. Konumlara göre bant seçici E değerleri

Çizelge 4.5. Bant seçici kaynakların ölçülen E değerleri üzerindeki katkıları

Konumlar	Katkı (%)							Diğer
	LTE 800	LTE 900	GSM 900	GSM 1800	LTE 1800	UMTS 2100	LTE 2600	
H1	0.82	0.59	32.7	13.4	0.11	51.6	0.01	0.77
H2	24.5	1.71	0.89	1.23	25.9	45	0.19	0.58
H3	0.01	1.15	37	6.63	0.01	54.5	0.01	0.69
H4	0.01	14.4	15	0.01	37.5	31.8	0.02	1.26
H5	0	0.04	4.74	0	5.7	89	0	0.52
H6	1.63	0.21	3.25	0.56	1	2.94	1.53	88.88
H7	0.29	0.51	12.6	6.15	0.45	66.4	0.23	13.37
H8	9.41	10.5	58.8	1.76	2.86	12.8	1.51	2.36
H9	60.1	2.68	24.1	0.77	5.73	3.91	0.62	2.09
H10	13.5	0.25	24.9	0.56	0.33	59.8	0.02	0.64
H11	17.7	0.83	22.1	9.42	13.8	33	0.53	2.62
H12	5.51	0.77	22.3	27.4	7.15	32.6	0.93	3.34
H13	0.03	0.01	45.7	0.02	0	53.6	0.04	0.6
H14	12	0.49	56.7	1.11	0.62	20.1	0.23	8.75
H15	24.6	0.1	15.1	27.9	0.06	31.8	0	0.44
H16	15.8	0.23	28.3	8.78	5.11	40.4	0.33	1.05
H17	20.5	0.66	26.9	12.2	4.95	32.8	0.09	1.9
H18	0.07	0.09	27.1	0.94	0.32	70.8	0.01	0.67
H19	0.3	0.54	24.3	18.5	1.01	50.2	0.12	5.03
H20	0.47	0.55	23.3	15	0.2	44.6	0.32	15.56
H21	18.7	0.26	50.8	0.52	5.24	21.2	0.06	3.22
Toplam	10.75	1.74	26.50	7.27	5.62	40.42	0.32	7.34

Bant seçici ölçüm yapılan 21 hastanede ölçülen E değerlerine en yüksek katkı sağlayan kaynak %40.42 ile UMTS 2100 frekans bandını kullanan baz istasyonlarıdır. UMTS 2100'ü %26.5 ile GSM 900, %10.75 ile LTE 800, %7.27 ile GSM 1800, %5.62

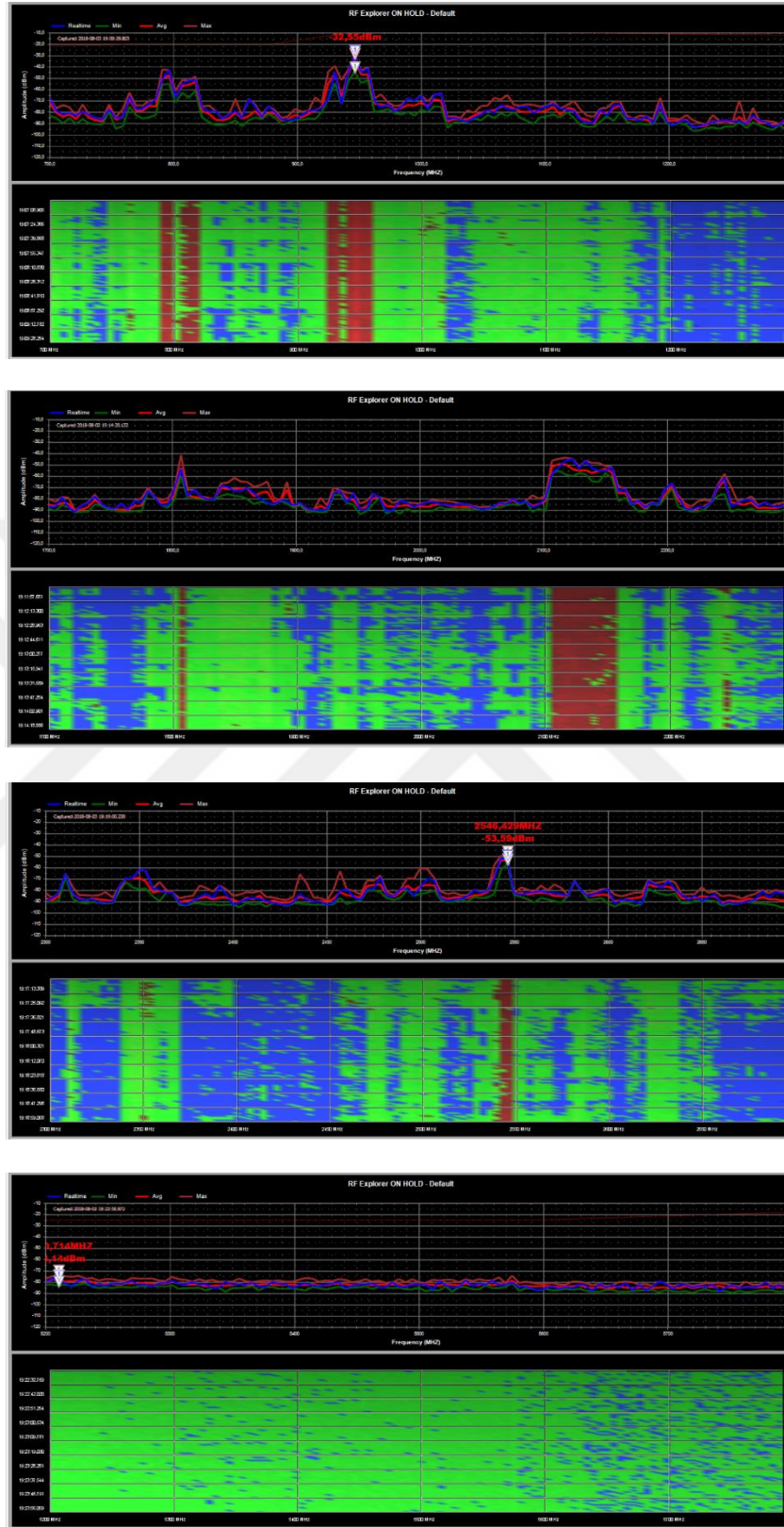
ile LTE 1800 ve %1.74 ile LTE 900 ve takip etmektedir. %7.66'sını ise diğer kaynaklar oluşturmaktadır. Şekil 4.17'de bant seçici ölçüm kaynaklarının katkı yüzdeleri bir pasta grafiği ile verilmiştir.



