



**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SAĞLIK SEKTÖRÜNDE ÇALIŞANLARIN
ELEKTROMANYETİK ALAN MARUZİYETİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

**Selim ÇAL
İSG Uzman Yardımcısı**

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SAĞLIK SEKTÖRÜNDE ÇALIŞANLARIN
ELEKTROMANYETİK ALAN MARUZİYETİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

**Selim ÇAL
İSG Uzman Yardımcısı**

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

**Tez Danışmanı
Zafer ALTIPARMAK**

ANKARA-2016

T.C.
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

O N A Y

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Selim ÇAL, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Zafer ALTIPARMAK'ın danışmanlığında başlığı “**Sağlık Sektöründe Çalışanların Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Belirlenmesi ve Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi**” olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı 04.10.2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Serhat AYRIM
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
Müsteşar Yardımcısı
JÜRİ BAŞKANI

Tarkan ALPAY
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.
ÜYE

Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd. V.
ÜYE

İsmail GERİM
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.
ÜYE

Yrd. Doç. Dr. M. Efe ÖZBEK
Öğretim Üyesi
ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Tarkan ALPAY
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.

TEŞEKKÜR

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı'nda İSG Uzman Yardımcısı olarak çalışmaya başladığım günden beri, mesleki açıdan yetişmemdeki ve uzmanlık tezi çalışmamı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Müsteşar Yardımcımız Sayın Serhat AYRIM'a, Genel Müdürümüz Sayın Tarkan ALPAY'a, eski Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarımız Sayın İsmail GERİM'e, Sayın Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU'na ve Sayın Sedat YENİDÜNYA'ya, eski Genel Müdür Yardımcımız Sayın Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN'e, değerli yorumlarıyla tez çalışmama yön veren tez danışmanım İSG Uzmanı Sayın Zafer ALTIPARMAK'a, Bölüm Sorumlum Sayın Meltem METE KILIÇ'a, çalışmalarım boyunca yardımcı olan ve manevi desteklerini esirgemeyen tüm dostlarıma, her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan çok kıymetli eşim Duygu ÇAL'a ve aileme en derin duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZET

Selim ÇAL

Sağlık Sektöründe Çalışanların Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Belirlenmesi ve Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara 2016

Bu çalışma, sağlık sektöründe faaliyet gösteren on bir ayrı kurumda, manyetik rezonans görüntüleme cihazlarında ve diatermi cihazlarında çalışan sağlık personelinin maruz kaldığı elektromanyetik alan değerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında cihazları kullanan personellerden ölçümler alınmış ve elektromanyetik alana maruz kaldığı düşünülen çalışanlar üzerinde sağlık etkilerinin belirlenmesi amacıyla anket uygulaması yapılmıştır. Ölçümler, 'TS EN 50413' standardı kullanılarak çalışanların buldukları bölümlerden alınmıştır. Ölçüm sonuçları mesleki maruziyet sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elektromanyetik alan sağlık etkilerini belirlemek amacıyla yapılan anket çalışması sonuçları ise istatistiki program kullanılarak analiz edilmiş ve elektromanyetik alan maruziyeti ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda elektromanyetik alan maruziyetinin kullanılan cihazla ve çalışanın cihaza olan uzaklığıyla doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. Ölçümler ile elde edilen maruziyet değerleri sınır değerlerin altında çıkmıştır. Anket uygulaması sonrasında yapılan istatistiki analizlerin sonuçlarına göre ise elektromanyetik alan maruziyetinin baş dönmesi gibi rahatsızlıklarda etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Eğitim ve farkındalık eksikliği ise analiz sonuçlarına göre elektromanyetik alanlara maruz kalan çalışanlar için ortak sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışanların maruziyetlerinin önüne geçilebilmesi için dikkat edilmesi gereken durumlar ve alınabilecek önlemler çalışmanın içerisinde detaylı olarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik rezonans görüntüleme, elektromanyetik alan, diatermi mesleki maruziyet

ABSTRACT

Selim al

Determination of Occupational Electromagnetic Field Exposure in Health Care Services and Developing Solution Offers

**Ministry of the Labor and Social Security, Directorate General of Occupational Health
and Safety**

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

This thesis, in eleven separate institutions operating in health sector, was conducted to determine the value of electromagnetic field exposure of health workers working with magnetic resonance imaging devices and diathermy devices. In the scope of work, measurements were taken from the worker operating the devices and a survey was conducted in order to determine the health effects on the workers supposed to have been exposed to electromagnetic fields. Measurements were taken from the operating departments of workers by using the metod TS EN 50413 The measurement results are compared with the occupational exposure limit values. The results of the survey which was conducted to determine the health effects of electromagnetic fields were analyzed using the statistical program and their relations with electromagnetic field exposures were evaluated together. The exposure values obtained by the measurements are below the limit values. According to the results of statistical analysis after survey application it was concluded that electromagnetic field exposure might have an effect on diseases such as dizziness. Lack of education and awareness, according to the analysis results, is a common problem for workers who are exposed to electromagnetic fields. The situations to be taken attention and precautions to be taken to prevent the exposure of workers were explained in detail in the study.

Keywords: Magnetic resonance imaging, electromagnetic field, diathermy, occupational exposure

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
GRAFİKLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1.1 Elektrik Yükü.....	3
2.1.2 Elektrik Alan ve Elektrik Alan Çizgileri	3
Şekil 2. 1 Elektrik Alan Çizgileri.....	4
2.1.3. Manyetik Alan ve Manyetik Alan Çizgileri	4
2.1.4. Elektromanyetik Dalga	7
2.1.4.1 Elektromanyetik Tayf	7
2.1.4.2 Gamma Işınları	8
2.1.4.3 X – Işınları	8
2.1.4.4 Morötesi Dalgalar	8
2.1.4.5. Görünür Işık Dalgaları	9
2.1.4.6. Kızılötesi Dalgalar	9
2.1.4.7. Mikrodalgalar.....	9
2.1.4.8. Radyo Dalgaları	9
2.2. ELEKTROMANYETİK RADYASYON.....	10
2.2.1. Radyasyon.....	10
2.2.2 İyonlaştırıcı Radyasyon	10
2.2.3. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon.....	10
2.2.3.1. Optik Radyasyon.....	11
2.2.3.2. Elektromanyetik Alan Radyasyonu	11
2.2.4. SAR.....	11

2.2.5. Elektromanyetik Girişim	11
2.2.6. Elektromanyetik Uyumluluk	12
2.3. ELEKTROMANYETİK ALAN KAYNAKLARI	12
2.4. TÜRKİYE MR KULLANIM İSTATİSTİKLERİ	16
2.5. ELEKTROMANYETİK ALAN SAĞLIK ETKİLERİ	20
2.6. MEVZUAT VE SINIR DEĞERLER	23
2.6.1 İhtiyatlılık İlkesi.....	23
2.6.2. Türkiye’de Mevzuat ve Sınır Değerler	24
2.6.3. Uluslararası Düzeyde Mevzuat ve Sınır Değerler	26
2.6.4. MR Mevzuatı ve Sınır Değerler.....	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	37
3.1. Ölçüm Metodu	39
3.1.1. TS EN 50413	39
3.2. Ölçüm Cihazı	41
3.3 Ölçüm Süresi.....	43
3.4. Ölçüm Noktası	43
4. BULGULAR	45
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	73
EKLER	75

TABLolar LİSTESİ

<u>TABLO NO</u>	<u>SAYFA NO</u>
Tablo 2. 1- (0 Hz – 300 GHz) Frekans Bantlarındaki Elektik Alan, Manyetik Alan ve Elektromanyetik Alanlar İçin Sınır Değerler.....	244
Tablo 2. 2- (10 kHz – 60 GHz) Arasında Haberleşme Cihazları Sınır Değerleri	25
Tablo 2. 3 BTK - (10 kHz – 60 GHz) Frekans Aralıklarında Haberleşme Cihazları Sınır Değerleri.....	26
Tablo 2. 4 ICNIRP 1998 Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri	28
Tablo 2. 5 ICNIRP 2009 Statik Manyetik Alan Sınır Değerleri	28
Tablo 2. 6 ICNIRP 2010 – (1 Hz- 100 kHz) Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri	29
Tablo 2. 7 ICNIRP 2010 - (1 Hz – 100 kHz) Genel Halk Maruziyet Sınır Değerleri.....	29
Tablo 2. 8 ICNIRP 2010 - (0 – 1Hz) Aralığındaki Sınır Değerler.	30
Tablo 2. 9 Direktif 2004/40/EC Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri – Ülkelerin Durumu	34
Tablo 2. 10 ICNIRP Vücut Sıcaklığı Artışında Temel Kısıtlamalar.....	35
Tablo 2. 11 ICNIRP Sar Değerleri	35
Tablo 3. 1 TS EN 50413 Ölçüm Parametrelerinin Seçimi	40
Tablo 4. 1 İş Yeri ve Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı Bilgileri	47
Tablo 4. 2 ÇalışanBilgileri ve Ölçüm Detayları	48
Tablo 4. 3 Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazları Ölçüm Sonuçları	49
Tablo 4. 4 İş Yeri ve Diatermi Cihazı Bilgileri	50
Tablo 4. 5 Diatermi Çalışanı Bilgileri ve Ölçüm Detayları.....	50
Tablo 4. 6 Diatermi Cihazları Ölçüm Sonuçları.....	51
Tablo 4. 7 SPSS Yaş-Tecrübe Dağılımı	54
Tablo 4. 8 SPSS Yaş-Tecrübe Ki-Kare Testi Sonucu	54

Tablo 4. 9 SPSS Tansiyon-Cihaz Dağılımı	55
Tablo 4. 10 SPSS Tansiyon-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu	55
Tablo 4. 11 SPSS Migren-Cihaz Dağılımı	55
Tablo 4. 12 SPSS Migren-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu	55
Tablo 4. 13 SPSS Baş Dönmesi-Cihaz Dağılımı.....	56
Tablo 4. 14 SPSS Baş Dönmesi-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu.....	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>SEKİL NO</u>	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 2. 1 Elektrik Alan Çizgileri	4
Şekil 2. 2 Manyetik Alan ve Kuvvet Vektörleri	5
Şekil 2. 3 Manyetik Alan Çizgileri	6
Şekil 2. 4 Manyetik Alanın Akım Geçen Tele Etkisi	6
Şekil 2. 5 Elektromanyetik Dalga	7
Şekil 2. 6 Elektromanyetik Spektrum	8
Şekil 3. 1 Tez Çalışması İş Akış Şeması	38
Şekil 3. 2 İşyeri H'deki Cihaz Odası Genel Yerleşim Planı	44

GRAFİKLERİN LİSTESİ

<u>GRAFİK NO</u>	<u>SAYFA NO</u>
Grafik 2.1. Türkiye’de Yıllara Göre MR Cihazı Sayıları	17
Grafik 2.2 Türkiye’de 2008 ve 2014 Yılları Sektörlere Göre MR Cihazı Sayıları.....	17
Grafik 2.3. Ülkelerin 1 000 000 Kişiyeye Düşen MR Cihazı Sayıları	18
Grafik 2.4. Türkiye Yıllara ve Sektörlere Göre MR Görüntüleme Sayıları.....	18
Grafik 2.5. Türkiye Yıllara Göre 1 000 Kişiyeye Düşen MR Görüntüleme Sayıları	19
Grafik 2.6. Ülkelerin 1 000 Kişiyeye Düşen MR Görüntüleme Sayıları	19
Grafik 4.1 Katılımcıların Kurumlara Göre Cinsiyet Dağılımı	52
Grafik 4.2 Katılımcıların Kurumlara Göre Yaş Dağılımı	53
Grafik 4.3 Katılımcıların Kurumlara Göre Deneyimlerinin Dağılımı	53

RESİMLERİN LİSTESİ

<u>RESİM NO</u>	<u>SAYFA NO</u>
Resim 2. 1 Diatermi Cihazları ve Elektrotları	14
Resim 2. 2 Mayetik Rezonans Görüntüleme Cihazları	15
Resim 2. 3 Mayetik Rezonans Görüntüleme Cihazı Bileşenleri	16
Resim 3. 1 Spektran HF-60105 Ölçüm Cihazı ve Kullanılışı	42
Resim 3. 2 İşyeri D’de Cihaz Ölçümü Yapılırken Bilgisayar Yazılımının Kullanılması	43
Resim 3. 3 Elektromanyetik Alan Ölçüm Anı.....	44
Resim 4. 1 Uyarı İşaretleri ve Acil Butonlar	46
Resim 4. 2 Faraday Kafesi Kapı Düzenekleri	46

SİMGE VE KISALTMALAR

A	Amper
AB	Avrupa Birliği
B	Manyetik Akı Yoğunluğu
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
E	Elektrik Alan
EC	European Commission (Avrupa Komisyonu)
ÇDF	Çok Düşük Frekans
ÇYF	Çok Yüksek Frekans
EM	Elektromanyetik
EMA	Elektromanyetik Alan
EMC	Electromagnetic Compatibility (Elektromanyetik Uyumluluk)
EMI	Electromagnetic Interference (Elektromanyetik Girişim)
f	Frekans
FTR	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
G	Gauss
GHz	Gigahertz
HF	High Frequency (Yüksek Frekans)
H	Manyetik Alan Şiddeti
Hz	Hertz
IARC	International Agency For Research On Cancer (Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü)
ICNIRP	International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi)
IEEE	Institute Of Electrical And Electronics Engineers (Elektrik Ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
ILO	International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
İSGÜM	İş Sağliğı Ve Güvenliği Araştırma Ve Geliştirme Enstitü Başkanliğı

IR	Infrared (Kızılötesi)
IRPA	International Radiation Protection Association (Uluslararası Radyasyondan Korunma Kurulu)
İSG	İş Sağlığı Ve Güvenliği
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
MR	Manyetik Rezonans Görüntüleme
NIR	Non-Ionizing Radiation (İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon)
OECD	The Organization For Economic Co-Operation Development (Ekonomik Kalkınma Ve İşbirliği Örgütü)
RF	Radyo Frekansı
SAR	Specific Absorbtion Ratio (Özgül Soğurulma Oranı)
SPSS	Statistical Package Social Science (Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi)
UNEP	United Nations Environmental Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
V	Volt
W	Watt
WHO	World Health Organizations (Dünya Sağlık Örgütü)

1. GİRİŞ

Günümüzde sürekli gelişen teknoloji, günlük hayatı ve çalışma hayatını kolaylaştırırken, çeşitli sağlık ve güvenlik risklerini de beraberinde getirmektedir. Sanayide ve günlük hayatta yaşamı kolaylaştırması için sıklıkla kullanılan elektrikli cihazların yanı sıra, yaygın olarak kullanılan radyo ve televizyon (tv) vericileri ile baz istasyonları ve hücresel sistemlerin yaymış olduğu elektromanyetik alanlar sağlık ve güvenliğimizi tehdit eden risk faktörlerinden biridir. Yaşanan gelişmelerle birlikte hayatımızın her anında yanibaşımızda olan elektromanyetik radyasyonu yaşamımızdan tümüyle çıkarmamız olası değildir. Bunun yerine kullanımında dikkatli davranmak, olası zararlarını gözlemlemek ve zararlı etkilerinden kaçınmak en akılcı yol olarak görülmektedir.

Teknolojide yaşanan gelişmeler her alanda olduğu gibi sağlık sektöründe de kendisini göstermekte, buna paralel olarak bu alanda kullanılan cihazların sayısı da giderek artmaktadır. Genellikle tanı veya tedavi amacıyla kullanılan bu cihazlar birçok sağlık ve güvenlik riskini de beraberinde getirmektedir. Sağlık sektöründe, elektromanyetik alan kaynağı olarak risk oluşturan cihazlar, manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve diatermi cihazlarıdır. [1]

MR cihazları, hastalık tanısında büyük kolaylık sağlamakla birlikte sağlık sektöründe en yüksek elektromanyetik alan maruziyetlerinin yaşanmasına yol açmaktadır. Günümüzde tanı amaçlı kullanımın büyük bölümünü 1,5 Tesla gücündeki cihazlar oluştururken, laboratuvar ortamlarındaki kullanımlarda 7 Tesla veya daha güçlü cihazlar kullanılabilir. Çok güçlü statik manyetik alan etkisinin yanında zamanla değişen manyetik alan ve yüksek frekans radyo dalgalarının da kullanıldığı MR cihazında çalışanların maruziyetlerinin belirlenmesi her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. [2]

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD), 2012 ve 2013 yılı verilerine göre Türkiye MR cihazında yapılan görüntüleme sayılarının sıralamasında ilk sırada yer almıştır [3]. Ülkemizde MR görüntüleme sayısının fazla oluşu, hem görüntüleme sırasında hastaların hem de çalışma süreleri boyunca MR çalışanlarının maruziyetlerinin belirlenmesine ve elektromanyetik alan radyasyonunun sağlık etkilerinin araştırılmasına elverişli bir ortam oluşturmaktadır.

Sağlık sektöründe tedavi amaçlı kullanılan diatermi cihazları da yine elektromanyetik alan kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Radyo frekans dalgalarının veya mikro dalgaların doğrudan vücuda uygulanmasıyla, dokuların tedavi edilmesi amaçlanan diatermi cihazları,

çoğunlukla fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde ve hastanelerin fizik tedavi bölümlerinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sağlık sektöründe çalışanlarının elektromanyetik alan maruziyetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda sekiz sağlık kurumunda MR cihazı operatörlerinin ve üç ayrı fizik tedavi merkezinde diatermi cihazı ile çalışanların maruziyetlerini belirlemek amacıyla ölçümler alınmış ve mesleki maruziyet sınır değerleriyle karşılaştırılarak maruziyetlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Ölçüm işlemleri ile birlikte elektromanyetik alan maruziyetinin sağlık etkilerinin araştırılması amacıyla sağlık kurumlarında anket uygulaması yapılmış ve sonuçlar istatistiksel test ve analizler yapılarak yorumlanmıştır.

Çalışmanın başında elektromanyetik alanı ve manyetik rezonans görüntüleme tekniğini ve MR ve diatermi cihazlarının çalışma prensiplerini anlamak için genel bilgiler verilmiş, elektromanyetik alanın sağlık etkilerinin araştırılması üzerine yapılan çalışmalara değinilmiş, ulusal ve uluslararası mevzuatlar incelenmiştir. Çalışmanın devamında ölçümlerin nasıl ve neye göre yapıldığı hangi gereçlerin kullanıldığı aktarılmıştır. Son olarak ise ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi, literatürde bulunan benzer çalışmalarla karşılaştırılması ve bütün elde edilen bulgular sonucunda çalışma sonucunda yapılan çıkarımlar aktarılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 TEMEL KAVRAMLAR

2.1.1 Elektrik Yüğü

Elektrik yüğü, atom altı parçacıkların, elektromanyetik etkileşimlerini belirleyen bir özelliktir. Elektriksel olarak yüklenmiş bir madde, elektromanyetik alanlara etkir veya onlardan etkilenir. Pozitif (+) ve negatif (-) olmak üzere iki çeşit elektrik yüğü vardır. Elektrik yüğünün birimi Coulomb (C)'dur. Yüğü iki parçacık arasındaki ilişki Coulomb Yasası ile açıklanır [4].