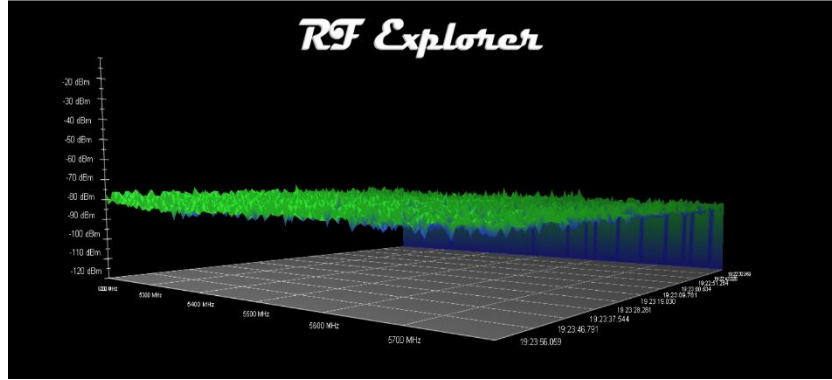
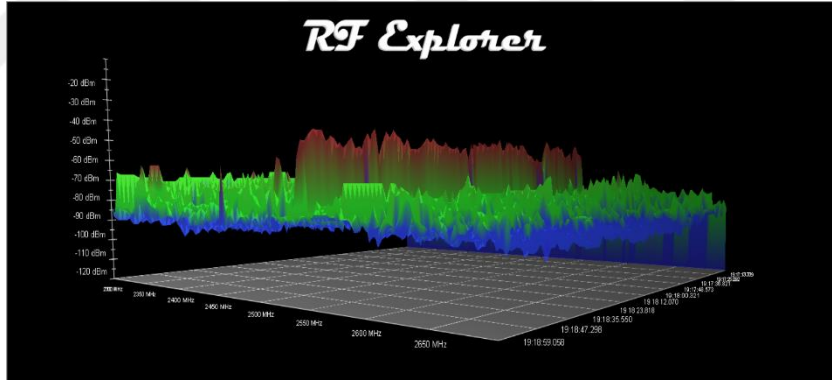
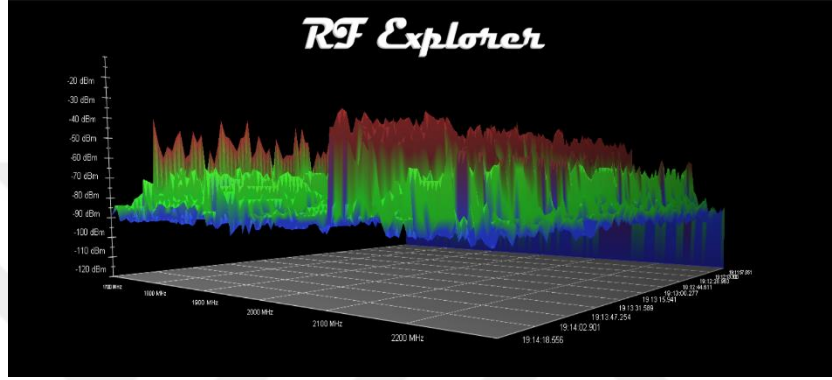
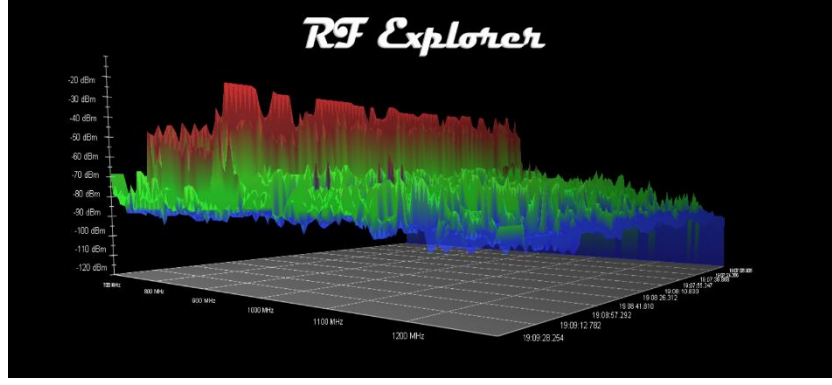
Şekil 4.17. 21 Hastanede ölçülen bant seçici E değerlerinin pasta grafiği

4.4. Spektrum Analizörü Ölçümleri

RF Explorer Combo 6G cihazı ile 3 GHz'e kadar alınan spektrum örneklerinin SRM-3006 ile alınanlar ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.18'den de görüldüğü gibi 5GHz-6GHz arasında aktif çalışan bir servis hastane ortamında bulunmamaktadır. RF Explorer Combo 6G cihazı ile frekans spektrumun zamanla değişimi Şekil 4.19'da verilmiştir. Şekil 4.19'dan da görüldüğü gibi özellikle baz istasyonunu kullanan kullanıcı sayısındaki anlık değişimlere bağlı olarak spektrum kullanımı da değişebilmektedir.