Buna göre:

- İki nokta yüğü arasındaki elektrik kuvvetin büyüklüğü yüklerin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.
- İki yüğün birbirleri üzerinde oluşturdukları kuvvetlerin doğrultusu her zaman onları birleştiren doğru boyuncadır.
- İki yüğü arasındaki kuvvet; yükler aynı işaretli ise itici, zıt işaretli ise çekicidir.

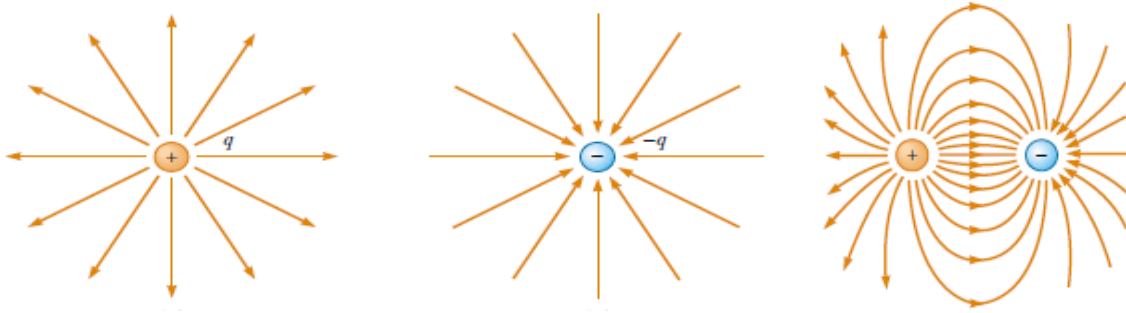
İki yüğü arasındaki elektriksel kuvvetin (Coulomb kuvveti) büyüklüğü : $F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ formülü ile bulunur. Formülde; k ($9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$) Coulomb sabiti, r(m) yükler arasındaki uzaklık, q_1 ve q_2 yüğü büyüklükleridir [4].

2.1.2 Elektrik Alan ve Elektrik Alan Çizgileri

Her elektrik yüğü bir elektrik alana sahiptir ve başka bir elektrik yüğü cisim bu alana girdiğinde, o cisme elektrik kuvvet uygular. Herhangi bir noktadaki bir birimlik pozitif deneme yüğüne etki eden elektriksel kuvvet, elektrik alan olarak tanımlanır. Elektrik alan (E), vektörel bir büyüklüktür ve birimi volt/metre (V/m)'dir. Bir yüğü grubunun oluşturduğı net elektrik alan, her bir yüğün oluşturduğı elektrik alanların vektörel toplamına eşittir [5].

Bir cihazın beslenme gerilimi yükseldikçe, bunun sonucu olarak ortaya çıkan elektrik alanı da yükselir. Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça hızla azalır. Elektrik alanı yalıtkan nitelikli cisimlerle engellenebilir [5].

Elektrik alanın yönü, pozitif deneme yüküne etkiyen elektrik kuvvetinin yönüyle aynıdır. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi pozitif bir yükün elektrik alan çizgileri dışa doğru, negatif bir yükün elektrik alan çizgileri ise içe doğru yönelir [4].



Şekil 2. 1 Elektrik Alan Çizgileri [4]

Elektrik alan çizgilerinin özellikleri:

- Elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgisine her noktada teğettir.
- Alan çizgileri birbirine yakın olduğunda elektrik alan büyük, uzak olduğunda küçüktür.
- Alan çizgileri bir artı yükten çıkıp bir eksi yükte son bulmalıdır.
- Alan çizgilerinin sayısı yük miktarıyla orantılıdır.
- İki alan çizgisi birbirini kesmez.

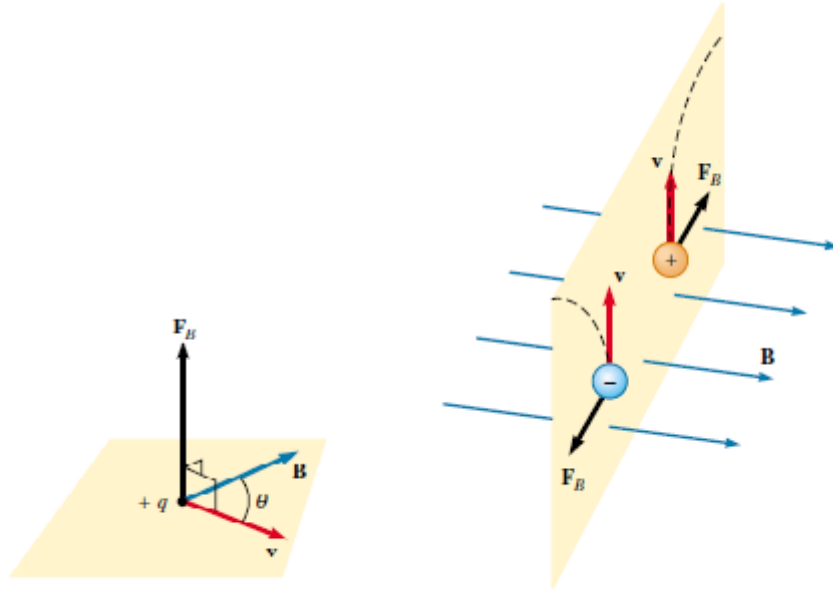
2.1.3. Manyetik Alan ve Manyetik Alan Çizgileri

Manyetik alanların ana kaynağı elektrik yükleridir ve elektrik yüklerinin yer değiştirmesi sonucu oluşur. Yani elektrik akımın var olduğu her yerde manyetik alan mevcuttur. Herhangi bir noktadaki manyetik alan, alan içerisinde bulunan (v) hızındaki deneme yüküne etki eden F_B manyetik kuvvetiyle tanımlanır. Manyetik alan da elektrik alan gibi vektörel bir büyüklüktür, B harfiyle temsil edilir ve birim olarak genelde Tesla (T) veya Gauss[G] kullanılır. Manyetik alan şiddeti ise H ile gösterilir ve birimi (A/m)’dir [4]

Akım ne kadar yüksekse, bunun bir sonucu olan manyetik alan da o kadar yüksek olur. Elektrik alanında olduğu gibi, manyetik alan şiddeti de mesafe ile hızla azalır. Buna karşın, manyetik alan, elektrik alanında olduğu gibi engel teşkil eden nesnelere neredeyse hiç engellenmez [5].

Manyetik kuvvet (F_B) ve manyetik alan (B) arasındaki ilişki $F_B=qv \times B$ formülüyle belirlenir. Buna göre manyetik alan ve manyetik kuvvetin özellikleri şunlardır [4]:

- Manyetik kuvvetin (F_B) büyüklüğü, parçacığın yükü (q) ve hızıyla (v) orantılıdır.
- Manyetik kuvvetin yönü ve büyüklüğü, parçacığın hız vektörüne ve manyetik alanın büyüklüğü ve yönüne bağlıdır.
- Yüklü parçacığın hız vektörü manyetik alan vektörüne paralel ise parçacığa manyetik kuvvet etki etmez; parçacığın hız vektörü ve manyetik alan vektörü arasındaki açı sıfırdan büyükse, manyetik kuvvet bunlara dik bir açıyla parçacığa etki eder (Şekil 2.2).
- Manyetik kuvvet, parçacığın hızına daima dik olduğu için hızı ve büyüklüğünü değiştiremez yalnızca yönünü değiştirebilir.

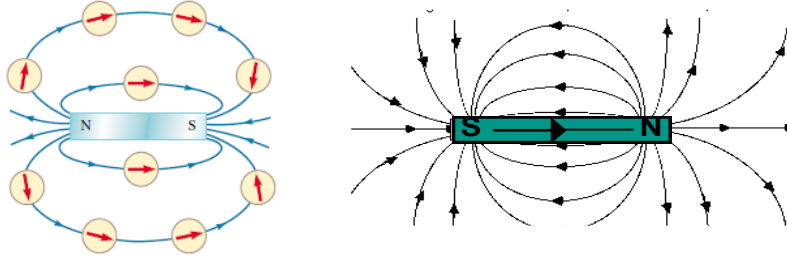


Şekil 2. 2 Manyetik Alan ve Kuvvet Vektörleri [4]

Manyetik alan ve kuvvetinin yönünü ve etkisini daha iyi anlayabilmek için elektrik alanında olduğu gibi manyetik alan çizgileri kullanılır. Manyetik alan çizgilerinin özellikleri şunlardır:

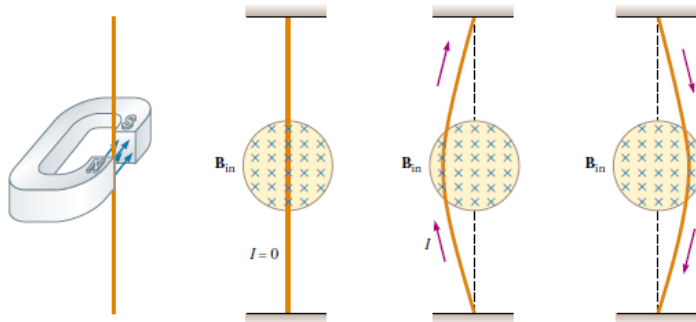
- Manyetik alan çizgileri mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna doğru kapalı devre oluşturur, mıknatısın içinde S kutbundan N kutbuna doğrudur. (Şekil 2.3)
- Manyetik alan çizgilerinin sıklığı manyetik alan şiddetiyle doğru orantılıdır.

- Manyetik alan çizgilerin sık olduğu uç noktalarda manyetik alan daha şiddetlidir. Miknatısın kutuplarından uzaklaştıkça alan zayıflar.
- Manyetik alan çizgileri birbirlerine paraleldir, kesişmezler.
- Manyetik alan daima manyetik alan çizgilerine teğettir.



Şekil 2. 3 Manyetik Alan Çizgileri [4]

Manyetik cisimlerin kutupları hiçbir zaman tek başına manyetik özelliğini kaybetmez. Manyetik kutuplar daima çift olarak bulunurlar. Manyetik alanın akım geçen tel üzerindeki etkisi Şekil 2.4'te görülebildiği gibi telden geçen akımın yönüne bağlı olarak manyetik kuvvetin etkisi değişmektedir [4].



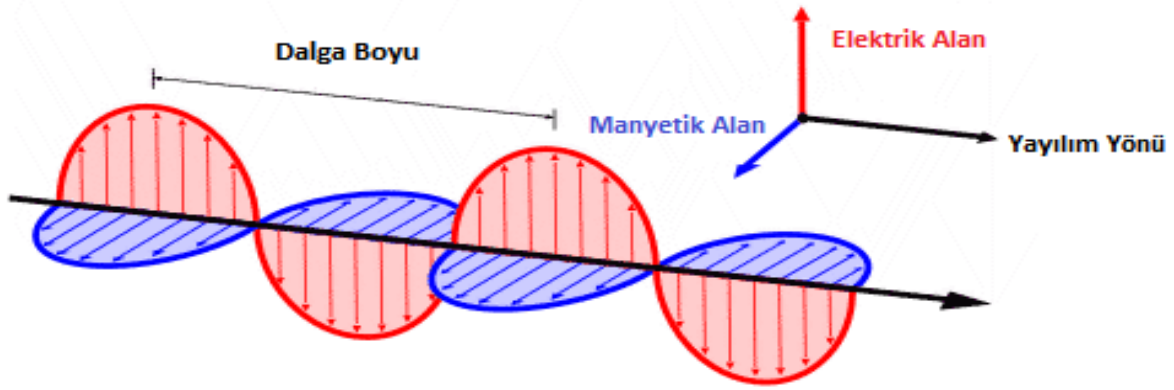
Şekil 2. 4 Manyetik Alanın Akım Geçen Tele Etkisi [4]

Elektrik alan ve manyetik alanı karşılaştırdığımızda şu sonuçları elde ederiz:

- Elektrik alan elektrik yüküyle (V), manyetik alan elektrik yüklerinin hareketiyle (elektrik akımı, A) ile doğru orantılıdır.
- Elektrik ve manyetik alanların etkisi kaynaktan uzaklaştıkça azalır.
- Elektrik alan etkisi azaltılabilir ancak manyetik alanlar neredeyse engellenemez.

2.1.4. Elektromanyetik Dalga

Elektromanyetik dalga, elektrik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. (Şekil 2.5) Burada, elektrik dalgası ve manyetik dalga ışık hızında birlikte yer değiştirirler. Elektromanyetik dalgaların belirgin özelliği frekansları ve dalga uzunluklarıdır. Frekans, dalganın bir saniyedeki titreşim (salınım) sayısıdır ve Hertz (Hz) ile ölçülür. Dalga uzunluğu ise bir titreşim sırasında dalganın katettiği mesafedir. Frekans yükseldikçe dalga uzunluğu kısalır ve alanda yayılan enerji yükselir [5].



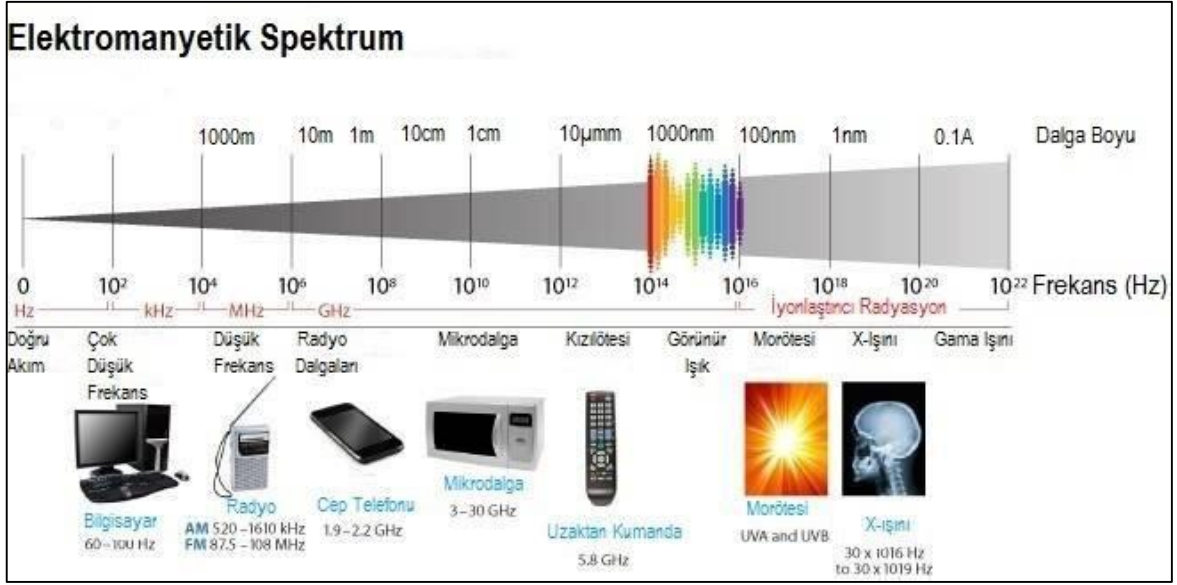
Şekil 2. 5 Elektromanyetik Dalga [6]

Elektrikle çalışan her cihaz elektromanyetik alan (EMA) oluşturmaktadır. EM dalgalar enine dalgalardan olup dalga boylarına ve frekanslarına göre sınıflandırılmaktadır. Işık hızı ile dalga boyu arasındaki ilişki “ $c=\lambda.f$ ” formülüyle ifade edilmektedir. Saniyedeki hızı yaklaşık olarak 300.000 km olan ışık hızı frekansa bölüldüğünde, EM dalganın boyu elde edilir [7].

2.1.4.1 Elektromanyetik Tayf

Elektromanyetik tayf veya elektromanyetik spektrum (EMS), evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu ve farklı ışınım türlerinin dalga boyları veya frekanslarına göre bu tayftaki yerlerini ifade eden kavramdır.

Elektromanyetik tayf, dalga boylarına göre atomaltı değerlerden başlayıp, binlerce kilometre uzunlukta olabilecek radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini içerir. Elektromanyetik tayf teoride sonsuz ve sürekli olsa da, pratikte kısa dalga boyu (yüksek frekans) limitinin Planck uzunluğuna, uzun dalga boyu (alçak frekans) limitinin ise evrenin tümünün fiziksel büyüklüğüne eşit olduğu düşünülmektedir [8].



Şekil 2. 6 Elektromanyetik Spektrum [9]

Frekans ve dalga boylarına göre elektromanyetik dalgalar şunlardır:

2.1.4.2 Gamma Işınları

Radyoaktif çekirdekler tarafından nükleer tepkimelerde yayılırlar. 10^{-10} m'den 10^{-14} m'ye kadar dalga boylarına ve 3.10^{18} Hz'den 3.10^{22} Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu ışınlar canlı dokular tarafından soğurulunca zarar verirler. Bu ışınlarla çalışanlar, kurşun tabaka gibi soğurucularla korunmalıdırlar [10].

2.1.4.3 X – Işınları

10^{-9} m'den 6.10^{-12} m'ye kadar dalga boylarına ve 3.10^{17} Hz'den 5.10^{19} Hz'e kadar frekanslara sahiptir. X-ışınları tıpta bir tanı aracı olup, kanser tedavisinde kullanılır. Canlı dokulara zarar verdiği için, x-ışınlarına gereksiz yere hedef olmamak gerekir [10].

2.1.4.4 Morötesi Dalgalar

$3.8.10^{-7}$ m'den 6.10^{-10} m'ye kadar dalga boylarına ve 8.10^{14} Hz'den 3.10^{17} Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Güneş, oldukça güçlü morötesi kaynağıdır. Mikro organizmalar morötesi ışınları soğurduklarında, parçalanırlar. Bu nedenle, morötesi ışınlar tıpta sterilizasyon işleminde kullanılır [10].

2.1.4.5. Görünür Işık Dalgaları

Gözün retinasının duyarlı olduğu dalga boylarıyla sınırlanan oldukça dar aralıkta bulunurlar. Bu dalgalar, $7,8 \cdot 10^{-7}$ m'den $3,8 \cdot 10^{-7}$ 'ye kadar dalgaboylarına ve $4 \cdot 10^{14}$ Hz'den $8 \cdot 10^{14}$ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler [10].

2.1.4.6. Kızılötesi Dalgalar

10^{-3} m'den $7,8 \cdot 10^{-7}$ m'ye kadar dalga boylarına ve $3 \cdot 10^{11}$ Hz'den $4 \cdot 10^{14}$ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu bölge üçe ayrılır: 10^{-3} m'den $3 \cdot 10^{-5}$ m'ye (uzak kızılötesi), $3 \cdot 10^{-5}$ m'den $3 \cdot 10^{-6}$ m'ye (orta kızılötesi), $3 \cdot 10^{-6}$ m'den $7,8 \cdot 10^{-7}$ m'ye (yakın kızılötesi) adı verilir. Bu dalgalar, moleküller ve sıcak cisimler tarafından üretilir. Endüstri, tıp, astronomi v.b. alanlarda çoklukla kullanılırlar [10].