Şekil 4.18. RF-Explorer Combo 6G cihazı ile frekans spektrumunun incelenmesi



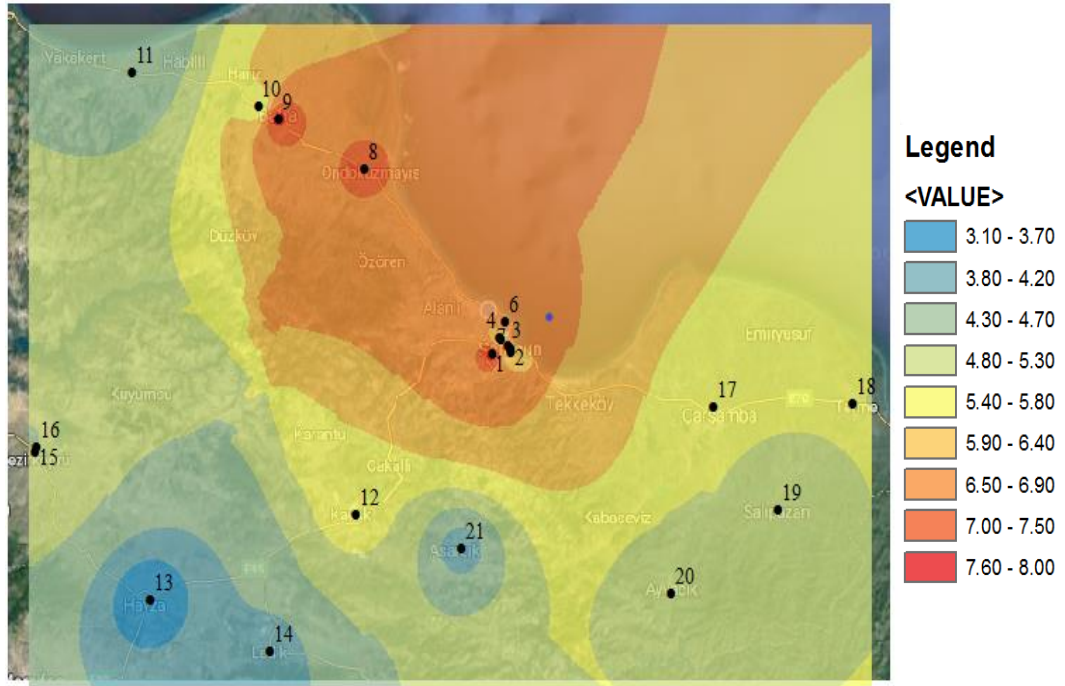
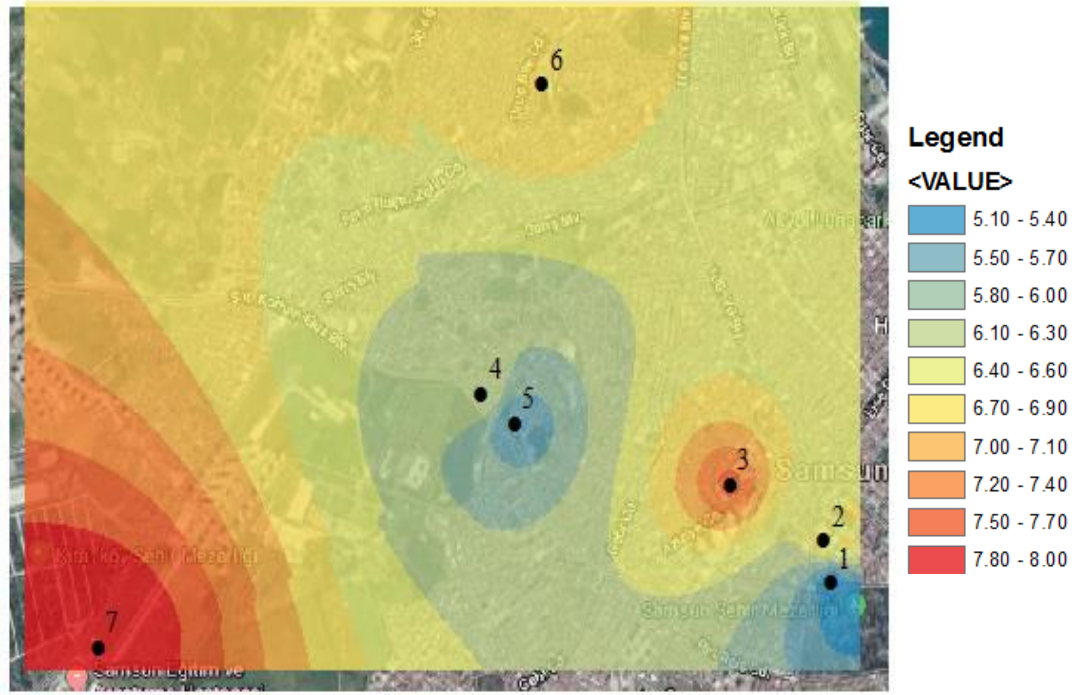
Şekil 4.19. Frekans spektrumunun zamanla değişiminin incelenmesi