2.1.4.7. Mikrodalgalar

$0,3$ m'den 10^{-3} m'ye kadar dalga boylarına ve 10^9 Hz'den $3 \cdot 10^{11}$ Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. Bu dalgalar, atomik ve moleküler yapının ayrıntılarının çözümlenmesinde olduğu kadar, radarlar ve diğer iletişim sistemlerinde de kullanılırlar. Bu dalgalar da elektronik aygıtlar tarafından üretilir. Mikrodalga bölgesine ÇYF(Çok yüksek frekans) adı da verilir [10].

2.1.4.8. Radyo Dalgaları

Birkaç km'den $0,3$ m'ye kadar dalgaboylarına ve birkaç Hz'den 10^9 Hz'e kadar frekanslara sahiptirler. TV ve radyo yayın sistemlerinde kullanılan bu dalgalar, titreşen devrelerin bulunduğu elektronik aygıtlar tarafından üretilirler [10].

Elektromanyetik spektrumda radyo dalgalarından daha uzun dalga boyuna ve daha düşük frekanslara sahip dalgalar sırasıyla şunlardır:

- 30 kHz – 300 kHz arası düşük frekans (LF)
- $0,3$ kHz – 30 kHz arası çok düşük frekans (VLF)
- $0,3$ kHz'den daha küçük frekanslar ise çok çok düşük frekanslar (ÇCDF) olarak anılır.

2.2. ELEKTROMANYETİK RADYASYON

2.2.1. Radyasyon

Radyasyon (ışınım), genel anlamda enerjinin uzayda dalgalar ya da tanecikler (fotonlar) halinde yayılmasıdır. Isı, ışık ve radyo dalgaları günlük yaşamdan bildiğimiz ışıma yoluyla yayılma örnekleridir [11].

İnsanların maruz kaldığı EM radyasyon(ışınım), dalgaların güçlerine bağlı olarak enerjilerini, fotonlar yoluyla değişik oranlarda canlıya aktarmalarıyla olur. EM dalgaların genel olarak canlılara etkisi, alanın şiddeti (gücü) ve fotonun enerjisine bağlı olup frekansına ve enerjilerine göre, yani canlıya etki derecesine göre, iyonlaştırıcı (ionizing) ve iyonlaştırıcı olmayan (nonionizing) radyasyonlar olarak iki sınıfta incelenir [12].

2.2.2 İyonlaştırıcı Radyasyon

İyonlaşma, atomlardan ve moleküllerden elektron koparılmasıdır. Enerji yüklü fotonlardan oluşan elektromanyetik dalgalar, çarptıkları cisimlerden elektron kopararak iyonlaşmalarına yol açabilirler [11].

Hücrelerdeki molekülleri bir arada tutan atomik bağları iyonlaştırmaya yetecek foton enerjisine sahip yüksek frekanslı (10^{14} Hz'den yüksek frekanslar) ışınlar iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalardır. Röntgen (X ışını) ve gama ışınları ve uzak morötesi ışınlar iyonlaştırıcı etkiye sahiptir. İyonlaştırıcı radyasyonlar minimum 12 eV'tan başlayan enerji değerlerine sahiptir. Enerjileri çok yüksek olan bu ışınlar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını, yani yaşamsal fonksiyonlarını bozar ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırır [12].

2.2.3. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon

Atomik bağları kırmak için gerekli enerjiye sahip olmayan fotonların oluşturduğu EM dalgalardır. Bunlar, görünür ışık, kızılötesi, RF(Radyo Frekans), mikrodalga, statik ve manyetik alanlardır. Yani frekans tayfının 1 Hz' den başlayarak yaklaşık 1000 GHz'lik bölümüdür. Ölçülen enerji değeri ise mesela 300 GHz de 0,00125 eV olup, iyonlaştırma yapacak seviyeye göre çok düşük değerdir. Ancak bu alanlar mesafe, güç ve maruz kalma zamanı gibi faktörlere bağlı olarak vücutta ısıl etkiye sebep olduğu gibi bazı biyolojik etkilere de sebep olabileceği öne sürülmektedir. Kanserojen etkisi ise henüz ispatlanmamıştır [12].

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon spektrumu, optik radyasyon ve elektromanyetik alan radyasyonu olmak üzere iki ana bölümde incelenir [13].

2.2.3.1. Optik Radyasyon

Elektromanyetik spektrumdaki kızılötesi dalgalar, görünür ışık dalgalar ve morötesi dalgalar, optik radyasyon dalgalarıdır. Optik radyasyon kaynaklarına güneş ışınları, oksijen kaynağı, endüstride veya tıpta kullanılan lazerler, sterilizasyon ışınları, cam veya çelik yapımında kullanılan kızılötesi ışınlar örnek verilebilir.

2.2.3.2. Elektromanyetik Alan Radyasyonu

Haberleşmede, radar ve uydu bağlantılarında, mikrodalga fırınlarda kullanılan mikrodalgalar, telsiz ve radyo iletişimlerinde radyo dalgaları ile yüksek gerilim hatlarında, elektrikli makinelerde ve elektrik tesisatlarında oluşan çok düşük frekanslı (ÇDF) dalgalar elektromanyetik alan radyasyonunu oluşturur. Tıpta kullanılan mikrodalga hipotermi ile radyo dalgalarının kullanıldığı diatermi ve MR cihazları elektromanyetik radyasyon kaynaklarıdır [13].

Elektromanyetik radyasyon, maddenin içinden geçerken yüklü iyonlar üretmez. Yalnızca, bir elektronu daha yüksek enerji seviyesine çıkaran uyarım için yeterli enerjiye sahiptir.

2.2.4. SAR

Özgül Emilim Oranı, SAR (Specific Absorption Rate), elektromanyetik alana maruz kalındığında vücut dokuları tarafından soğurulan enerji miktarının ölçüsüdür. Birimi W/kg'dır. Özgül emilim oranı kişiden kişiye değişen bir parametre olduğundan doğrudan ölçülmesi hemen hemen olanaksızdır. Bundan dolayı, sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen ve/veya gözlemlenebilen parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti (V/m), manyetik alan şiddeti (A/m)ve güç yoğunluğudur(W/cm²) [11].

2.2.5. Elektromanyetik Girişim

Girişim, elektrik ve elektronik cihazların performansında bozulmaya, istenmeyen tepkiler vermesine veya hatalı işlemesine yol açan radyo frekanslarında doğal veya insan kaynaklı her türlü bozucu etki, işaret ve emisyonudur. Bu girişim bir EM dalganın istenilen yere

ulaşmamasına sebep olabileceği gibi bir kaynaktan yayılan EM dalgaların başka bir cihazda istenmeyen akımlar indüklemesine sebep olur [11].

Bozucu EM girişim sinyalleri çok değişik olabilir. Bozucu sinyaller genliklerine göre (düşük ya da yüksek güçlü), frekans bantlarına göre (dar bantlı sinüzoidal yada darbesel), oluşum sürelerine göre (anlık yada sürekli), işaret şekillerine göre (analog yada sayısal) sınıflandırılabilir. Doğal bozucu işaretler olabileceği gibi (güneş patlamaları, yıldırım düşmesi, kozmik dengesizlikler gibi) insanların neden olduğu yapay bozucu işaretler de (örneğin araç motorları, TV vericileri, enerji hatları, elektrik makineleri, aydınlatma lambaları, endüstriyel uygulamalar gibi) olabilir.

EM girişimin ortadan kaldırılması üç şekilde olabilir.

- Girişim kaynağı yok edilebilir. Yani, girişimin nedeni bulunup ortadan kaldırılabilir.
- Girişimden etkilenen cihazın koruması artırılabilir.
- Kaynak ile etkilenen cihaz arasındaki iletişim kesilebilir.

2.2.6. Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik uyumluluk (EMC); elektronik sistemlerin öngörülen bir elektromanyetik ortamda, amaçlanan verimlilikle çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilmeleri olarak tanımlanır. Bir uluslararası elektronik kuruluşu olan IEC' nin tanımı ise; bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu EM ortamda fonksiyonlarını , bu ortamda telafi edilemez bir EM bozulma yapmaksızın yerine getirebilme yeteneği şeklindedir [14].

Bir cihazın elektromanyetik uyumlu olarak kabul görülmesi için üç şart vardır [14]:

- Kendi içinde girişime yol açmamak (öz uyumluluk).
- Diğer cihazlara girişimde bulunmamak.
- Diğer cihazlardan kaynaklanan girişime karşı bağışıklı olmak.

2.3. ELEKTROMANYETİK ALAN KAYNAKLARI

Elektromanyetik alan kaynakları doğal ve yapay kaynaklar olarak karşımıza çıkar. Dünyanın manyetik alanı, atmosferde oluşan yıldırımlar veya güneş ve uzayda meydana gelen enerji yayımları doğal elektromanyetik alan kaynaklarıdır. Yapay elektromanyetik alan kaynaklarına ise elektrikle çalışan cihazların hepsi örnek gösterilebilir. Teknolojide yaşanan gelişmeler

sonucu günlük hayatta elektromanyetik alanlardan kaçınmak giderek imkansız hale gelmektedir.

Yapay elektromanyetik alanları, frekans aralıklarına göre çok düşük frekans aralığı, orta frekans, radyo frekansı ve mikrodalga frekansı şeklinde gruplara ayırmak mümkündür.

Çok düşük frekans aralığında (0 – 300 Hz), yüksek gerilim hatları, elektrik dağıtım hatları, şalt sahaları, trafolar, tren, tramvay ve araçlardaki elektrik motorları ile günlük hayatta kullanılan ve şehir şebekesi frekansında (50 Hz) çalışan elektrik süpürgesi, buzdolabı, saç kurutma makinesi gibi elektrik ile çalışan cihazlar elektromanyetik alan kaynaklarıdır [1].

Orta frekans aralığında (300 Hz – 100 kHz) ise kablosuz enerji transferi, elektronik ürün koruma sistemleri, kompakt floresan lambalar, denizaltı iletişim vericileri, metal algılayıcılar ve kart okuyucuları elektromanyetik alan kaynakları olarak gösterilebilir [1].

Radyo frekansı ve mikrodalga frekans aralıklarında (100 kHz – 300 GHz) ise baz istasyonları, cep telefonları, tv ve radyo vericileri, mikrodalga fırınlar, radyo-frekans kaynak (plastik kaynağı), ahşap kurutma makineleri, indüksiyon ısıtma fırınları ve indüksiyon ocakları başlıca elektromanyetik alan kaynaklarıdır [12].

Sağlık sektöründe de elektromanyetik alan kaynağı olan cihazlar tanı, tedavi ve araştırma amaçlı kullanılmaktadır.

Fizik tedavide kullanılan diatermi cihazları, sağlık sektöründe tedavi amaçlı kullanılan elektromanyetik alan kaynağı olan cihazlardır. Diatermi, uygulanan elektromanyetik alan etkisiyle dokunun ısını arttırarak tedavi etmeyi amaçlayan bir tekniktir. Çalışma frekanslarına göre kısıdalga diatermi (10 - 300 MHz), uzundalga diatermi (0,1- 2 MHz) ve mikrodalga frekanslarında (300 MHz - 2,4 GHz) uygulanan mikrodalga diatermi olmak üzere üç farklı diatermi tekniği ile tedavi gerçekleştirilebilir.



Resim 2. 1 Diatermi Cihazları ve Elektrotları

Resim 2.1’de örnekleri görülen diatermi cihazları tedavi edilmek istenen dokunun bulunduğu bölgeye farklı şekillerde uygulanarak dokuların ısınması sağlanabilmektedir.

Tıpta tanı ve araştırma amaçlı kullanılan ve statik manyetik alan, zaman değişimli manyetik alan ve radyo frekans dalgalarının kullanıldığı MR cihazları, çoğunluğu (1,5 Tesla) 0 – 60 MHz frekans aralıklarında çalışan elektromanyetik alan kaynaklarıdır [15].

Manyetik rezonans görüntüleme tekniği, manyetik alan ve radyo frekans dalgaları yardımıyla vücut doku ve organlarının yapısını görüntülemeye yarayan, hastalıkların tanısında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [15].

Manyetik rezonans görüntüleme tekniği ilk olarak 1939 yılında keşfedilmiş olup, teknolojiye paralel bir şekilde hızla gelişerek 1980’lerin başlarından itibaren sıklıkla kullanılır duruma gelmiştir. Türkiye’de ise ilk defa 1989 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalında MR cihazı kullanılmaya başlanmıştır. Resim 2.2’de şu an kullanılmakta olan MR cihazları görülmektedir [16].



(a) İşyeri G'deki Cihaz



(b) İşyeri D'deki Cihaz

Resim 2. 2 Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazları

MR cihazları genel olarak Resim 2.2'de görülen ve manyetik alan oluşturmak için kullanılan 'ana magnet', manyetik alanı homojen bir şekilde uygulayabilmek için kullanılan 'shim sargıları', istenilen bölgede ve düzlemde uygulanmasını sağlamak için kullanılan 'gradient sargılar', incelenen dokulardaki hidrojen çekirdeklerini uyarmak için RF sinyali gönderen ve dokulardan gelen sinyalleri saptayan koil (bobin) adı verilen 'radyo frekans sargıları', RF sinyallerinin istenilen bölgeye uygulanmasını sağlayan Resim 2.3. (a-b)'de görülen 'yüzeysel sargılardan' ve dokunun görüntüsünün elde edildiği ve Resim 2.3. (c-d)'de görülen operatörlerin çekim işlemi gözlemlediği görüntü işleme ve operatör bilgisayarlarından oluşmaktadır [17].



(a) Ana Magnet [18]



(b) Yüzeysel Sargılar [18]



(c) Operatör Bilgisayarları (İşyeri B)



(d) Operatör Bilgisayarları (İşyeri G)

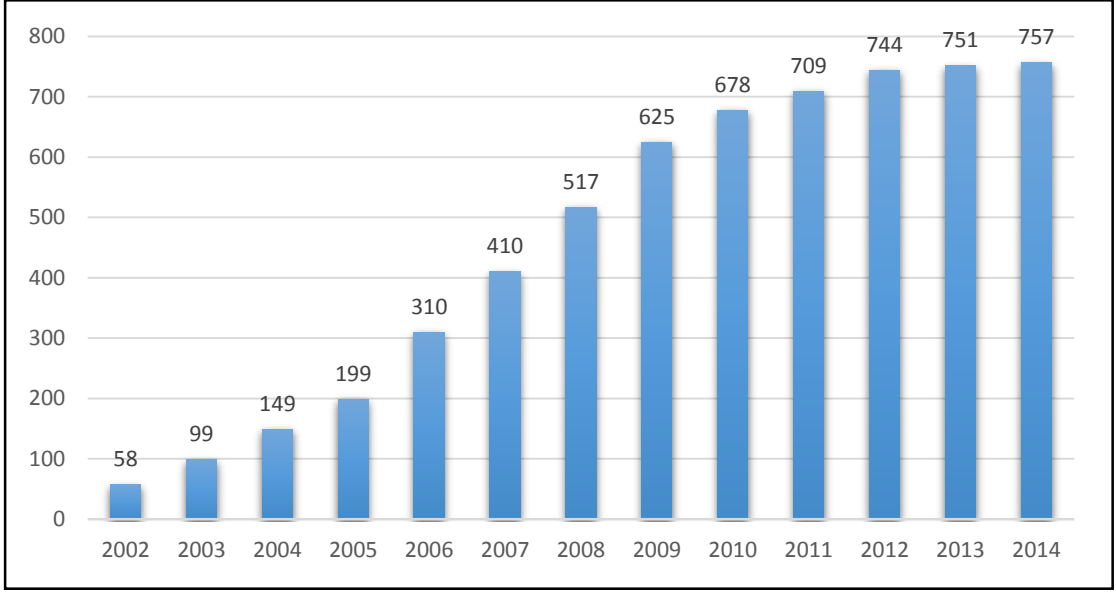
Resim 2. 3 Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı Bileşenleri

MR cihazlarının çalışma prensibi, insan vücudunda %60 oranında bulunan suyun içindeki H⁺ iyonlarının hareketinin manyetik alan etkisindeki değişimleri ve radyo frekans dalgalarına verdikleri tepkiler sonucu dokuların yapısını görüntüleme üzerine kuruludur. Manyetik rezonans görüntüleme yoğun olarak H elementini barındırmalarından dolayı yumuşak dokularda daha başarılıdır.

Çalışma prensibi gereği statik manyetik alan derğerleri çok yüksek olmasına ve hasta maruziyetinin uluslararası kabul edilen elektromanyetik alan sınır değerlerinin çok üstünde olmasına rağmen kullanımındaki yarar gözetildiğinde ve bilgisayarlı tomografi gibi tekniklerin aksine iyonlaştırıcı etkisi olmaması sebebiyle istisnai bir durum oluşturmaktadır. Bu sebeple MR çekimi yapılan hastalar için normal maruziyet sınır değerleri geçerli değildir.

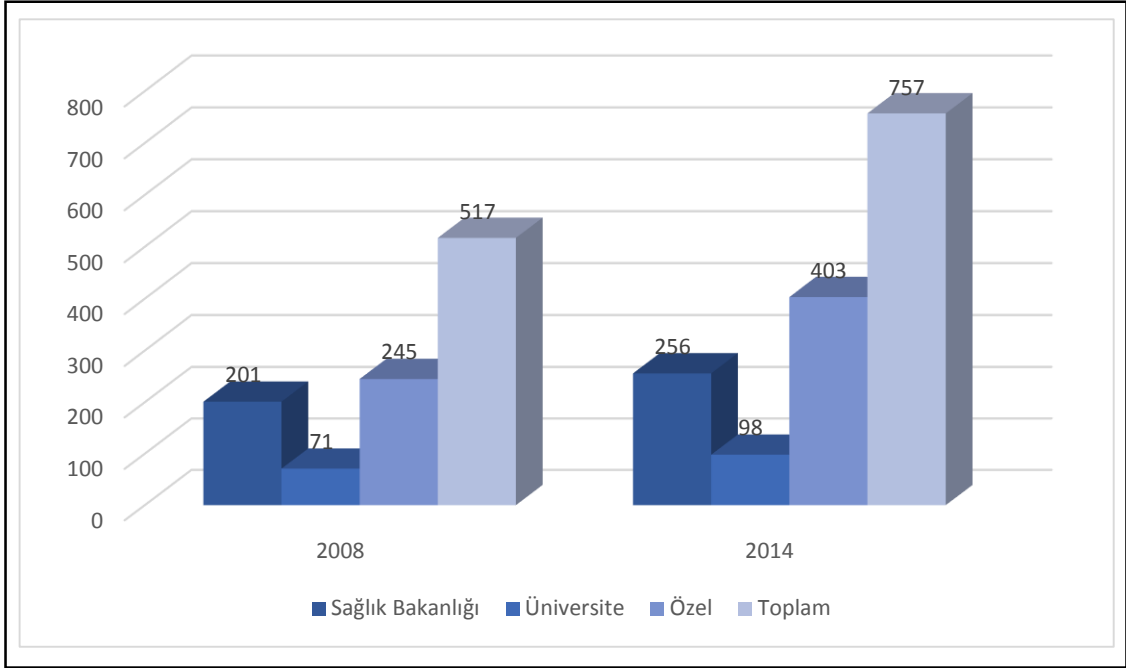
2.4. TÜRKİYE MR KULLANIM İSTATİSTİKLERİ

1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan MR tekniğinin, yapılan çalışmalar ve teknolojik ilerlemeler sayesinde verimlilik ve görüntüleme kalitesi gibi özelliklerinin de gelişmesiyle, hastalık tanısındaki önemi giderek artmıştır. Bununla birlikte üretim, bakım ve kullanımındaki kolaylıkları da artan MR cihazları, doktorlar tarafından hastalık tanısında sıklıkla kullanımına başvuru önemli bir araç haline gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak ülkemizde 1989 yılında kullanılmaya başlanan MR cihazlarının sayısı ve MR cihazlarında yapılan görüntüleme sayıları yıldan yıla artış göstermiştir. Grafik 2.1'de Sağlık Bakanlığı 'Sağlık İstatistikleri Yıllıkları' ve Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü - OECD (The Organization for Economic Co-operation Development) verilerine göre; ülkemizde sağlık kurumlarında kullanılan MR cihazı sayılarının yıllara göre artışı görülmektedir [3, 19].