4.5. Elektrik Alan Şiddeti Değerlerinin Harita Üzerine Aktarılması

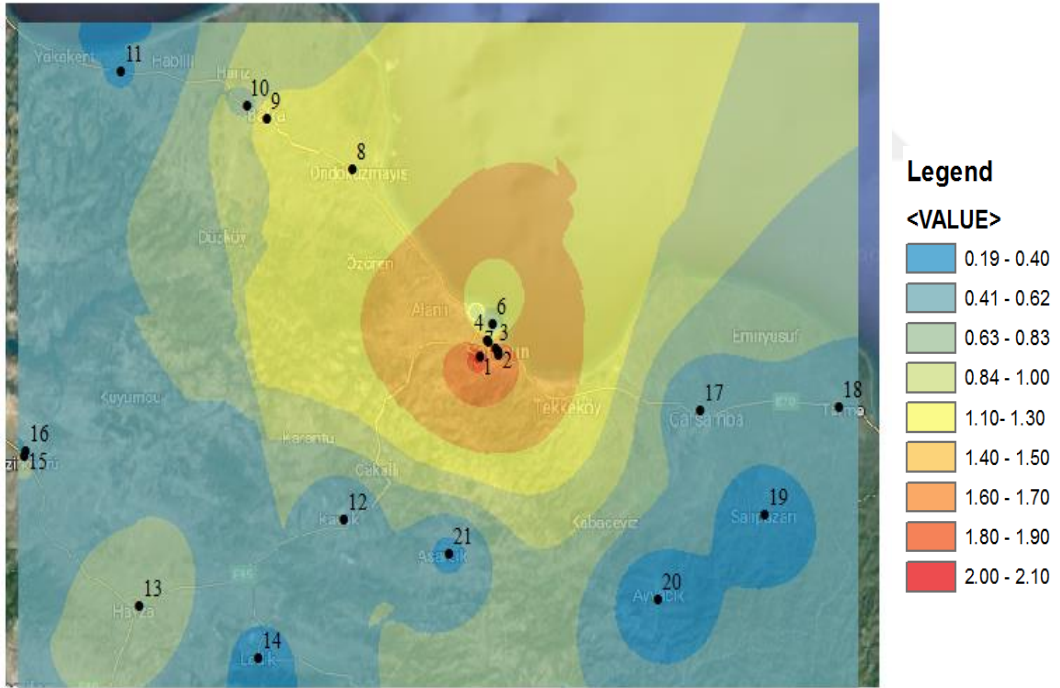
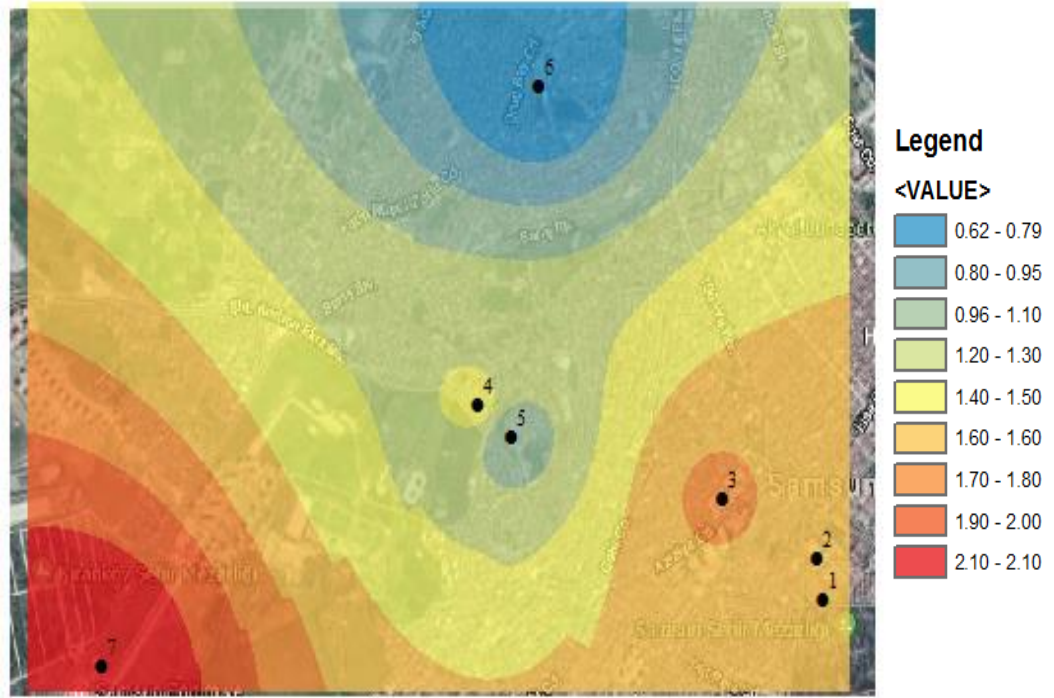
Samsun ilinde 21 farklı hastanede gerçekleştirilen ölçümlerde elde edilen E değerlerini daha iyi gözlemleyebilmek ve hangi bölgelerde değerlerin daha yüksek olduğunu belirleyebilmek amacıyla ölçüm sonuçları ArcGIS programı aracılığıyla ölçekli renk haritasına aktarılmıştır. Renk haritasında 9 adet ölçeklendirme yapılmıştır. Haritalar ilk 7 konum arasındaki mesafenin kısa olması sebebiyle ilk 7 konum ve tüm konumlar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Kısa süreli ölçümlerde elde edilen $E_{\max}$ değerlerine ait haritalar Şekil 4.20’de, E_{ort} değerlerine ait haritalar ise Şekil 4.21’de verilmiştir.

Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’deki haritalarda görüldüğü üzere kısa süreli ölçümlerde ölçülen en yüksek $E_{\max}$ ve E_{ort} değerleri 7 nolu hastanede elde edilmiştir. Kısa süreli ölçümlerde şehir merkezinde değerler daha yüksek ölçülürken şehir merkezinden uzaklaştıkça EMA değerlerinde azalma görülmüştür. Daha sonra gerçekleştirilen uzun süreli ölçümlerde elde edilen $E_{\max}$ değerlerine ait haritalar Şekil 4.22’de, E_{ort} değerlerine ait haritalar ise Şekil 4.23’te verilmiştir.

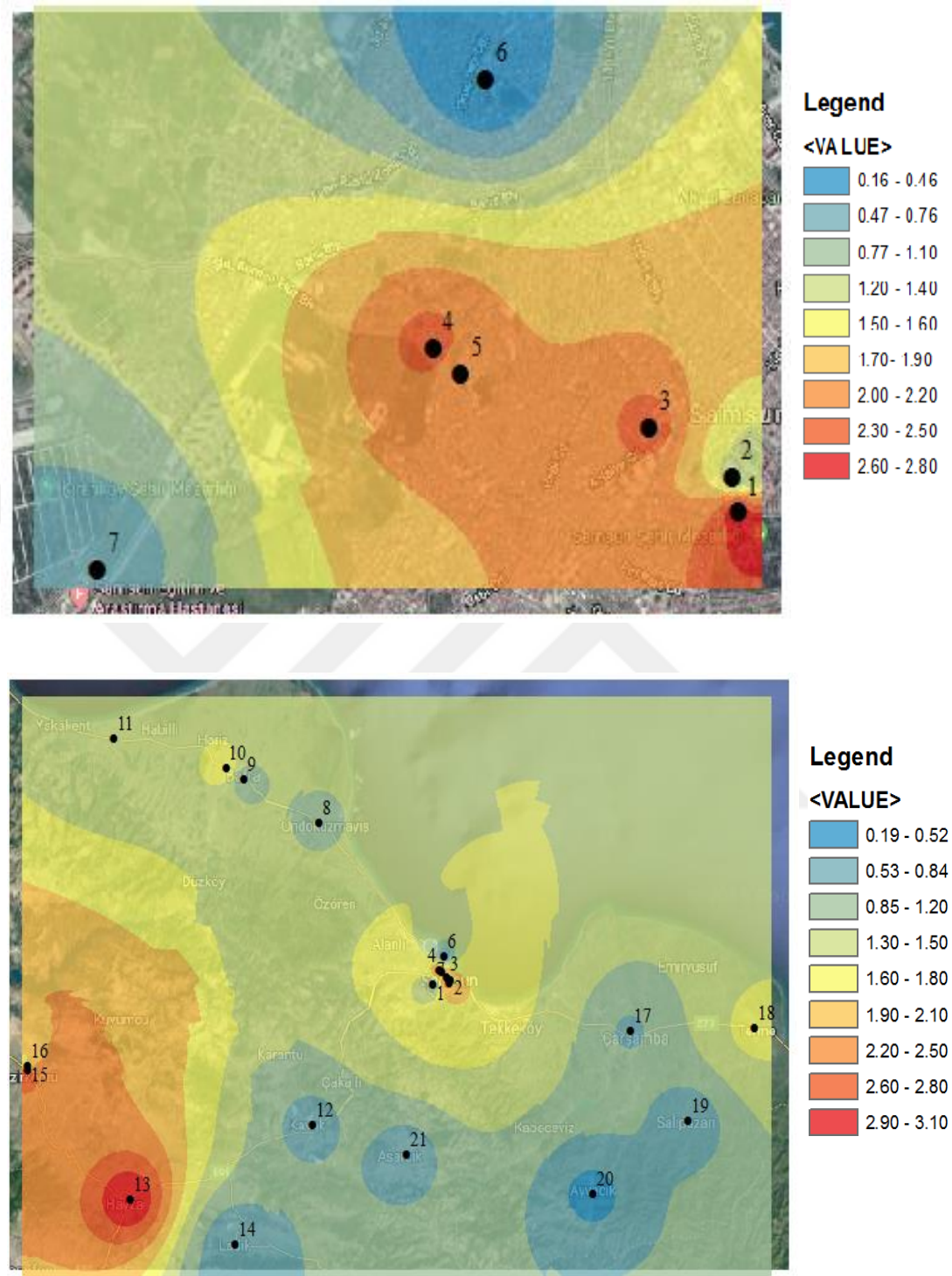
Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’te verilen haritalara bakıldığında en yüksek $E_{\max}$ değeri 13 nolu hastanede, en yüksek E_{ort} değeri ise 1 nolu hastanede ölçülmüştür. Haritalarda görülen bu değişimler personel sayısı, hasta ve hasta yakını sayısı, yoğunluk ve çevrede bulunan baz istasyonları, yüksek gerilim hatları ve diğer elektromanyetik kaynaklara bağlı olarak oluşmaktadır.