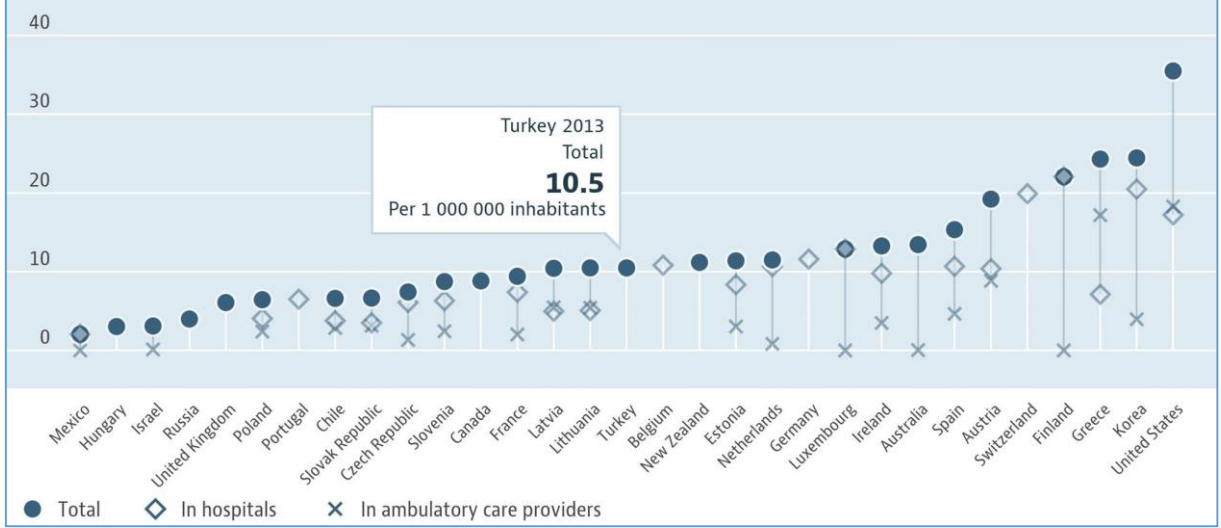
Grafik 2.1. Türkiye’de Yıllara Göre MR Cihazı Sayıları [19]

Sağlık Bakanlığı istatistik raporlarında, 2008 yılından itibaren MR cihazı sayılarının sektörlere göre dağılımı da görülebilmektedir. Grafik 2.2’de 2008 ve 2014 yıllarında ülkemizde kullanılan MR cihazı sayılarının sektörlere göre dağılımı verilmiştir. Bu veriler karşılaştırıldığında 2008 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede MR cihazı sayılarının artışı anlaşılmaktadır [19].



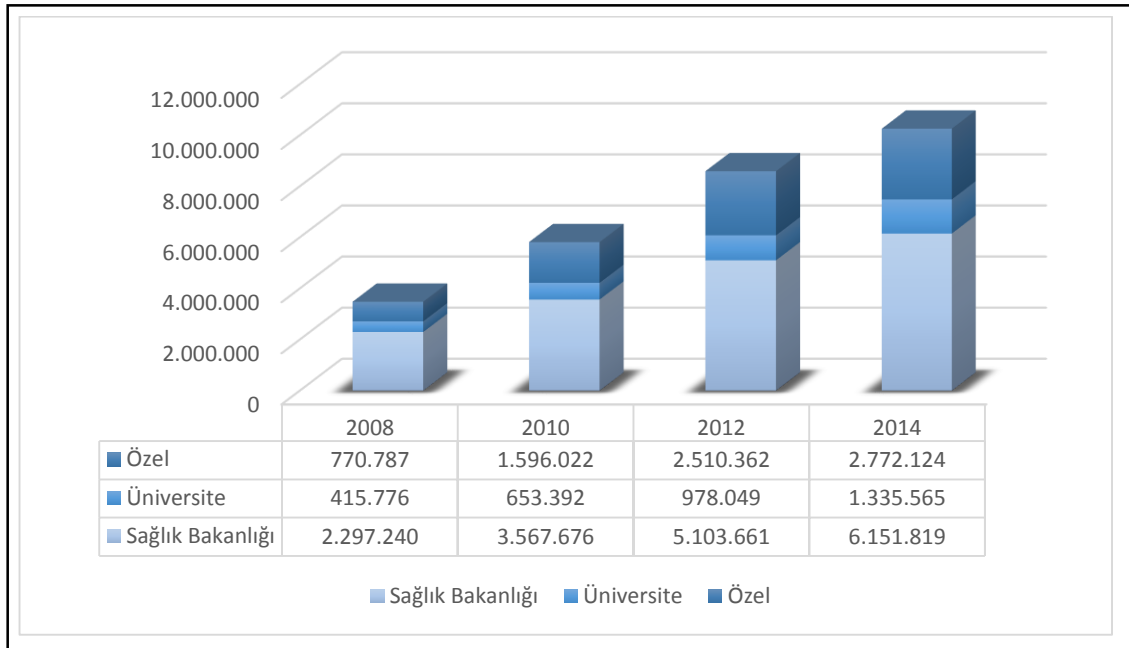
Grafik 2.2. Türkiye’de 2008 ve 2014 Yılları Sektörlere Göre Manyetik Rezonans Cihazı Sayıları [19]

Ülkemizdeki MR cihazı sayılarının diğer ülkelerle kıyaslandığında ise, Türkiye orta sıralarda yer almaktadır. Grafik 2.3'te OECD 2013 yılı verilerine göre ülkelerin bir milyon (1 000 000) kişiye düşen MR cihazı sayılarının sıralaması görülmektedir [3].



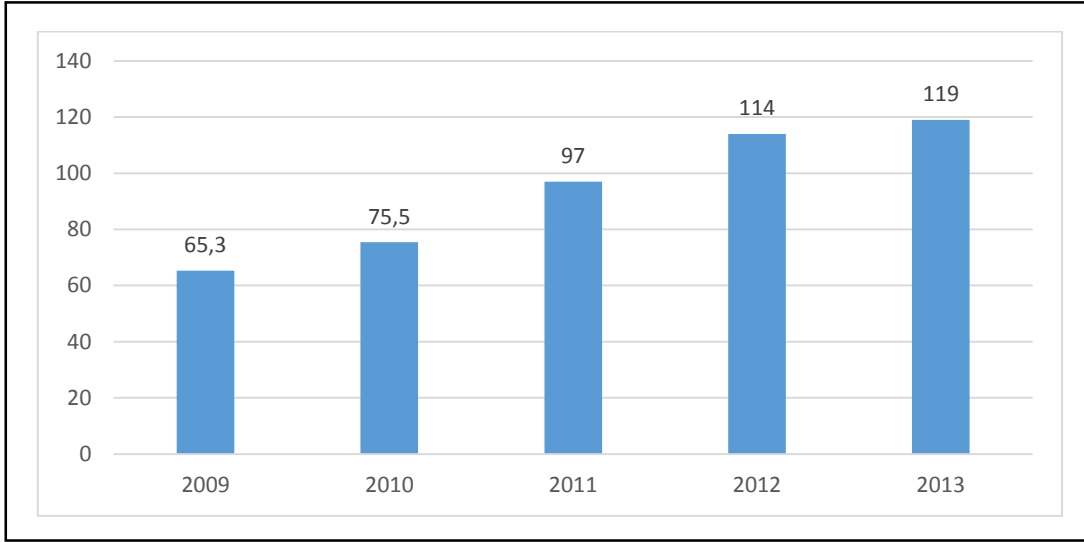
Grafik 2.3. Ülkelerin 1 000 000 Kişie Düşen Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı Sayıları [3]

MR cihazı kullanılarak yapılan görüntüleme sayılarına bakıldığında ise yıllara göre görüntüleme sayısındaki artışın cihaz sayısı artışından daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizde MR cihazı sayısı 2008 ve 2014 yılları arasında 1,5 kat artarken, MR görüntüleme sayısı aynı dönemde 3 kat artış göstermiştir. Şekil 2.11'de Sağlık Bakanlığı verilerine göre MR görüntüleme sayılarının yıllara ve sektörlere göre artışı görülmektedir [19].



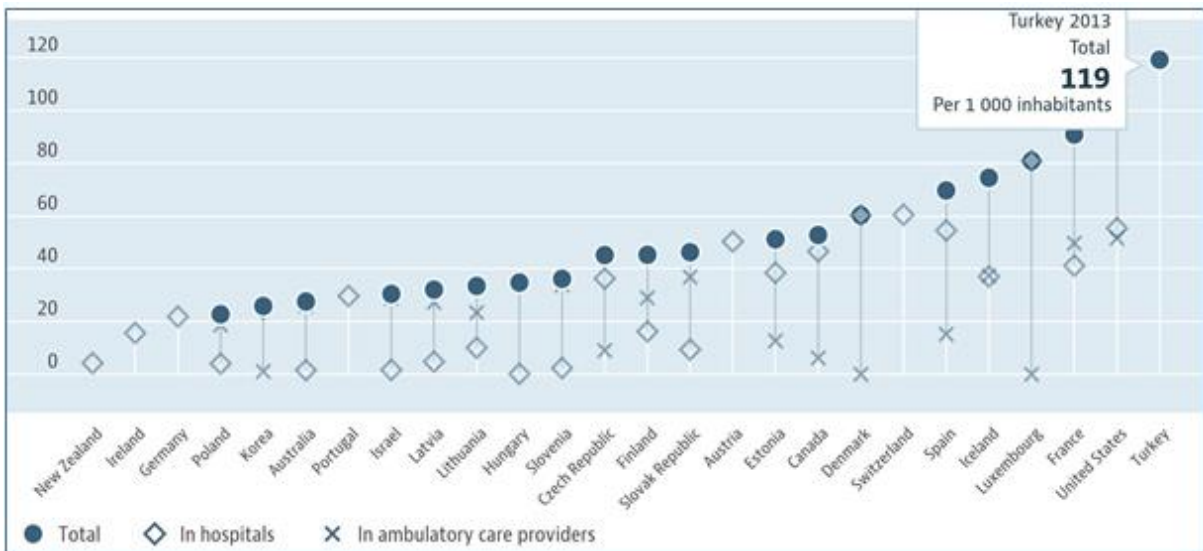
Grafik 2.4. Türkiye Yıllara ve Sektörlere Göre Manyetik Rezonans Görüntüleme Sayıları [3]

OECD verilerine göre ülkemizde gerçekleştirilen bin (1 000) kişiye düşen MR görüntüleme sayılarının yıllara göre değişimi Grafik 2.4'te görülmektedir.



Grafik 2.5. Türkiye Yıllara Göre 1 000 Kişiye Düşen Manyetik Rezonans Görüntüleme Sayıları [3]

OECD verilerine göre 2012 ve 2013 yıllarında ülkelerin MR görüntüleme sayıları kıyaslanlandığında Türkiye ilk sırada yer almaktadır. OECD veri tabanında ulaşılabilen en güncel veriler 2013 yılına ait olup, bu yıla ait ülkelerin MR görüntüleme sayılarının sıralaması Grafik 2.5'te görülmektedir. Türkiye, her 1 000 kişi için yapılan MR görüntüleme sayısında 119 ile ilk sırada yer alırken, cihaz sayısı ülkemizdeki cihaz sayısından çok daha fazla olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD), her 1 000 kişi için 107 MR görüntüleme sayısı ile ikinci sıradadır.



Grafik 2.6. Ülkelerin 1 000 Kişiye Düşen Manyetik Rezonans Görüntüleme Sayıları [3]

2.5. ELEKTROMANYETİK ALAN SAĞLIK ETKİLERİ

Elektrik ve manyetik alanların insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileriyle ilgili 1960'lı yıllardan bu yana birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, elde edilen bulgular tatmin edici değildir. Elektromanyetik alanların etkilerinde, anlamlı epidemiyolojik çalışma yapmak hayli zordur; çünkü dünyanın her yerinde elektriğin kullanıldığı düşünüldüğünde elektromanyetik alanlara maruz kalmamış bireylerin bulunması mümkün değildir [20].

EM alanların iki tür biyolojik etkisi vardır. Birinci kısım kısa zamanda hissedilen etkiler diyebileceğimiz baş ağrıları, göz yanmaları, yorgunluk, halsizlik ve baş dönmeleri gibi şikâyetlerdir. Ayrıca gece uykusuzlukları, gündüz uykulu dolaşım, bıkkınlık ve sürekli rahatsızlık nedeniyle topluma katılmamak gibi neticeler de literatürde rapor edilmiştir. Diğer bir etki ise moleküller ve kimyasal bağlara, hücre yapısına, vücut koruma sistemine yaptığı ve uzun sürede ortaya çıkabilen etkilerdir [20].

Elektromanyetik dalgalardan olan radyo dalgalarının en iyi bilinen etkisi ısınmaya yol açmasıdır. En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deri üzerinde ortaya çıkar ve yerel yanmalar oluşabilir. Vücudun derinliklerine gidildikçe sıcaklık düşer. Ancak uzun dalga radyasyonuna maruz kalmaların, kaslarda yüksek sıcaklık artışına neden olduğu anlaşılmıştır. İç organlar ve kan üzerinde de sıcaklık artışı görülür. 40- 100 m W/cm² yoğunluklu alanlar uygulandığında kan damarları ciddi zarar görmekte ve bu nedenle iç organlarda kanamalar oluşmaktadır [7].

Elektromanyetik alanların bir diğer etkisi ise göz üzerine olan etkileridir. Çok yüksek frekans alanlarında çalışan personel üzerinde önemli oranda göze zararlı etkileri gözlenmesine rağmen radyo frekans istasyonlarında çalışanlarda, özellikle radar operatörlerinde, göz zararı saptanmamıştır. Bilim adamları, santimetre başına birkaç mW mertebeli yoğunlukta, kronik ışımaya, insan gözünde bulanıklık oluşturmaya yeteceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Bu gibi kimselerde ilk belirti göz yorulması ve göz yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi) duyarlılıkta azalma olarak ortaya çıkar [21].

Radyo frekans alanlarında çalışan personellerin sinir sistemi ile ilgili yoğun şikâyetleri üzerine, merkez sinir sistemindeki değişmelere ilişkin oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Büyük ve küçük değerlerde alan yoğunluklarının her ikisi ile birlikte radyo frekansı (RF) ve çok yüksek frekans (ÇYF) alanlarının, merkez sinir sistemlerinin aktivitesi üzerinde etkisini araştırmak üzere yapılan klinik ve laboratuvar çalışmalarında, değişmeler elektroensefalografi (EEG) ile saptanmıştır. Çalışmalar uzun zaman periyotlarında yapılmıştır. EEG incelemesi

elektromagnetik dalgalardan dolayı oluşan CNS (Cardiovascular Noratic Sendrom) etkisinin araştırılmasına kolaylık sağlar. Düşük şiddetli RF ve ÇYF alanları halsizlik (asthenic) tipinde bir sendrom olarak bilinen değişmelere yol açar. Şiddetli ÇYF ve RF alanlarında daha çok kardiovaskular vejetatif (istemsiz) düzenlemede karşılıklar şeklinde oluşan asthenic sendrom oluşur [22].

Göz ve sinir sistemlerinden başka, genital organlar RF alanlarına karşı çok duyarlıdır. Santimetrik dalga bölgesindeki yüksek alan yoğunluklarında farkedilir değişmeler olur. Bu şiddetlerde başlıca etki üreme organları üzerinde oluşan ısı etkisidir. Bu organlarda sıcaklık artışı (kadın ve erkek) morfolojik değişmelere neden olur ve muhtemel dejeneratif işlemler doğurur. Üreme organlarını besleyen kan damarlarının büzülmesi, yumurtalık ya da testislere doğrudan zarar verebilir. Histolojik araştırmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini (durakladığını) ortaya koymuştur. Bu morfolojik değişmeler üreme çevriminde, döl azalma, kısırlaşma ve dişi doğum sayısında artış olarak kendini gösterir. RF'nin hamile kadınlarda, düşük oranında artmaya neden olduğu bilinmektedir. Literatürde hamilelik başlangıcında kısırdalga diatermi tedavisi gören bir annenin fetusunda embriyopati durumu oluştuğunu bildirilmektedir. Çocuk doğduğunda normalden çok daha az kemikleşme eksikliği gibi anormallikler görülür [22].

Yüksek yoğunlukla RF alanlarında periyodik olarak maruziyet, dolaşım sisteminde değişmeye de yol açar. Kan dolaşımında bozulma özellikle maruziyet süresi ve şiddetiyle orantılı olarak kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi, kan basıncında değişme oluşturur. Başlangıçta kan basıncı hafifçe artar ve sonra düşer. Bu düşüş maruziyetten birkaç hafta sonra geçse bile, devam edebilir. Radar personeli üzerinde bu konuda negatif sonuçlar rapor edilmektedir. Nabız oranı değişebilir. Vücudun maruz kalan bölümüne bağlı olarak nabız hızlanır veya yavaşlar. RF alanlarının koroner dolaşım sisteminin iletkenliğini azalttığı EKG ile tespit edilmiştir. Dolaşım fonksiyonlarındaki bahsedilen bu değişmeler, tekrar eski haline gelebilir özelliktedir, ancak diğer fonksiyonlar normale dönse bile EKG'deki değişme yine sürer [22].

Çok düşük frekans aralığındaki (ÇDF) elektromanyetik alan etkileri için de bir çok araştırma yapılmış ancak kesin sonuçlara ulaşılamamıştır. Dünyadaki epidemiyolojik araştırmaların ve laboratuvar deneylerinin sonuçlarına göre;

- Çocuklar elektromanyetik alanın olumsuz etkilerine karşı daha duyarlıdır. ÇDF ve RF özellikle çocuklarda lösemi, beyin kanseri, göğüs kanseri ve lenfomaya sebep olabilir.