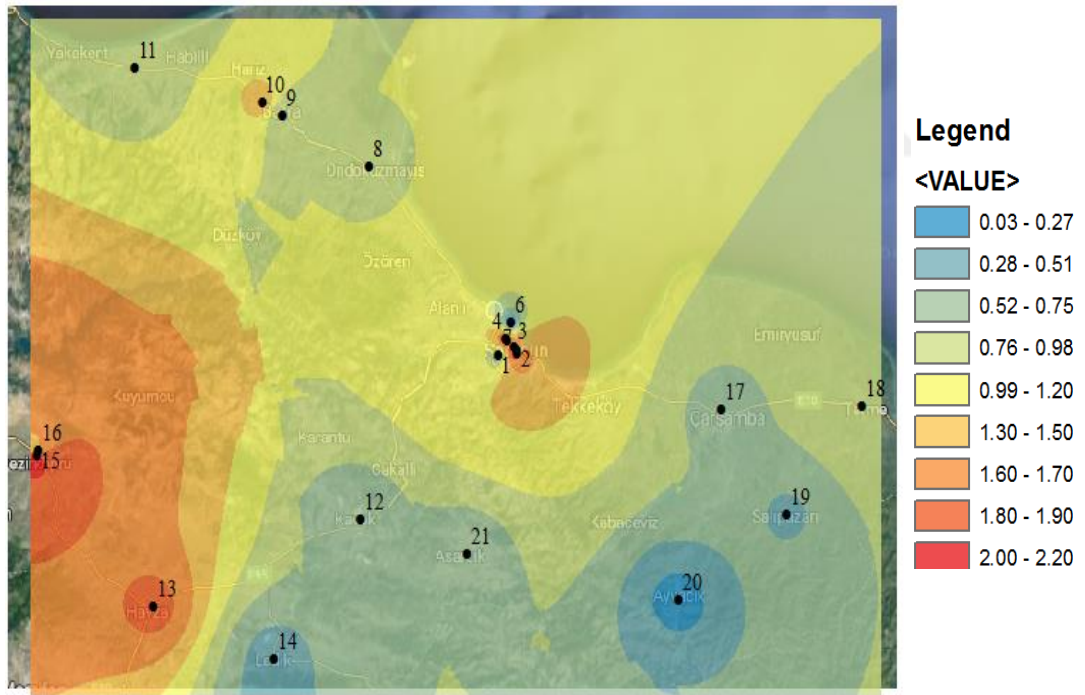
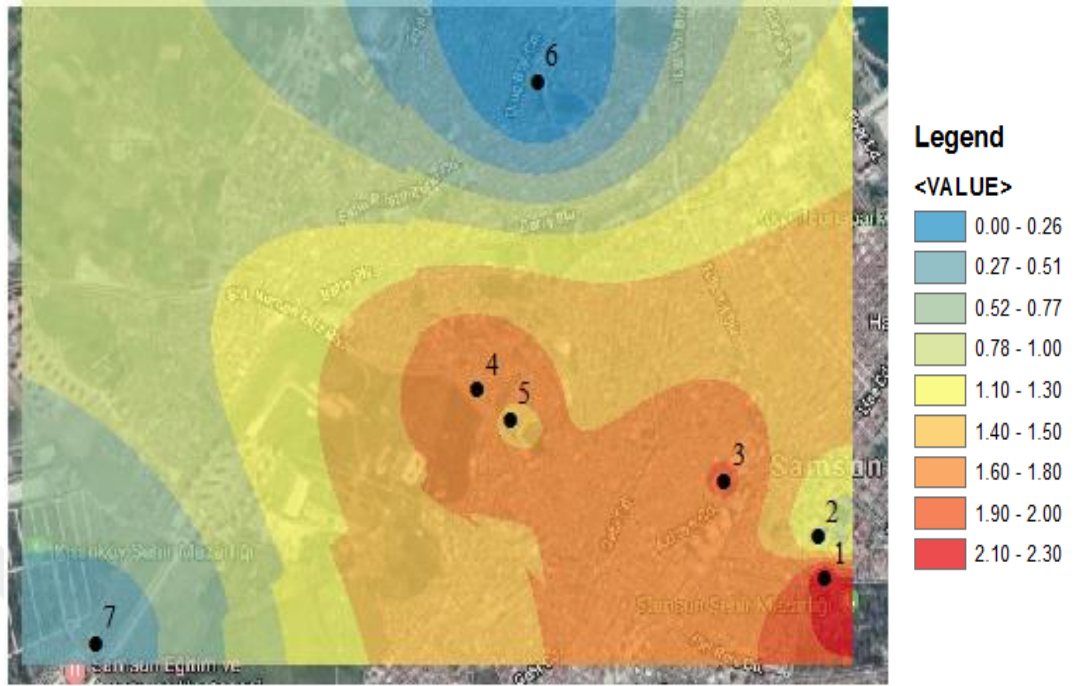
Şekil 4.20. Kısa süreli EMA ölçümleri için E_{max} haritaları