- EMA baş ağrısı, uyku bozukluğu, boğazda yanma, yorgunluk hissi, ışığa ve sese aşırı duyarlılık, işitme kusuru, görme derecesinde azalma ve deride karıncalanmaya sebebiyet verebilir

2012 yılında Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (ICNIRP) tarafından düzenlenen çalıştayda, uluslararası alanda elektromanyetik alanın zararlı etkileri üzerine yapılan araştırmalar incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkarılmıştır [23].

- Günde 8 saatin üzerinde cep telefonuyla konuşmalarda duyma problemleri görülmüştür. Kısa süreli maruziyetlerde herhangi bir etki görülmemiştir.
- 3 yılı aşkın cep telefonu kullanıcılarında iç kulak fonksiyonlarında azalmalar görülmüştür.
- Elektromanyetik alanın denge duyusuna herhangi bir etkisi görülmemiştir.
- Melatonin hormonu seviyesi için yapılan araştırmalarda, 900 MHz GSM frekans maruziyetinde melatonin seviyesinde herhangi bir etki görülmemiş, ancak diğer hormonlar değişimler gözlemlenmiştir. Analog cep telefonu kullanıcılarının günde 25 dakikadan fazla konuşmalarda, uykuda melatonin hormonu seviyesinin düştüğü görülmüştür.
- Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda elektromanyetik alanın sperm hareket kabiliyetini düşürdüğü, DNA kırılmalarına neden olduğu görülmüştür. Ancak yapılan çalışmaların tutarsız olduğu ve maruziyet değerlerinin çok yüksek olduğu ortamlar için bu sonuçların alındığı belirtilmiştir.
- Elektromanyetik alanlara duyarlılığı olan kişilerde yapılan çalışmalarda, zararlı bir etkiye rastlanılmamıştır. Kişilerin psikolojik fonksiyonlarının düzgün çalıştığı, etkilenme hissini nosebo etkisinden kaynaklandığı belirtilmiştir.
- Elektromanyetik alan maruziyetinin yetişkin veya çocuklarda bilişsel fonksiyonlar üzerinde zararlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.
- Bazı çalışmalarda yüksek frekansa maruz kalan kişilerin tepki sürelerinde değişimler olduğu ve hatırlama problemlerinin görülmüş ancak bu etkilerin geçici etkiler olduğu belirtilmiştir.

- Cep telefonlarının kulağa bitişik kullanımlarında beyindeki bölgesel kan akışını hızlandıran bir etkisi olduğu görülmüştür. Ancak bu etkinin kesin olarak elektromanyetik alandan kaynaklanmadığı, gürültü ve sıcaklıktan da kaynaklanabileceği belirtilmiştir.
- Cep telefonu kullanan kişilerde ve yayın istasyonlarının yakınının yaşayan kadınlarda bağışıklık sisteminin etkilendiğinin görüldüğü ancak verilerin tutarsız olduğu belirtilmiştir.

Manyetik rezonans görüntüleme üzerine yapılan bir çalışmada, çekimler sırasında 2 – 3 T arasında zamanla değışen manyetik alana maruz kalan hastaların normal hareketleri sonucunda vücutlarında indüklenen elektrik alan değıerinin yüksek değıerlere ulaştığını ve hastalar, MR çalışanları ve gönüllüler arasından çok sayıda kişinin, baş dönmesi, mide bulantısı ve gözde ışık titremesi hissi gibi şikayetlerinin olduğu belirtilmiştir [24].

MR çekimlerinde yapılan başka bir çalışmada çekim sırasında oluşan statik manyetik alanın teorik olarak kan akış hızını yavaşlattığı gösterilmiştir. Ancak kan akış hızında %10' luk bir değışim için 15 T'lık manyetik alan maruziyetinin olması gerektiğı, 8T'lık manyetik alana maruz kalındığında kalp atışında veya kan basıncında herhangi bir değışiklik oluşmadığı belirtilmiştir [24].

2.6. MEVZUAT VE SINIR DEĞERLER

Elektromanyetik alan olumsuz sağılık etkileri konusunda araştırmaların devam etmesi, uluslararası birçok kurum ve kuruluş tarafından yapılan araştırma sonuçlarının tartışmalı ve kanıtlanamamış olması, elektromanyetik alan maruziyeti sınır değıeleri konusunda farklı bakış açıları oluşturmuştur. Bazı ülkeler (Avustralya, İsviçre, İtalya, vb.) ihtiyatlılık ilkesi gereğince uluslararası kuruluşların önerdiği sınır değıerlerden daha düşük değıerler belirleyerek yasal düzenlemeler getirirken, bazı ülkelerde (Hollanda, İngiltere ve Almanya, vb.) ise önerilen limit değıerlerin üstünde düzenlemeler yapıldığı veya hiçbir sınırlama getirilmediğı görülmektedir. [25]

2.6.1 İhtiyatlılık İlkesi

Bugün birçok ülkede sağılığa ve çevreye ciddi veya geri dönüşümsüz hasarların olabileceğı, bilimsel belirsizliklerin olduğu durumlarda korunmaya dair tüm önlemlerin alınması ilkesi

‘İhtiyat İlkesi’ olarak kabul edilmiştir. Elektromanyetik alanların bugüne kadar belirlenmiş sağlık etkileri tüm dünyada ihtiyatlılık ilkesinin belirlenmesi yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. İhtiyatlılık ilkesi; belli bir hareketin çevre açısından olumsuz ve zararlı sonuçlar doğuracağı hakkında ciddi (güçlü) bir şüphe mevcutsa, bilimsel kanıtın ortaya çıkmasını beklemeden, yani çok geç olmadan önlem alınması anlamına gelmektedir [26].

2.6.2. Türkiye’de Mevzuat ve Sınır Değerler

Ülkemizde elektromanyetik alanın etkilerini azaltmak için genel halk maruziyetini sınırlandıran yasal mevzuatlar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından çıkarılmıştır [27], [28], [29].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan ‘İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik’ 24 Temmuz 2010 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, Tablo 2.1’de belirtilen değerler 0 – 300 GHz frekans aralığında sınır değerler olarak belirlenmiştir. [28].

Tablo 2. 1- (0 Hz – 300 GHz) Frekans Bantlarındaki Elektik Alan, Manyetik Alan ve Elektromanyetik Alanlar İçin Sınır Değerler [28]

Frekans Aralığı f(Hz)	EA Şiddeti E(V/m)	MA Şiddeti H (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B (μT)	Güç Yoğunluğu Seq(W/m ²)
1 Hz’e kadar	-	32 000	40 000	-
1 Hz-8Hz	10 000	32 000/f ²	40 000 f ²	-
8Hz-25Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-
0.025kHz-0.8kHz	750/f	8/f	10/f	-
0.8kHz-3kHz	250/f	5	6.25	-
3kHz-150kHz	87	5	6.25	-
0.15MHz-1MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1MHz-10MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f	-
10MHz-400MHz	28	0.073	0.092	2
400MHz-2000MHz	1.375 f ^{1/2}	0.0037 f ^{1/2}	0.0046 f ^{1/2}	f/200
2GHz-300GHz	61	0.16	0.20	10

Yönetmelikte elektronik haberleşme cihazları için, 10 kHz – 60 GHz frekans aralığında Tablo 2.2’de belirtilen değerler sınır değer olarak kabul edilmektedir.

Tablo 2. 2- (10 kHz – 60 GHz) Arasında Haberleşme Cihazları Sınır Değerleri [28]

Frekans Aralığı (MHz)	E-Alan Şiddeti		H-Alan Şiddeti (A/m)		B-Manyetik Akı Yoğunluğu (μT)		Güç Yoğunluğu (W/m ²)	
	Tek Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri
0.010-0.015	22	87	1.3	5	1.5	6.25	-	-
0.015-1	22	87	0.18/f	0.73/f	0.23/f	0.92/f	-	-
1-10	22/ f ^{1/2}	87/ f ^{1/2}	0.18/f	0.73/f	0.23/f	0.92/f	-	-
10-400	7	28	0.02	0.073	0.023	0.092	0.125	2
400-2 000	0.341f ^{1/2}	1.375f ^{1/2}	0.0009/f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	0.001 f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}	f/3 200	f/200
2 000-60 000	15	61	0.04	0.16	0.05	0.02	0.625	10

21 Nisan 2011 tarihinde ise Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından çıkarılan ‘Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik’ yürürlüğe girmiş Tablo 2.3’teki değerler 10 kHz- 60 GHz frekans aralığında sınır değerler olarak belirlenmiştir [29].

Yönetmelikte ayrıca, ortamdaki toplam elektromanyetik alan şiddeti sınır değerinin, Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komitesi’nin (ICNIRP) belirlediği sınır değerlerinin dörtte üçünü (3/4) aşamayacağı, tek bir cihaz için ise sınır değer dokuzda ikisini (2/9) aşamayacağı belirtilmiştir [29].

Tablo 2. 3 BTK - (10 kHz – 60 GHz) Frekans Aralıklarında Haberleşme Cihazları Sınır Değerleri [29]

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)		H-Alan şiddeti (A/m)	
	Tek cihaz için limit değeri	Ortam için limit değeri	Tek cihaz limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0,010-0,15	19,3	65,25	1,1	3,75
0,15-1	19,3	65,25	0,16/f	0,54/f
1-10	19,3/f ^{1/2}	65,25/ f ^{1/2}	0,16/f	0,54/f
10-400	6,2	21	0,016	0,054
400-2 000	0,305f ^{1/2}	1,03 f ^{1/2}	0,00082 f ^{1/2}	0,0027 f ^{1/2}
2 000-60 000	13,5	45,75	0,035	0,12

Not: f= frekans (MHz)

Mesleki maruziyete baktığımızda ise ülkemizde yasal bir düzenleme bulunmamaktadır. Ancak bilindiği üzere iş hijyeni kapsamında mesleki maruziyet ölçümleri, 20 Ağustos 2013 tarihinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından çıkarılan ‘İş Hijyeni Ölçüm, Test Ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik’ gereğince, 20 Ağustos 2015 tarihinden itibaren İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından yetkilendirilmiş laboratuvarlar tarafından yapılmaktadır. Yönetmelik kapsamında, laboratuvarların elektromanyetik alan ölçümlerini, TS EN 50413 ‘İnsanların Elektrik, Manyetik ve Elektromanyetik Alanlara (0 Hz - 300 Ghz) Maruz Kalması İle İlgili Ölçmeler ve Hesaplama İşlemlerine Ait Temel Standard’ içinde yer alan ölçüm metodunu kullanarak yapabilecekleri belirtilmiştir [30].

TS EN 50413 standardında mesleki maruziyet sınır değerleri için Avrupa Birliği Direktifi ve ICNIRP kılavuzlarında yer alan sınır değerlerin kullanılması gerektiği belirtilmektedir [31].

2.6.3. Uluslararası Düzeyde Mevzuat ve Sınır Değerler

Uluslararası alanda elektromanyetik alan maruziyetinin insan sağlığına etkilerini araştırmak ve limit değerleri belirlemek için çalışmalar yapan önde gelen kuruluşlar şunlardır:

- ICNIRP - Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Committee on Non-ionizing Radiation Protection)
- WHO - Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
- IARC - Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (International Agency For Research On Cancer)

- ILO - Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
- IEEE - Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- UNEP – Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environmental Programme)
- NCRP - Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection)
- EC – Avrupa Komisyonu (European Commission)

Uluslararası alanda Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) gibi Birleşmiş Milletler Örgütleri ile Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (ICNIRP), Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) ve Avrupa Komisyonu (EC) gibi uluslararası organizasyonlar tarafından uzun yıllar boyunca çalışmalar yapılmakta ve elektromanyetik alan maruziyetinin etkilerinin araştırılıp, uygun sınır değer belirlenmesi amaçlanmaktadır [32].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1996 yılında başlatılan proje (International EMF Project) halen devam etmektedir. Proje, ILO, ICNIRP, IARC gibi uluslararası organizasyonlarla ortak çalışılarak elektromanyetik alanın sağlık etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır.

IARC, yaptığı çalışmalar (IARC Monographs) sonucunda elektromanyetik alanı insanlar için muhtemel kanserojen grubuna (possibly carcinogenic to humans - Group 2B) eklemiştir [33].

ICNIRP iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarının zararlı etkilerinden insanları ve çevreyi korumak için bilimsel danışmanlık ve rehberlik amacıyla araştırmalar yapan bağımsız bir kuruluştur. Hiçbir şekilde ticari veya çıkar ilişkisi olmayan kuruluşun giderleri, Alman Çevre Bakanlığı, Avustralya Radyasyondan Korunma ve Nükleer Güvenlik Ajansı, Uluslararası Radyasyondan korunma Derneği ve Türkiye Sağlık Bakanlığı gibi kurumların yardımları ile karşılanmaktadır [34].

ICNIRP tarafından yayımlanan sınır değer kılavuzları WHO ve ILO'nun yanı sıra Avrupa Komisyonu (EC) direktiflerinde ve diğer bir çok ülkede kabul görmüştür.

ICNIRP tarafından 1998 yılında çıkarılan ‘ICNIRP Guidelines’ kılavuzunda belirlenen 0 -300 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik alan maruziyeti için sınır değerler Tablo 2.4’te görülmektedir [35].

Tablo 2. 4 ICNIRP 1998 Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri [35]

Frekans Aralığı	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B (μ T)	Güç Yoğunluğu Seq(W/m ²)
0 – 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	-
1 – 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5$	$2 \times 10^5/f^2$	-
8 – 25 Hz	20000	$2 \times 10^4/f$	$2 \times 10^4/f$	-
0,25 – 0,82kHz	500/f	20/f	25/f	-
0,82 – 65 kHz	610	24,4	30,7	-
0,065 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	-
10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	f/40
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50

ICNIRP daha sonra 2009 yılında statik manyetik alanlarla ilgili bir kılavuz daha yayınlamış ve genel halk ve mesleki maruziyetler için Tablo 2.5’te belirtilen sınır değerleri belirlemiştir.

Tablo 2. 5 ICNIRP 2009 Statik Manyetik Alan Sınır Değerleri [24]

Maruziyet Özellikleri	Manyetik Akı Yoğunluğu
Mesleki Maruziyet – Baş ve Gövde	2 T
Mesleki Maruziyet - Uzunlar	8T
Genel Halk Maruziyeti- Tüm Vücut	400 mT

ICNIRP, 2010 yılında 1 Hz – 100 kHz frekans aralığı için elektromanyetik alan sınır değerlerinin tekrar düzenlemiş ve yayımladığı kılavuzda Tablo 2.6'deki mesleki ve Tablo 2.7'deki genel halk için sınır değerleri belirlemiştir.

Tablo 2. 6 ICNIRP 2010 – (1 Hz- 100 kHz) Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri [36]

Frekans Aralığı	Elektrik Alan E(kV/m)	Manyetik Alan Şiddeti H(A/m)	Manyetik Alan Yoğunluğu B (T)	Akısı
1 Hz – 8 Hz	20	$1,63 \times 10^5/f^2$	$0,2/f^2$	
8 Hz – 25 Hz	20	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^{-2}/f$	
25 Hz – 300 Hz	$5 \times 10^2/f$	8×10^2	1×10^{-3}	
300 Hz – 3 kHz	$5 \times 10^2/f$	$2,4 \times 10^5$	$0,3/f$	
3 kHz – 100 kHz	$1,7 \times 10^{-1}$	80	1×10^{-4}	

Tablo 2. 7 ICNIRP 2010 - (1 Hz – 100 kHz) Genel Halk Maruziyet Sınır Değerleri [36]

Frekans Aralığı	Elektrik Alan E(V/m)	Manyetik Alan Şiddeti H(A/m)	Manyetik Alan Yoğunluğu (T)	Akısı
1 Hz – 8 Hz	5	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^{-2}/f^2$	
8 Hz – 25 Hz	5	$4 \times 10^3/f$	$5 \times 10^{-3}/f$	
25 Hz – 50 Hz	5	$1,6 \times 10^2$	2×10^{-4}	
50 Hz – 400 Hz	$2,5 \times 10^2/f$	$1,6 \times 10$	2×10^{-4}	
400 Hz – 3 k Hz	$2,5 \times 10^2/f$	$6,4 \times 10^4/f$	$8 \times 10^{-2}/f$	
3 kHz – 100 kHz	$8,3 \times 10^{-2}$	21	$2,7 \times 10^{-5}$	

F ; Hz cinsinden

2014 yılında ise ICNIRP, 2010 yılındaki kılavuzunda belirlemediği 0 – 1 Hz frekans aralığı için Tablo 2.8'deki değerlerin belirlendiği kılavuzu çıkarmıştır.

Tablo 2. 8 ICNIRP 2010 - (0 – 1Hz) Aralığındaki Sınır Değerler [36]

Temel Kısıtlamalar				Sınır Değer		
Frekans	$\Delta B(T)$	B (T)	Vm^{-1}		$dB/dT (Ts^{-1})$	
Çalışma Aralığı	KontROLSÜZ	KontROLSÜZ	Kontrollü	KontROLSÜZ	Kontrollü	KontROLSÜZ
0	2	-	-	-	-	-
0-1	-	2	-	-	-	-
0-0,66	-	-	1,1	1,1	2,7	2,7
0,66-1	-	-	1,1	0,7/f	2,7	1,8/f

ICNIRP önerilerini kabul eden ve Avrupa Birliği üye ülkelerinin iş sağlığı ve güvenliği konularında yasalarını düzenlemek için harekete geçen Avrupa Komisyonu'nun (EC) çalışmaları 1989 yılına dayanmaktadır. 12 Haziran 1989 yılında Avrupa Komisyonu tarafından iş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesini teşvik etmek için hazırlanan 89/398/EEC Direktifi yürürlüğe girmiş ve bu direktif gereğince 29 Nisan 2004 yılında elektromanyetik alana maruz kalan çalışanların minimum sağlık ve güvenlik gereksinimlerini belirleyen 2004/40/EC direktifi yayımlanmış ancak üye ülkelerin direktifi ulusal mevzuatlarına uyumlaştırması için 30 Nisan 2008'e kadar süre verilmiştir. Bu direktif öncesinde 1999 yılında genel halkın elektromanyetik alan maruziyetinin sınırlandırılması ile ilgili 1999/519/EC AB Konsey Tavsiyesi yayımlanmıştır. Konsey tavsiyesinde belirtilen sınır değerler de yine ICNIRP tarafından 1998 yılında yayımlanan EMA kılavuzundan elde edilmiştir.

Konsey tavsiye kararının yasal yaptırım zorunluluğu olmadığından üye ülkeler arasında konsey tavsiyesine uyumluluk ve elektromanyetik alan maruziyeti için sınır değer belirleme konusunda genel olarak üç farklı grup oluşmuştur.