Şekil 4.21. Kısa süreli EMA ölçümleri için E_{ort} haritaları



Şekil 4.22. Uzun süreli EMA ölçümleri için E_{max} haritaları



Şekil 4.23. Uzun süreli EMA ölçümleri için E_{ort} haritaları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hastane ortamlarında bulunan tıbbi cihazlar, Wi-Fi, cep telefonları, çevredeki baz istasyonları ve yüksek gerilim hatları hasta ve personel üzerinde elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Oluşan elektromanyetik alan seviyesinin belirlenmesi hasta ve personel açısından önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada Samsun ilinde bulunan 21 hastanede üç aşamalı elektromanyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında ilk olarak 21 hastanede tüm katlar dolaşarak kısa süreli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu kısa süreli ölçümlerde elde edilen E değerlerinin en yüksek olduğu konumda 24 saatlik uzun süreli ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde PMM 8053 cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile E_{max} ve E_{ort} değerleri kaydedilmiştir. Kısa süreli ölçümlerde elde edilen en yüksek E_{max} değeri 8.01 V/m, en yüksek E_{ort} değeri ise 2.12 V/m olarak H7’de elde edilmiştir. Uzun süreli ölçümlerde ise en yüksek E_{max} değeri 3.11 V/m olarak H13’te, en yüksek E_{ort} değeri ise 2.29 V/m olarak H1’de ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler BTK’nın yönetmeliğinde belirlenen limit değerlerin altındadır.

Bir sonraki aşamada, elde edilen bu E değerlerinin kaynaklarını belirlemek için SRM-3006 cihazı ile bant seçici ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre hastanelerde oluşan elektromanyetik alanın % 40.42’sini UMTS 2100 frekans bandını kullanan baz istasyonları oluşturmaktadır. %26.5’ini GSM 900, %10.75’ini LTE 800, %7.27’sini GSM 1800, %5.62’sini LTE 1800, %1.8’ini LTE 900 ve %7.66’sını da diğer frekans seçici kaynaklar oluşturmaktadır.

Son olarak ise tüm ölçüm sonuçları ArcGIS programı ile haritalara aktarılmıştır. Böylece hangi bölgedeki hastanelerde E değerlerinin daha yüksek çıktığı daha kolay görülebilecektir.

Bu tez çalışması sayesinde ilk defa bir ilde bulunan hastanelerle ilgili bu kadar geniş çapta elektromanyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler ile Samsun ilinde bulunan 21 hastanedeki elektromanyetik alan seviyeleri hakkında bilgi edinilmiş olup daha sonra gerçekleştirilecek olan diğer çalışmalara kaynak oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonymous (2016). https://www.atecorp.com/atecorp/media/pdfs/data-sheets/pmm-ep_hp_brochure.pdf (Erişim tarihi: 19.11.2018)
- Anonymous (2016). https://www.atecorp.com/ATECorp/media/pdfs/data-sheets/Narda-SRM-3006_Datasheet.pdf (Erişim tarihi: 19.11.2018)
- Anonymous (2012). <http://www.trkd.org.tr/yararli-bilgiler/radyasyon-nedir/641-iyonlastirici-radyasyon.html> (Erişim tarihi: 06.12.2018)
- Ata, R., Deligöz, O. ve Arıkan, E. 2016. Manisa Merkezi Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkartılması ve Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi. *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 12: 1, 67-74.
- Ata, R., Sevgil, S. ve Kuzlukloğlu, G. (2015). Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Binasında Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi. *Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu (EMANET 2015)*, 13-15 Kasım, Bildiri Özetleri Kitabı, Mersin, Türkiye.
- BTK, (2018). Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Taslağı. 12 Nisan 2018 tarihli Resmi Gazete.
- Coşkun, Ö. 2011. İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 1:2, 13-17.
- Çerezci, O. and Çitkaya, A.Y. (2014). Study of Electromagnetic Risk Analysis in Hospitals. *AMEREM 2014*, 27-31 July, Book of Abstracts, Albuquerque, New Mexico
- Çerezci, O. ve Yener, Ş.Ç., (2016) Sağlık Kuruluşlarında Elektromanyetik Kirliliğin İncelenmesi, 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016), 3-5 November, 1532-1540, Alanya, Türkiye.
- Çimen, B. (2018). İyonlaştırıcı Radyasyon Ve Çevre Güvenliği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, 76, Konya.
- Daşdağ, S. 2010. İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser. *Dicle Tıp Dergisi*, 37:2, 177-185.
- Elhasoğlu, D. (2006). Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, 122, Adana.
- Escobar, A. ve Cadavid H.(2010). IEEE Conference of the Andean Council (ANDESCON 2010), 15-17 September, Book of Abstracts, Bogota, Colombia.
- Frank, U. A. and Lodner, R. 1971. The hospital electromagnetic interference environment. *Journal of the Association for Advancement of Medical Instrumentation*. 5:4, 246–254.
- Gökmen, N., Erdem, S., Toker, K.A., Ocmen, E., Gökmen, B. I., Ozkurt, A. 2016, Analyzing Exposures to Electromagnetic Fields in an Intensive Care Unit. *Turk Journal Anaesthesiol Reanim* 2016; 44:5 236-40.
- Gutiérrez, O., Navarro, M. Á., Adana, F. S., Escobar, A., Moncada, M. E. and Muñoz, C. M. 2014. Study of Electromagnetic Compatibility in Hospital Environments. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 6, 141-155.
- Hanada, E., 2007. The Electromagnetic Environment Of Hospitals: How It Is Affected By The Strength Of Electromagnetic Fields Generated Both Inside And Outside The Hospital. *Ann Ist Super Sanita*, 43:3, 208-217.