Çok düşük frekans aralıklarında üye ülkelerin kabul ettikleri genel halk maruziyeti sınır değerlerinin konsey tavsiyesine göre uygunlukları şu şekildedir [25]:

Tavsiye kararındaki genel halk maruziyeti sınır değerlerini kabul edip, yasal mevzuatlarına ekleyen ülkeler, ek Cumhuriyeti, Estonya, Macaristan, Lüksemburg, Portekiz, Romanya, Yunanistan, ilk gurubu oluşturmaktadır. Ayrıca bu ülkeler 65kV'luk yüksek gerilim hatlarına yirmi metreden ve 100 kV ve 200 kV'luk yüksek gerilim hatlarına otuz metreden daha yakına yeni bina veya yaşam alanı yapılmasını yasaklamışlardır. Fransa tavsiye kararını yeni veya değiştirilen yapılar için uygulamış, Almanya ve slovakya tavsiyedeki değerleri maruziyet eylem değerleri olarak kabul etmiştir.

Avusturya, Kıbrıs , Danimarka, Finlandiya, İrlanda, Letonya, Malta, Hollanda ve Birleşik Krallık, tavsiye kararı veya ICNIRP sınır değerlerini benimsemeyip, daha geniş sınır değerlere sahip veya yasal bir düzenleme bulunmayan ülkeler olarak ikinci gurubu oluşturur. İspanya'da çok düşük elektromanyetik alan maruziyeti ile ilgili yasal bir düzenleme olmamakla birlikte, bazı yerel yönetimler evlerin veya okulların yakınından gerilim hatlarının geçirilmesini yasaklamıştır.

Aşağıda sıralanan ve ihtiyatlılık ilkesini gereği ya da halk baskılarından dolayı tavsiye kararındaki değerlerden daha katı sınır değerlere sahip ülkelerin kısaca kabul ettikleri sınırlamalar aşağıda verilmiştir.

Belçika'da elektromanyetik alan sınır değerleri 1987 yılından beri yasal olarak konsey tavsiye kararındakine uygundur. Belçika'da bulunan Flandre bölgesinde ise 2004 yılından beri tavsiyede belirtilen manyetik alan sınır değerinin onda biri sınır değer olarak kullanılmaktadır.

Bulgaristan'da görüntü ekranlarının 50 santimetre yakınına kadar elektrik alan sınır değeri tavsiyede belirtilen sınır değerin % 0,5'i sınır değer olarak kabul edilmiştir.

Danimarka Ulusal Sağlık Kurulu 1993'te elektrik hatlarının yakınına yeni bina veya ocuk kurumlarının yapılmasını ve aynı şekilde bu yapıların yakınından elektrik hatlarının geçirilmesini yasaklamıştır.

İtalya'da temel sınır değerler tavsiyedeki gibidir. Ayrıca dört saatten fazla elektromanyetik alan maruziyetine maruz kalan evlerde, okullarda ya da oyun alanlarında dikkat edilmesi gereken değer olarak tavsiye değerinin on kat daha azı kabul edilmektedir. Kalite hedefi olarak ise elektrik hatlarını ve yaşam alanlarını yakınlaştıran yeni yapılarda referans değerlerin yüzde  sınır değer olarak kabul edilmiştir.

Litvanya ve Slovenya’da ise tavsiye referans değerlerinin 10 kat daha düşük değerler sınır değer olarak kabul edilmiştir.

Avrupa Birliği ülkeleri arasında radyo frekans aralığında genel halk maruziyeti için benimsenmiş sınır değerler ile tavsiye referans değerleri arasındaki ilişki [25]:

Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Estonya, Fransa, Macaristan, İrlanda, Malta, Portekiz, Romanya ve İspanya tavsiyedeki referans değerleri sınır değer olarak kabul etmiştir.

Avusturya, Danimarka, Letonya, Hollanda, İsveç ve Birleşik Krallık tavsiye değerlerini uygulamamış, daha geniş sınır değerleri kabul etmiş veya hiçbir düzenleme getirmemiştir.

Belçika, Yunanistan, Bulgaristan, İtalya, Litvanya, Lüksemburg, Polonya ve İspanya’da tavsiye sınır değerlerinden 2 kat ve 50 kat arasında değişen oranlarda daha düşük sınır değerler kullanılmaktadır.

Mesleki maruziyete gelindiğinde ise Avrupa Birliği ülkelerinin tavsiye referans değerlerini uygulama durumları [25]:

Çek Cumhuriyeti, İtalya, Letonya, Litvanya, Romanya ve Slovakya çok düşük frekanslarda ve radyo frekanslarında elektromanyetik alan mesleki maruziyet sınır değerleri için 2004 yılında yayımlanan 2004/40/EC konsey direktifi referans değerlerini kabul etmiştir.

Avusturya, Belçika, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Portekiz, İspanya ve Birleşik Krallık gibi ülkeler direktifte verilen referans değerlerini yasal mevzuatlarına eklememişlerdir.

Bulgaristan, Polonya, Lüksemburg ve İsveç gibi ülkelerde ise direktifte belirtilen sınır değerlerden daha düşük seviyeler sınır değerler uygulanmaktadır.

Elektromanyetik alan maruziyetiyle ilgili sınır değer belirlenmesinde AB ülkeleri dışındaki ülke uygulamaları [25]:

Avustralya’da düşük frekanslarda genel halk maruziyeti için kabul edilen sınır değerler AB tavsiyesindeki değerlerle aynıdır, ancak kısa süreli maruziyetlerde daha yüksek limit değerleri kabul edilmektedir. Avustralya Radyasyon Koruma ve Nükleer Güvenlik Ajansı (ARPANSA), 3 kHz frekansa kadar düşük frekanslar için yeni bir standart hazırlamaktadır. Taslak belgeye göre AB tavsiyesinde yer alan manyetik alan sınır değeri üç kat artırılarak uygulanacaktır.

Radyo frekanslarında ise genel halk maruziyeti sınır değerleri AB tavsiyesindeki değerler ile aynıdır.

Mesleki maruziyet sınır değerlerine gelindiğinde, düşük frekans aralıklarında Avustralya, AB direktifindeki değerlerle aynı sınır değerleri benimsemiştir. Ancak maruziyet süresinin en fazla iki saat olduğu durumlarda sınır değerler üç kat artmakta, kontrollü durumlarda ise sınır değerler ikiye katlanmaktadır. Radyo frekans aralıklarında ise Avustralya’da uygulanan mesleki maruziyet sınır değerleri AB direktifindeki değerler ile hemen hemen aynıdır.

Rusya, koruma ve önlem genel kurallarını 1999 yılında çıkarılan çerçeve yasayla düzenlemiş, ‘hijyenik - epidemiyolojik gereksinimler’ adı altında belli frekans aralıklarındaki sınır değerler belirtilmiştir. Buna göre, şehir şebekesi frekansı (50 Hz) için genel halk maruziyeti sınır değeri olarak tavsiyede belirtilen değerin onda biri kullanılmaktadır. 50 Hz için kullanılan mesleki maruziyet sınır değerleri ise direktifte belirtilen değerin beşte biri kadardır. Ancak bu değerler 8 saatlik günlük çalışma süresi için geçerli olup, maruziyet süresine göre limit değerler değişmekte ve günlük 1 saati geçmeyen maruziyet sürelerinde limit değerler 4 kata kadar artırılmaktadır.

Yüksek frekans aralıklarında (300 Mhz ve üzeri) Rusya, genel halk maruziyetinde tavsiyede belirtilen değerlerin %2’ si, mesleki maruziyet sınır değerleri olarak ise direktifte belirtilen değerlerin yarısı kullanılmaktadır.

ABD’ de 60 Hz olan şehir şebekesi frekansında genel halk maruziyeti için yasal bir düzenleme olmayıp, kullanılan sınır değerler eyaletlere göre değişmektedir. İhtiyatlılık ilkesine göre hareket eden eyaletlerde sınır değerler daha düşük olup, diğer eyaletlerde ise tavsiyedeki değerlerin iki katına kadar sınır değerler uygulanmaktadır. Düşük frekans mesleki maruziyette ise yine yasal bir düzenleme yoktur.

Yüksek frekans aralıklarında ise vücuda yakın kullanılan taşınabilir cihazlar için temel kısıtlamalar getirilmiş ve sınır değer olarak genel halk maruziyeti ve mesleki maruziyet için AB tavsiyesi ve direktifindeki değerlere yakın değerler kabul edilmiştir.

Tablo 2.9’da AB 2004/40/EC Direktifi’nde yer alan elektromanyetik alan mesleki maruziyet sınır değerleri ve ülkelerin kabul ettikleri değerler görülmektedir.

Tablo 2. 9 Direktif 2004/40/EC Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri – Ülkelerin Durumu [25]

	50Hz		900 Mhz			1800 MHz			2100 MHz		
	V/m	μT	V/m	μT	w/m ²	V/m	μT	w/m ²	V/m	μT	w/m ²
Direktif 2004/40/EC	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Avusturya	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Bulgaristan	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kıbrıs	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Çek Cumhuriyeti	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	-
Danimarka	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Finlandiya	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Fransa	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
Almanya	21 320	1358	92	0,3 1	22,5	130	0,45	45	137	,46	50
İtalya	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
İngiltere	10 000	500	90	0,3 1	22,5	130	0,4,3	45	137	0,46	50
Avusturalya	10 000	500	92	0,3 1	22,5	130	0,43	45	137	0,46	50
İsviçre	10 000	500	90	0,3	22,5	127	0,42	45	137	0,45	50
USA	25 000	1000	-	-	30	-	-	50	-	-	50

Avrupa Birliği üye ülkeleri için 2008 yılında direktif 2008/46/EC adıyla yenilenmiş ve uyumlaştırılması için ülkelere 2013 yılı sonunda kadar süre verilmiştir. Bu sürenin sonunda 26

Haziran 2013 tarihinde 2013/35/EU adıyla yeni direktif yayımlanmış ve yasal düzenlemeler için üye ülkelere 1 Temmuz 2016 tarihine kadar tekrar süre verilmiştir. Yayımlanan direktiflerde maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değerleri olarak ICNIRP kılavuzlarında belirtilen değerler kullanılmıştır.

2.6.4. MR Mevzuatı ve Sınır Değerler

Manyetik rezonans görüntüleme tekniğinde kullanılan statik manyetik alanın yüksek değerlere ulaşması ve belirlenen sınır değerler için istisna oluşturması sebebiyle ICNIRP, MR tekniği üzerinde çalışmalar yapmış ve 2004 yılında bir rapor hazırlamıştır. Buna göre MR cihazına giren hastalar için Tablo 2.10'da vücut sıcaklık artışı için ve bölgesel sıcaklık değerleri için sınır değerler ve Tablo 2.11'de tüm vücut, kısmi vücut ve bölgesel SAR sınır değerleri görülmektedir.

Tablo 2. 10 ICNIRP Vücut Sıcaklığı Artışında Temel Kısıtlamalar [21]

Çalışma Şekli	Vücut Sıcaklığında Artış(°C)	Bölgesel Vücut Bölümleri		
		Baş (°C)	Gövde (°C)	Kol-Bacak (°C)
Normal	0,5	38	39	40
Kontrollü	1	38	39	40
Yasak	>1	>38	>39	>40

Tablo 2. 11 ICNIRP Sar Değerleri [21]

Ortalama Süre: 6 Dakika						
Çalışma Şekli	Tüm Vücut SAR(W kq ⁻¹)	Baş ve Diğer Bölgeler SAR (W kq ⁻¹)		Bölgesel SAR		
	Bütün Vücut	Gövde	Baş	Baş	Gövde	Kol-Bacak
Normal	2	2	3	10	10	20
Kontrollü	4	4-10	3	10	10	20
Yasak	>4	>4-10	>3	10	>10	>20

ICNIRP tarafından yayımlanan 2004 raporunda MR görüntüleme tekniği kullanım amacına göre, sıradan MR çekimleri manyetik alan sınır değerini 4T olarak belirlemiş, daha yüksek

manyetik alan şiddeti ile çekimlerin doktor kontrollü ve onaylı şekilde yapılması tavsiye edilmiştir [21].

2009 yılında ise ICNIRP, yapılan çalışmalar ve yeni teknolojik gelişmeler sonucunda, hastalığın tanısının önemi düşünülerek tekrar bir rapor yayımlamış ve hastalar için manyetik alan şiddetinin sınır değerlerini şu şekilde belirlemiştir [24]:

- Sıradan MR çekimleri için 4 T,
- Kontrollü klinik MR çekimleri için 8T,
- Deneysel amaçlı MR çekimleri için 8T.

MR için yayımlanan raporlarda MR çalışanları için yeni bir düzenleme getirilmemiş, çalışanlar için mesleki maruziyet sınır değerlerinin ICNIRP kılavuzlarından alınması önerilmiştir [24].

Ülkemizde MR cihazlarının teknik özellikleri ile kurulum, bakım ve kalibrasyonlarının uluslararası standartlara uygunluğu Sağlık Bakanlığı tarafından denetlenmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada, sağlık sektöründe çalışanların elektromanyetik alan (EMA) maruziyetlerinin belirlenmesi amacıyla EMA ölçümleri yapılmış, EMA ölçümleri yapılan cihazların kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken İSG risklerine yönelik kontrol listeleri oluşturulmuş ve EMA maruziyeti sonucu ortaya çıkabilecek sağlık etkilerinin ve çalışanların EMA farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla anket çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın ölçüm aşamasında manyetik alan şiddetinin azami düzeyde olduğu ve yüksek frekans radyo dalgalarının kullanıldığı manyetik rezonans görüntüleme tekniği ile görüntü alınan MR cihazlarından ve radyo frekans dalgaları ve mikrodalgalar kullanılarak tedavi amaçlanan ve fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde kullanılan diatermi cihazlarından ölçümler alınmıştır. Bu kapsamda bir devlet hastanesi , bir üniversite hastanesi, iki özel hastane ve dört tıbbi görüntüleme merkezi olmak üzere sekiz ayrı kurumda MR cihazlarından ve 3 fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezinde kullanılan diatermi cihazlarından elektromanyetik alan ölçümleri yapılmış, ölçüm sonuçlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından uygunluğu mesleki maruziyet sınır değerleri ile kıyaslanarak belirlenmiştir.

Ölçüm yapılacak işyerleri, farklı kurumsal yapıda olmaları, maddi kaygılarının seviyeleri, görüntüleme sayıları ve kullanım sıklıkları dikkate alınarak değerlendirilmiş ve on bir (11) ayrı işyerinde ölçümler alınmıştır.

Ölçümü yapılan MR cihazlarının ve diatermi cihazlarının EMA kaynağı olmasından dolayı veya diğer sebeplerden dolayı kullanımında meydana gelebilecek olayların önüne geçebilmek adına iki ayrı cihaz kullanımına yönelik İSG kontrol listeleri hazırlanmış ve EK-2' de sunulmuştur.

Çalışmanın anket aşamasında ise elektromanyetik alan maruziyetinin çalışanlar üzerinde oluşturabileceği sağlık etkilerini belirlemek amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Anketin Araştırmanın evreni Ankara ilinde MR cihazında ve çevresinde çalışanlar ile diatermi cihazıyla ve yakınındaki cihazlarla çalışanlar olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışmanın örneklemini, tıbbi görüntüleme merkezlerinde, hastanelerin radyoloji bölümlerinde ve fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde çalışan 109 kişi oluşturmuştur. Anket formu, çalışanların 'cinsiyet, yaş, çalıştığı kurum ve cihaz, deneyim yılı' gibi özelliklerinin sorulduğu kişisel bilgilerini inceleyen bölüm ile EMA maruziyetinin çalışanlar üzerinde meydana getirebileceği

sağlık etkilerini sorgulayan ve çalışanların EMA bilgi ve farkındalık seviyelerini sorgulayan bölümleri içeren 30 sorudan oluşmaktadır (EK- 1).

Anket verileri 'SPSS Statistics 21' programı kullanılarak analiz edilmiş ve istenilen özellikler karşılaştırılarak sonuçların anlamlı olup olmadıkları 'ki-kare' testi kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre, ki-kare testleri sonucunda "p" değerinin 0,05'ten küçük çıkması, karşılaştırılan özelliklerin arasında anlamlı bir fark olduğu anlamını taşır ve özelliklerin birbiriyle ilişkili olduğundan bahsedilebilir. Ancak "p" değerinin 0,05'ten büyük olması ise karşılaştırılan özellikler arasında anlamlı bir fark olmadığı anlamına gelir ve özellikler arasında bir ilişkiden söz edilemez.

Çalışmanın başından sonuna kadar takip edilen adımlar Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil3. 1 Tez Çalışması İş Akış Şeması

3.1. Ölçüm Metodu

Çalışma kapsamında elektromanyetik alan ölçümleri alınırken, Türk Standardları Enstitüsü (TSE) tarafından 19 Ocak 2010 tarihinde kabul edilen TS EN 50413 – ‘İnsanların Elektrik, Manyetik ve Elektromanyetik Alanlara (0 hz - 300 ghz) Maruz Kalması ile İlgili Ölçmeler ve Hesaplama İşlemlerine Ait Temel Standard’ standardında belirtilen ölçüm metodu kullanılmıştır. Bu metot, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından Türkiye’de iş hijyeni ölçüm, test ve analizi kapsamında elektromanyetik alan ölçümlerinin yapılabilmesi için Türkiye Akreditasyon Kurumu’ndan (TÜRKAK) akreditasyon belgesi alınması zorunluluğu olan metotlardan biri olarak belirlenmiştir.

3.1.1. TS EN 50413

Standartta, elektromanyetik alan ölçümlerinin nasıl yapılması gerektiği, ölçüm cihazının özelliklerinin neler olması gerektiği, ölçüm sonuçlarının hangi sınır değerler ile kıyaslanması ve nasıl raporlanması gerektiği detaylı şekilde belirtilmiştir.

Standart, ölçümü yapılacak elektromanyetik kaynağının sayısına, çalışma frekansına ve ölçüm noktasına olan uzaklıklarına göre hangi parametrelerin ölçülmesi gerektiğini belirlemiştir. Buna göre:

- Statik elektrik ve statik manyetik alanların ölçüldüğü durumlarda, elektrik ve manyetik alanlar birbirinden bağımsız olarak ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.
- Düşük frekans aralığında (0 - 100 kHz), elektrik ve manyetik alanlar genel olarak birbirinden bağımsız değerlendirilmeli ve ayrı ayrı ölçülmelidir.
- Yüksek frekans aralıklarında (100 kHz- 300 GHz) ise elektromanyetik alan kaynağının ebatlarına, ölçüm noktasına olan uzaklığına ve dalga boyuna göre üç farklı bölge belirlenmiş ve hangi parametrelerin ölçüleceği belirtilmiştir. Tablo 3.1’de bu bölgeler ve elektrik veya manyetik alandan hangisinin ölçülmesi gerektiği gösterilmiştir. Yüksek frekans aralığında kaynağın uzaklığının hangi bölgede olduğuna karar verilemiyorsa yine elektrik ve manyetik alanın ikisi birden ölçülmelidir.

Tablo 3. 1 TS EN 50413 Ölçüm Parametrelerinin Seçimi [31]

	Reaktif Yakın Alan	İşıyan Yakın Alan	Uzak Alan
Uzaklık (r)	$r < \lambda$	$\lambda < r < 2D^2 / \lambda$	$2D^2 / \lambda < r$
E,H ~ 1/r	Hayır	Hayır	Evet
Z = E/H	$\neq Z_0$	$\approx Z_0$	$= Z_0$
Ölçülmesi Gereken	E ve H	E veya H	E veya H

Not: E: Elektrik alan, H: Manyetik alan şiddeti, r: Kaynağın uzaklığı, D: Kaynağın ebatları, λ : dalga boyu

Standartta, ölçüm öncesi, sonrası ve ölçüm anında yapılması gerekenler belirtilmiştir. Buna göre:

- Anlamli ölçümler yapabilmek için ölçümü yapılacak elektromanyetik alan kaynağının çalışma frekansı, besleme gerilimi, akımı ve etkin ışımaya gücü gibi özellikleri belirlenmelidir.
- Ölçülen değerler, maruz kalınan süre boyunca olabilecek en yüksek değerler olmalıdır. Ölçüm boyunca kaynak en yüksek seviyede çalışmalıdır.
- Kaynağın yaydığı elektromanyetik alan değeri bilinmeli ve ölçüm sonucunun beklenen değere uygun olduğu görülmelidir.
- Ölçüm yapılırken ölçüm sonucunu etkileyebilecek durumlara (topraklama, yansıtıcı yüzey) dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Ölçüm noktası olarak, maruziyetin en yüksek olacağı noktalar seçilmelidir.
- Ölçüm cihazının bakım ve kalibrasyonları yapılmalı ve ölçüme hazır olmalıdır.

Ölçümde kullanılacak cihaz konusunda standarda göre dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- EM alan ölçüm cihazları 2 parçadan oluşur: Prob ve probdan gelen sinyali işleyen ve bir analog veya dijital gösterge ile EM alan miktarın değerini gösteren ölçüm cihazı.
- Cihazın seçilen uygulama için yeterli bir dinamik ve frekans aralığı olmalıdır. Cihazın ölçüm aralığı, kaynağın çalışma aralığını kapsamalıdır.

- Ölçüm cihazları, endüstriyel çevrede ve dış mekân da pratik kullanım için tasarlanmış olmalıdır.
- Cihaz kendi güç kaynağının ve ölçümü gerçekleştiren personelin etkisi altında kalmamalıdır. Eğer ölçüm personeli ölçüm sonucu etkileyecek durumda ise cihaz yalıtkan bir platform ya da ayağa sabitlenerek ölçüm alınır.
- Kullanılan cihaz, ölçümün yapıldığı yer ve zamandaki çevresel koşullara (sıcaklık, nem, titreşim, elektromanyetik girişim, vb.) uygun olmalıdır.
- Ölçüm yapılırken cihazın iyonlaştırıcı radyasyon, güneş ışığı, yapay aydınlatma veya statik elektrığe karşı tepkisinin bilinmesi ve ölçüm sonucunun, cihazın bu durumlara karşı tepkisi dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir.
- Cihazın ve ölçüm probunun aşırı yüklenebileceği veya arızalanabileceği değerlerin bilinmesi gerekmektedir.

Standarda göre ölçüm raporlarında;

- Ölçüm tarih ve zamanı,
- Ölçüm yapılan yerin adresi
- Ölçüm cihazının özellikleri ve ölçüm ayarları,
- Ölçüm personeli,
- Kaynağın özellikleri ve ölçüm anındaki çalışma aralıkları
- Ölçüm noktaları
- Sınır değerler ile karşılaştırılabilir ölçüm sonuçları belirtilmelidir.

Ayrıca raporlarda, ölçüm yapılan noktaları gösteren çizimler veya fotoğraflar, ölçülen parametrelerin en düşük, en yüksek veya ortalama değerleri, ölçüm sonuçlarının farklı frekanslardaki değerleri gibi detaylı bilgiler de verilebilir.

Ölçüm raporları TS EN ISO/IEC 17025- 'Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği için Genel Şartlar' standardına uygun olması gerekmektedir.

3.2. Ölçüm Cihazı

Elektromanyetik ölçümlerin yapılabilmesi için TS EN 50413- 'İnsanların Elektrik, Manyetik ve Elektromanyetik Alanlara (0 hz - 300 ghz) Maruz Kalması ile İlgili Ölçmeler ve Hesaplama İşlemlerine Ait Temel Standard' içinde açıklanan ölçüm metodunda da belirtildiği gibi cihaz seçiminde bazı özelliklere dikkat edilmesi gerekmektedir. Buna göre, ilk olarak anlamlı ölçümler yapılabilmesi için ölçüm cihazının, kaynağın çalışma frekans aralığını ölçebildiğine dikkat

etmek gerekir. Bu çalışma kapsamında, sağlık sektöründe en yoğun statik manyetik alan şiddetinin ve 55 – 60 MHz frekanslarında radyo dalgalarının kullanıldığı MR cihazlarından ölçümler alınmıştır. Bu nedenle ölçümlerde, kaynağın çalışma frekanslarını kapsayan 9 kHz - 9,4 GHz frekans aralığında ölçüm yapabilen Aaronia Spectran Analyzer HF - 60105 marka el spektrum analizörü kullanılmıştır.

Cihaz seçiminde standarda göre dikkat edilmesi gereken başka bir konu da ölçüm yapılırken cihazın çevresel etkilerden (sıcaklık, titreşim, elektromanyetik girişim, ölçüm personeli, vb.) etkilenmemesi gerektiğidir. Resim 3.1 (a)'da görülmekte olan cihaz yönlü anteni yardımıyla kullanıldığında sadece ilgilenilen frekans aralığındaki elektromanyetik alan şiddeti belirlenebilmekte ve Resim 3.1(b)'de görülen yalıtkan ayağıyla birlikte kullanıldığında, statik elektriklenme, ölçüm personelinin etkisi gibi durumlardan cihaz etkilenmeden ölçüm yapılabilmektedir.



(a) Aaronia Spektran HF – 60105 [37] (b) İşyeri-E Cihazın Yalıtkan Ayakla Kullanılması

Resim 3. 1 Spektran HF-60105 Ölçüm Cihazı ve Kullanılışı

Cihaz elektromanyetik alan dalgalarının ortamda oluşturduğu toplam bileşke EA şiddetini belirleyebilmektedir. Cihaz çevredeki elektromanyetik alan kaynaklarını rahatlıkla bulabilecek özellikte olup, cihazın ölçebildiği parametreler (Elektrik Alan(V/m), Manyetik Alan (A/m), Güç Yoğunluğu W/cm², vb.) uluslararası standartlarda limit değerleri verilen parametrelerdir. Bu sayede ölçüm sonuçlarının limit değerlerle kıyaslanması ve uygunluk değerlendirmesi kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Cihazın usb bağlantısı ve MCS Realtime Spektrum Analyzer yazılımı sayesinde, ölçülen parametreler eş zamanlı izlenebilmektedir. Yapılan bir ölçüm sırasında programın kullanılması ve ölçüm ekranı görüntüsü Resim 3.2'de gösterilmiştir.



Resim 3. 2 İşyeri D’de Cihaz Ölçümü Yapılırken Bilgisayar Yazılımının Kullanılması

Cihazın bazı önemli özellikleri ise şunlardır:

- Frekans aralığı: 1MHz – 9,4 GHz
- Giriş Konnektörü: SMA(f) 50 ohms
- Ekran: dBm, V/m, A/m, dBiV, W/m²
- Ekranda maruziyet değerlerinin gösterilmesi
- RBW: 200Hz – 50 MHz
- Maksimum Seviye: +40 dBm
- Ayarlanabilir frekans aralığı

3.3 Ölçüm Süresi

Ölçüm süresi, ölçüm sonuçlarının metotta (TS EN 50413) belirtilen sınır değerler (2004/40/EC Avrupa Birliği Direktifi değerleri) ile karşılaştırılabilmesi için en az 6 dakika olarak belirlenmiştir. Bu süre, ölçüm sırasında oluşan anlık yükselme veya alçalmaların, ölçüm sonucunu etkilememesi için ICNIRP tarafından belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları, 6 dakikalık süre boyunca alınan anlık ölçüm verilerinin ortalama değerleridir [30,31].

3.4 Ölçüm Noktası

Ölçümler, operatörün görüntülemenin başlangıcından bitişine kadar olan süreci takip ettiği operatör masasının olduğu bölümden alınmıştır. Ölçümler alınırken, ölçüm probu, çevresindeki

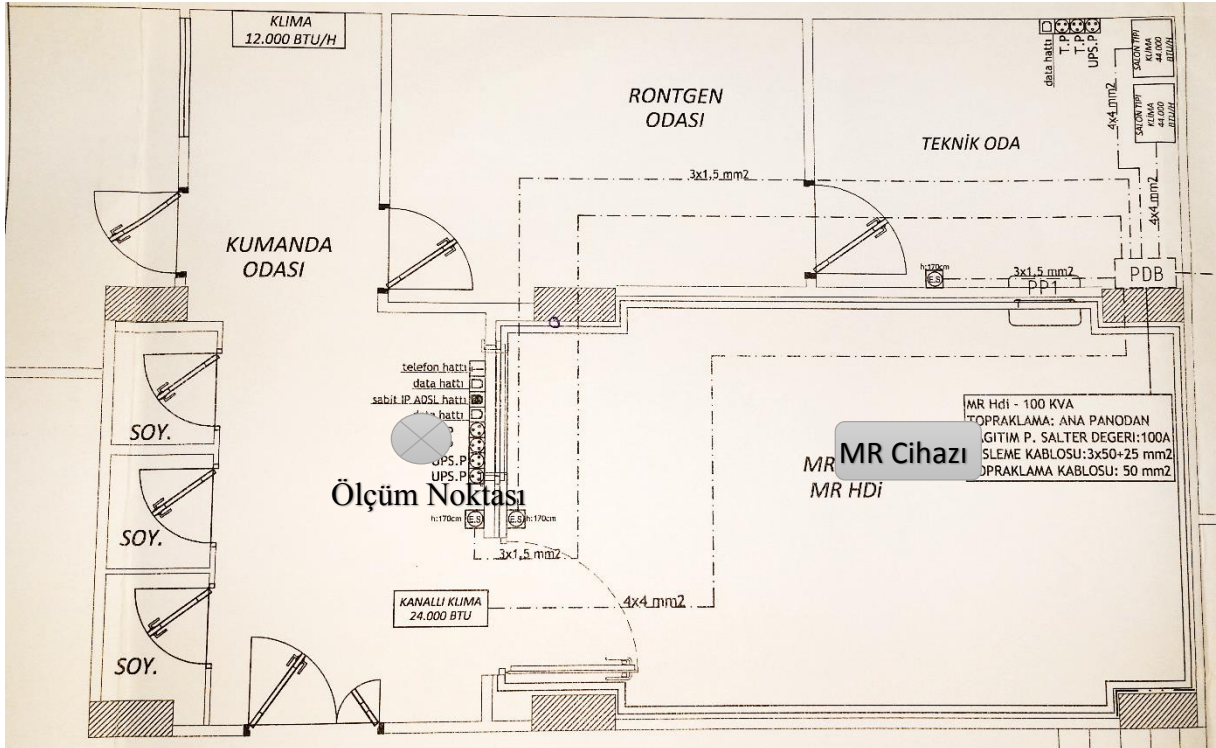
cihazların, ölçüm personelinin ve MR cihazı operatörünün etkisinin en aza indirilmesi amacıyla Resim 3.3'te gösterildiği gibi yalıtkan ayak ile birlikte kullanılmıştır.



(a) İşyeri B'deki Ölçüm Anı (b) İşyeri C'deki Ölçüm Anı

Resim 3. 3 Elektromanyetik Alan Ölçüm Anı

Şekil 3.2'de ise ölçüm noktası ve cihazın bulunduğu yerler genel yerleşim planı üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 3. 2 İşyeri H'deki Cihaz Odası Genel Yerleşim Planı

4. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında sağlık sektöründe çalışanların elektromanyetik alan maruziyetlerinin belirlenmesi amacıyla MR cihazı çalışanlarından ve diatermi cihazı çalışanlarından ölçümler alınmış ve sonuçlar sınır değerler ile kıyaslanarak maruziyetin seviyesi belirlenmiştir. Bununla birlikte, elektromanyetik alan maruziyetinin çalışanlara olası sağlık etkilerinin belirlenmesi amacıyla anket çalışması yapılmış ve sonuçlar istatistikî analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

4.1 ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bu çalışma kapsamında; sekiz sağlık kurumunda MR cihazı çalışanlarının EMA maruziyetlerinin belirlenmesi amacıyla, çalışanların görüntüleme süresince işlemleri kontrol ettikleri operatör masalarından ve diatermi cihazı çalışanlarının EMA maruziyetlerinin belirlenmesi amacıyla üç ayrı fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezinde diatermi cihazı yanından Spektran HF – 60105 cihazı kullanılarak elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları MCS Realtime Spektrum Analyzer programı yardımıyla izlenmiş ve kaydedilmiştir. Ölçüm sonuçları değerlendirilirken elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu değerleri, MR cihazlarında kullanılan radyo dalgalarının frekansında belirlenmiş ve ölçüm metodunda (TS EN 50413- ‘İnsanların Elektrik, Manyetik ve Elektromanyetik Alanlara (0 Hz - 300 GHz) Maruz Kalması ile İlgili Ölçmeler ve Hesaplama İşlemlerine Ait Temel Standard’) belirtilen mesleki maruziyet sınır değerleri ile kıyaslanmıştır.

4.1.1 MR CİHAZI ÖLÇÜM SONUÇLARI

Kurumlarda bulunan MR cihaz uygulamaları karşılaştırıldığında, cihazların marka, model ve görüntüleme sürelerinin değişmesi haricinde, cihaz odası ve operatör odasının yerleşim planlarının, cihazların bakım ve kalibrasyonlarının, cihazlar için kurulan acil durum sistemleri ve girişlerde bulunması gereken uyarı işaretleri ile görüntüleme işleminin kurumlar arasında birbirine çok benzediği görülmüştür. Resim 4.1’de cihaz kapılarında bulunan uyarı işaretlerinin ve acil durum butonlarının örnekleri görülmektedir.



(a)

(b)

(c)

(d)

(a) İşyeri B'deki Kapı Uyarıları (b) İşyeri D'deki Acil Buton (c) - (d) İşyeri G'deki Acil Butonlar

Resim 4. 1 Uyarı İşaretleri ve Acil Butonlar

Elektromanyetik alan etkisinin azaltılması için odalarda oluşturulan faraday kafesinin uzantısı olan cihaz odası kapı kenarlarında bulunan şeritlerin iki işyerinde (D- G) bozulduğu görülmüştür. Resim 4.2'de bozulmuş ve düzgün kapı düzeneklerinin örnekleri sunulmuştur.



(a)



(b)

(a) İşyeri H'deki Düzgün Kapı Düzenegi (b) İşyeri G'deki Bozulmuş Kapı Düzenegi

Resim 4. 2 Faraday Kafesi Kapı Düzenekleri

Kurumlarda kullanılan MR cihazları 1,5 T manyetik alan şiddetine sahip olduklarından radyo frekans dalgalarının çalışma frekansları 60 MHz'dir. Cihazların üreticileri incelendiğinde dört farklı üretici firmanın cihazlarından ölçümler alınmıştır. Ancak cihazların manyetik alan güçleri aynı olduğundan çalışma frekansları değişmemektedir. Cihazların bakım ve kalibrasyon periyotları işyerlerinin tümünde dikkatli bir şekilde takip edildiği ve en fazla üç aylık

periyotlarla bakım ve kalibrasyon yaptırdıkları görülmüştür. Ölçümü yapılan cihazların ve buldukları kurumların ve bilgileri Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4. 1 İş Yeri ve Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı Bilgileri

Ölçüm Bilgileri					
Ölçüm Alınan İş Yeri	Kurum Türü	Kullanılan MR Cihazının Marka/Modeli	MR Cihazının Gücü	Cihaz Bakım/ Kalibrasyonu	Cihaz Çalışma Frekansı
A	Üniversite Hastanesi	PHILIPS / INTERA	1,5 T	10.12.2015	60 MHz
B	Devlet Hastanesi	HITACHI / ECHELON	1,5 T	11.10.2015	
C	Özel Hastane	HITACHI / ECHELON	1,5 T	21.11.2015	
D	Özel Hastane	GENERAL ELECTRIC / SIGNA HDxt	1,5 T	24.12.2015	
E	Tıbbi Görüntüleme Merkezi	SIEMENS/ MAGNETOM AMIRA	1,5 T	06.11.2015	
F	Tıbbi Görüntüleme Merkezi	SIEMENS / MAGNETOM AVANTO	1,5 T	30.11.2015	
G	Tıbbi Görüntüleme Merkezi	GENERAL ELECTRIC / SIGNA HDxt	1,5 T	14.12.2015	
H	Tıbbi Görüntüleme Merkezi	GENERAL ELECTRIC / SIGNA HDxt	1,5 T	08.12.2015	

Maruziyeti ölçülen MR çalışanlarının bilgileri ve ölçümlerin detayları ise Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4. 2 Çalışan Bilgileri ve Ölçüm Detayları

MR Cihazı Çalışanı ve Ölçüm Bilgileri						
İş Yeri	Cihazda Çalışma Tecrübesi(Yıl)	Cihaz Eğitimi	Elektromanyetik Alan Eğitimi / Bilgisi	Günlük Maruziyet Süresi (h)	Günlük Çalışma Süresi (h)	Ölçüm Süresi (dk)
A	3	Var	Yok	7	8	8
B	1	Var	Yok	7	8	8
C	2	Var	Yok	7	8	9
D	4	Var	Yok	7	8	8
E	26	Var	Var	7	8	8
F	1	Var	Yok	7	8	8
G	8	Var	Var	7	8	7
H	15	Var	Var	7	8	8

Tablo 4.2’ de MR cihazında çalışan personellerin tecrübeleriyle doğru orantılı olarak elektromanyetik alan ile ilgili eğitilmiş veya bilgili oldukları anlaşılmaktadır. Çalışanların tümü cihazı kullanabilmek için eğitim almışken, elektromanyetik alan ile ilgili sadece 3 kişinin bilgisi veya eğitiminin olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3’te işyerlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçümlerinin üç ayrı parametre sonuçları ve sınır değerler görülmektedir. Yazılımdan elde edilen ekran görüntüleri ise EK-1’de sunulmuştur.

Tablo 4.3’teki sonuçlar incelendiğinde, işyerlerindeki MR cihazı çalışanlarının, operatör odasında görüntüleme işlemi yaptıkları süreçte ölçülen elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu ölçüm sonuçlarının, mesleki maruziyet sınır değerlerinden çok düşük değerler oldukları görülmektedir.