- ICNIRP. 1998.Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz). *Health Physics*, 74 (4), 494-522.
- İlhan, M. N. (2008). Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık bilimleri Enstitüsü Halk Sağlığı Anabilim Dalı, 68, Ankara.
- İnce, T. (2007). Elektromanyetik Kirlilik. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 84, Ankara.
- Ishihara, S., Higashiyama, J., Onishi, T., Tarusawa, Y. and Nagase, K. (2014). Electromagnetic Interference with Medical Devices from Third Generation Mobile Phone Including LTE. 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 12-16 May, Book of Abstracts, 214-217, Tokya, Japan.
- Jeunink, S. P. P. (2017). Electromagnetic Sources in the Hospital Environment: Risks Analysis and Measures for Electro-Magnetic Compatibility (EMC). Master of Science Thesis, University Of Twente Faculty of Electrical Engineering, Mathematics & Computer Science, 83, The Netherlands.
- Karadağ, T., Abbasov, T. ve Karadağ, M.O. (2014) Measuring, Evaluating, and Mapping the Electromagnetic Field Levels in Turgut Ozal Medical Center Building and Environment. *Journal Of Turgut Ozal Medical Center*, 21:3, 186-195.
- Krishnamoorthy, S., Reed, J., Anderson, C., Robert, M. and Srikanteswara, S. (2003). Characterization of the 2.4 GHz ISM band electromagnetic interference in a hospital environment. 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 17-21 September, 3245–3248, Cancun, Mexico.
- Kurnaz, Ç. 2018. An Empirical Modeling of Electromagnetic Pollution on a University Campus. *ACES Journal*, 33:1,111-114.
- Kurnaz, Ç. and Bozkurt, M. C. 2016. Measurement and Evaluation of Electromagnetic Pollution Levels in Ünye District of Ordu. *Journal of New Results in Science*, 12, 149-158.
- Kurnaz, Ç. ve Aygün, T. 2018. Elektromanyetik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi: Ankara Örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (2018) 650-659.
- Kurnaz, Ç. ve Engiz, B. K. (2016). Elektromanyetik Kirlilik Ölçümleri ve Değerlendirmeler: Bir Alışveriş Merkezi Örneği. URSI-TÜRKİYE'2016 VIII. Bilimsel Kongresi, 1-3 Eylül, Bildiri Özetleri Kitabı, ODTÜ, Ankara.
- LaSorte N. J., Barnes, W. J. and Refai, H. H. 2009. Characterization of the Electromagnetic Environment in a Hospital and Propagation Study. *2009 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, doi:10.1109/IEMC.2009.5284561
- Lauer, O., Riederer, M., Karoui, N., Vahldieck, R., Keller, E. and Fröhlich, J. (2008). Characterization of the Electromagnetic Environment in a Hospital. Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility & 474 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2008), 19–22 May, Book of Abstracts, 474-477, Singapore.
- Lee, S. , Kim, N. (2015). Measurement and analysis of the electromagnetic fields radiated by the medical devices. 9th International Symposium on Medical

- Information and Communication Technology (ISMICT). Organizasyon ismi, 24-26 March, Book of Abstracts, 56-58, Kamakura, Japan.
- Özen, Ş., Helhel, S., Kahya, G., Çakır, M. and Yalçın, S. 2014. Evaluations Of Occupational Exposure And Magnetic Field Levels At Hospital Environments. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. 20:8, 300-303. doi: 10.5505/pajes.2014.82905
- Riederer, M., Lauer, O., Fahrni, P., Vahldieck, R. and Fröhlich, J. (2010). Characterization of the Electromagnetic Environment in a Hospital. *IEEE EMC Society Newsletter*, 224, 50-56.
- Sankari, J., Vahekoski, T., Seppälä, T. and Korpinen, L. (2016). Examples of Extremely Low-frequency Magnetic Field Measurements at Treatment Facilities of a University Hospital. 2016 Progress In Electromagnetic Research Symposium (PIERS), 8–11 August, Book of Abstracts, 1416-1418, Shanghai, China
- Sarıkahya, N. M. (2014). Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması ve Sonuçlarının İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 103, Ankara.
- Sıray, B., Canseven, A. G. ve Seyhan, N. (2016). Kablosuz İletişim Kaynaklı Elektromanyetik Kirlilik Ve Olası Sağlık Ve Biyolojik Etkileri [2016/3]. TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2016/3
- Silsüprü, G. B.(2014). Ofis Ortamındaki Mesleki Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Belirlenmesi Ve Risk Düzeyinin Tespit Edilerek Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma, Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 94, Ankara
- Tükkân, A. (Editör) 2012. Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri. F. ÖZSAN Matbaacılık San. Tic. LTD. ŞTİ., 11-18, Bursa.
- Vlach, P., Liu-Hinz, C., Segal, B., Skulic, B., Pavlasek, T. (1995). The Electromagnetic Environment due to Portable Sources in a Typical Hospital Room. Proceedings of 17th International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, 20-23 September, Book of Abstracts, 683-684, Montreal, Quebec, Canada.
- Yakıncı, Z. D. 2016. Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 4:2, 44-54.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Tülay AYGÜN
Doğum Yeri : Dachau Almanya
Doğum Tarihi : 22.01.1991
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ordu Anadolu Lisesi (2009)
Lisans : Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
(2013)
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2015– Ocak 2019)

Yayınlar

Kurnaz, Ç., Aygün, T. (2018). Hastane Ortamında Maruz Kalınan Kısa ve Uzun Süreli Elektromanyetik Alanın Değerlendirilmesi. 2. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar ve Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISMSIT 2018), 19 - 21 Ekim 2018, Kızılcahamam, Türkiye.

Kurnaz, Ç., Aygün, T. (2018). Characterization of Indoor and Outdoor Electric Field Strength Levels at Hospitals. 26th Telecommunications Forum (TELFOR 2018). 20-21 November, Belgrade, Serbia.