Tablo 4. 3 Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazları Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Sonuçları						
İş Yeri	Ölçülen Değerler			Sınır Değerler (TS EN 50413)		
	Elektrik Alan E(V/m)	Manyetik Alan B(A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)	Elektrik Alan E(V/m)	Manyetik Alan B(A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
A	1 mV/m	2,5 µA/m	2,5 nW/m ²	61 V/m	0,16 A/m	10 W/m ²
B	1,5 mV/m	4,6 µA/m	7,2 nW/m ²			
C	1,2 mV/m	3 µA/m	2,4 nW/m ²			
D	2,1 mV/m	5,8 µA/m	11 nW/m ²			
E	2,2 mV/m	6 µA/m	12 nW/m ²			
F	3,78 mV/m	10 µA/m	40 nW/m ²			
G	3,74 mV/m	10 µA/m	36,5 nW/m ²			
H	1 mV/m	2,5 µA/m	2,5 nW/m ²			

4.1.2 DİATERMİ CİHAZI ÖLÇÜM SONUÇLARI

Fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde kullanılan diatermi cihazlarında yapılan ölçümler ile ilgili, ölçümü yapılan cihazlar ve merkezler ile ilgili bilgiler Tablo 4.4' te görülmektedir.

Tablo 4. 4 İş Yeri ve Diatermi Cihazı Bilgileri

Ölçüm Bilgileri			
Ölçüm Alınan İş Yeri	Kurum Türü	Kullanılan Diatermi Cihazının Marka/Modeli	Cihaz Çalışma Frekansı
İ	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi	Enraf Nonius Curapuls 970 (Kırsadalga Diatermi)	27,12 MHz
J	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi	Chattanooga Intellect Shockwave 100 (Kırsadalga Diatermi)	
K	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi	HOT MAGNER HM-2SC-A (Kırsadalga Diatermi)	

Maruziyeti ölçülen Diatermi çalışanlarının bilgileri ve ölçümlerin detayları ise Tablo 4.5'te sunulmuştur.

Tablo 4. 5 Diatermi Çalışanı Bilgileri ve Ölçüm Detayları

Diatermi Cihazı Çalışanı ve Ölçüm Bilgileri						
İş Yeri	Diatermi Cihazında Çalışma Tecrübesi(Yıl)	Cihaz Eğitimi	Elektromanyetik Alan Eğitimi / Bilgisi	Günlük Maruziyet Süresi (h)	Günlük Çalışma Süresi (h)	Ölçüm Süresi (dk)
A	6	Var	Yok	7	8	10
B	4	Var	Yok	7	8	10
C	3	Var	Yok	7	8	10

Tablo 4.5’ te diatermi cihazında çalışan personellerin cihazı kullanabilmek için eğitim aldıkları ancak, elektromanyetik alan ile ilgili herhangi bir eğitim almadıkları ve bilgilerinin olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.6’da işyerlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçümlerinin üç ayrı parametre sonuçları ve sınır değerler görülmektedir. Yazılımdan elde edilen ölçümlerin ham verileri ise EK-3’te sunulmuştur.

Tablo 4.6’ daki sonuçlar incelendiğinde, işyerlerindeki diatermi cihazı çalışanlarının, tedavinin hastaya uygulandığı süreçte ölçülen elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu ölçüm sonuçlarının, mesleki maruziyet sınır değerlerinden düşük değerler oldukları görülmektedir.

Tablo 4. 6 Diatermi Cihazları Ölçüm Sonuçları

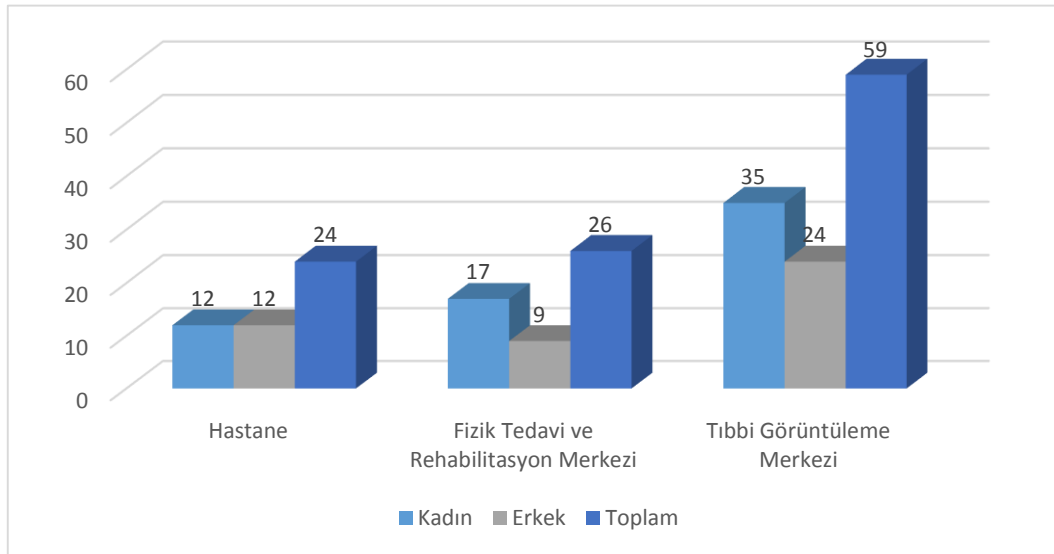
Ölçüm Sonuçları						
İş Yeri	Ölçülen Değerler			Sınır Değerler (TS EN 50413)		
	Elektrik Alan E(V/m)	Manyetik Alan B(A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)	Elektrik Alan E(V/m)	Manyetik Alan B(A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
İ	2,5 mV/m	3,9 µA/m	5,7 nW/m ²	61 V/m	0,16 A/m	10 W/m ²
J	1 V/m	0,1 A/m	0,1 W/m ²			
K	15mV/m	29 µA/m	0,4 uW/m ²			

Tablo 4.6’ ya göre işyeri K’da ölçülen değerler sınır değerlere en yakın değerlerdir. İşyeri K’daki diatermi cihazı, İşyeri İ ve J’ deki cihazlara göre daha fazla EMA maruziyeti oluşturmaktadır. Ancak ölçüm sonuçları sınır değerler ile kıyaslandığında maruziyetin sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Ölçüm sonuçlarındaki bu fark cihazların marka/ model farklılıkları ve buna bağlı olarak cihazdan yayılan elektromanyetik alanların farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2 ELEKTROMANYETİK ALAN ANKET SONUÇLARI

Elektromanyetik alanların sağlık sektöründe çalışanlar üzerinde neden olabileceği sağlık etkileri araştırmak ve çalışanların EMA bilgi ve farkındalık seviyelerini belirlemek amacıyla MR cihazında ve yakınında çalışanlar ile diatermi cihazında veya yakınında çalışanlara anket uygulaması yapılmıştır. 109 katılımcıyla gerçekleştirilen bu anket çalışması, çalışanların kişisel ve mesleki bilgileri, EMA bilgi seviyeleri ve sağlık etkilerinin karşılaştırılarak bu veriler arasında istatistiksel anlamlı bir ilişkinin var olup olmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır.

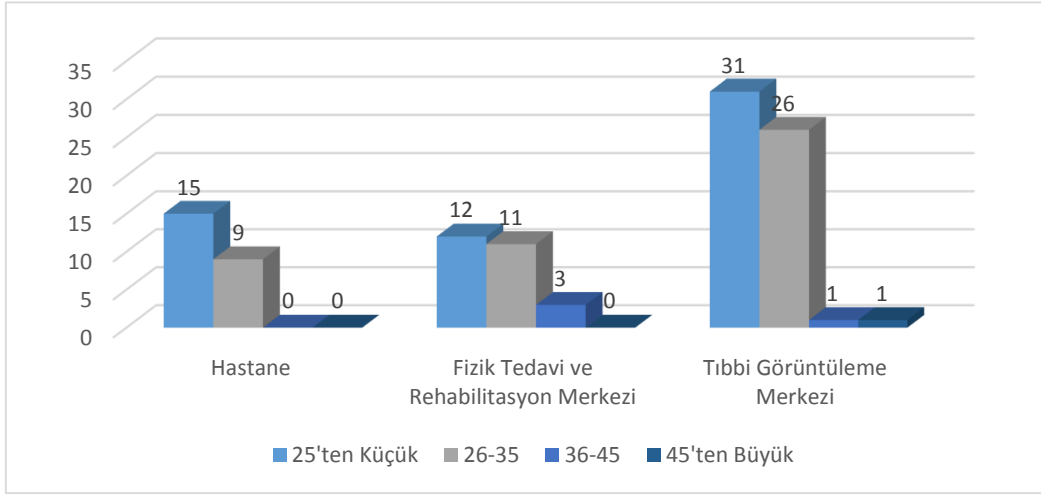
Anket sonuçlarından elde edilen kişisel bilgilere göre katılımcıların % 58,7' si kadınlardan, %41,3' ü erkeklerden oluşmaktadır. Katılımcıların %22'sini hastane çalışanları, % 23,9'unu fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezi çalışanları ve %54,1'ini Tıbbi görüntüleme merkezleri çalışanları oluşturmaktadır. Ankete katılan çalışanların cinsiyet, yaş ve deneyimlerinin çalıştıkları kurumlara göre dağılımları aşağıda görülmektedir.



Grafik 4.1 Katılımcıların Kurumlara Göre Cinsiyet Dağılımı

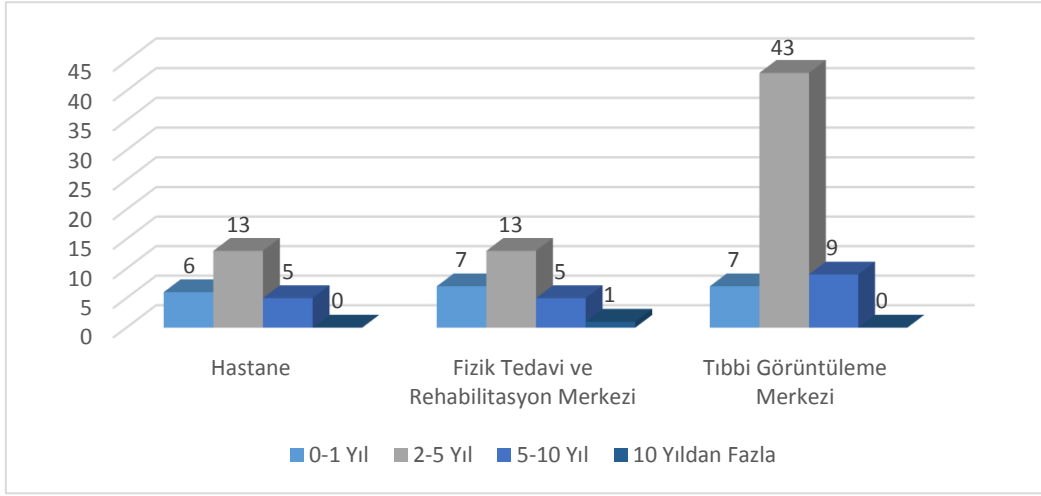
Grafik 4.1' e göre kurumlara göre cinsiyet dağılımı verilen katılımcılardan kadın katılımcıların oranının erkeklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Anket sonuçlarını yaş dağılımına göre incelersek; katılımcıların %53,2'sinin 25 yaş ve altında olduğu, %42,2'sinin 26-35 yaş aralığında olduğu görülmektedir. Yaş dağılımlarına kurumlara göre bakıldığında ise Grafik 4.2' deki sonuçlar karşımıza çıkmaktadır.



Grafik 4.2 Katılımcıların Kurumlara Göre Yaş Dağılımı

Katılımcıların kurumlara göre deneyim yılları Grafik 4.3' te görülmektedir.



Grafik 4.3 Katılımcıların Kurumlara Göre Deneyimlerinin Dağılımı

Katılımcıların deneyim yılları ile yaş dağılımları kıyaslandığında Şekil 4.3' te görüldüğü gibi bu iki veri arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır ($p < 0,05$ ($p = 0,01$)). Bununla birlikte, çalışanların ilerleyen yaşlarda ve deneyim kazandıklarında ise bu mesleği tercih etmedikleri de analiz sonuçlarında görülmektedir.

Tablo 4. 7 SPSS Yaş-Tecrübe Dağılımı

		Yaş				Total
		<25	26-35	36-45	5	
Tecrübe	0-1 yıl	19	1	0	0	20
	2-5 yıl	38	29	1	1	69
	5-10	1	16	2	0	19
	10 dan fazla	0	0	1	0	1
Total		58	46	4	1	109

Tablo 4. 8 SPSS Yaş-Tecrübe Ki-Kare Testi Sonucu

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	60,238 ^a	9	,000
Likelihood Ratio	47,496	9	,000
N of Valid Cases	109		

Katılımcıların eğitim seviyelerine bakıldığında ise %78'ini önlisans ve lisans mezunlarının %26'sının ise lise mezunu olduğu görülmektedir. Katılımcıların yalnızca %2'si yüksek lisans yapmıştır.

Anket çalışmasından elde edilen verilerin EM alanların çalışanlar üzerinde oluşturabileceği sağlık etkileri açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar karşımıza çıkmaktadır.

Ankette araştırılan hastalıklardan biri olan şeker hastalığına bakıldığında, katılımcılardan sadece 1 kişide şeker hastalığı olduğundan dolayı EMA maruziyeti ve şeker hastalığı arasında anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir.

Tansiyon rahatsızlığına bakıldığında ise katılımcıların %6,4'ünde tansiyon rahatsızlığı olduğu ancak kullanılan cihazlara göre bakıldığında ise görülme sıklığının MR cihazı, diatermi cihazı ve diğer cihazları kullananlar arasında dengeli bir şekilde dağıldığı görülmektedir (Tablo 4.9). Çalışanlar arasında tansiyon rahatsızlığı görülmesi yönünden anlamlı bir fark bulunamamıştır. Tablo 4.10'da tansiyon rahatsızlığının çalışanların kullandıkları cihazlara göre görülme sıklığı analiz edildiğinde $p=0,181$ sonucu elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4. 9 SPSS Tansiyon-Cihaz Dağılımı

		Tansiyon		Total
		evet	hayır	
Cihaz	MR	3	22	25
	Diatermi	2	15	17
	diğer	2	65	67
Total		7	102	109

Tablo 4. 10 SPSS Tansiyon-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,419 ^a	2	,181
Likelihood Ratio	3,329	2	,189
N of Valid Cases	109		

Katılımcıların hiçbirinde kalp rahatsızlığı, böbrek rahatsızlığı, akciğer rahatsızlığı veya kanser hastalığına rastlanmadığından anket çalışmasına katılanlar arasında bu rahatsızlıklar yönünden bir ilişki söz konusu değildir.

Migren rahatsızlığına bakılacak olursa, anket sonuçlarına göre çalışanlar arasında migren rahatsızlığı açısından anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p=0,857$).

Tablo 4. 11 SPSS Migren-Cihaz Dağılımı

		Cihaz			Total
		MR	Diatermi	diğer	
Migren	evet	7	5	16	28
	hayır	18	12	51	81
Total		25	17	67	109

Tablo 4. 12 SPSS Migren-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	,308 ^a	2	,857
Likelihood Ratio	,305	2	,859
N of Valid Cases	109		

Anket sonuçlarına katılımcıların hiçbirinde kısırlık rahatsızlığına rastlanmadığından EMA maruziyeti ve kısırlık rahatsızlığının görülme sıklığı arasında bir ilişki söz konusu değildir.

Katılımcılar arasında baş ağrısı rahatsızlığının görülme sıklığına bakılacak olursa, MR cihazı kullananların %56'sında, diatermi cihazı kullananların %58,8'inde ve diğer cihazları kullananların %46,3'ünde baş ağrısı rahatsızlığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre, çalışanlar arasında baş ağrısı şikayetinin görülmesi açısından anlamlı bir fark olmamasına ($p=0,534$) rağmen, anket çalışması sonucunda, tüm çalışanlar arasında baş ağrısı rahatsızlığının görülme sıklığı %50.5 olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu oran sadece MR veya diatermi cihazı kullanan çalışanlar arasında %59,5'e yükselmekte, bu cihazların haricinde çalışanlar arasında ise %46,26'ya düşmektedir.

Baş dönmesi rahatsızlığının görülme sıklığının katılımcılarla ilişkisine bakıldığında ise EMA maruziyetinin baş dönmesi etkisinden söz etmek mümkündür. Analiz sonuçlarına göre çalışanlar arasında baş dönmesi rahatsızlığı açısından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te baş dönmesi rahatsızlığının, katılımcıların kullandıkları cihazlar ile karşılaştırma analiz sonuçları görülebilmektedir.

Tablo 4. 13 SPSS Baş Dönmesi-Cihaz Dağılımı

	Cihaz			Total
	MR	Diatermi	diğer	
Bas_donmesi evet	5	6	5	16
hayır	20	11	62	93
Total	25	17	67	109

Tablo 4. 14 SPSS Baş Dönmesi-Cihaz Ki-Kare Testi Sonucu

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,120 ^a	2	,010
Likelihood Ratio	8,263	2	,016
N of Valid Cases	109		

Katılımcılar arasında yorgunluk ve halsizlik şikayetlerinin görülme sıklığına bakıldığında; MR cihazı kullananların %68'inde, diatermi cihazı kullananların %64,7'sinde ve bunların dışındaki cihazları kullananların ise %49,3'ünde bu şikayetlerden en az biri görülmüştür. Bu oranlar yüksek olsa da çalışanlar arasında, yorgunluk ve halsizlik şikayetleri bakımından anlamlı bir fark bulunmadığı sonucuna varılmıştır ($p=0,2$).

Katılımcılar arasında uyku düzensizliği rahatsızlığının görülme sıklığına bakıldığında, MR çalışanlarının %36'sında, diatermi çalışanlarının %29,4'ünde ve diğer cihazlarla çalışanların ise %22,4'ünde bu rahatsızlığa rastlanmaktadır. Ancak ki-kare testi sonucunda $p>0,05$ ($p=0,4$)

bulduğundan çalışanlar arasında, uyku düzensizliği rahatsızlığı açısından anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir.

Görülme sıklıkları incelenen unutkanlık ($p=0,985$), konsantrasyon eksikliği ($p=0,654$), deri ($p=0,358$) ve mide ($p=0,977$) rahatsızlıkları gibi şikayetler ile katılımcılar arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

EM alanların kadın çalışanlar üzerindeki olası etkilerini anket sonuçlarına göre değerlendirdiğimizde, kadın çalışanlar arasında adet düzensizliği, MR çalışanlarının hiçbirinde görülmemektedir. Diatermi çalışanlarının %22,2'sinde ve diğer cihazlarla çalışanların %17,5'inde görülmektedir. Ki-kare testi sonucunda $p>0.05$ ($p=0,188$) olduğundan çalışanlar arasında adet düzensizliği açısından anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir.

Anket katılımcıları arasında, EM alanların kadın çalışanlar üzerindeki olası etkilerinden; istemsiz düşük yapma, özürlü veya ölü doğum gerçekleştirme gibi olayların hiçbirine rastlanmamıştır.

Katılımcıların EM alan bilgi, farkındalık ve kaygı seviyelerini ölçmek amacıyla sorulan soruların sonuçlarına baktığımızda ise, katılımcıların %40,4'ü EM alan hakkında yeterli bilgiye sahip olduğunu düşünürken, bu katılımcıların da %43,18'i EM alanların iyonlaştırıcı etkisi olduğunu düşünmektedir. Anket sonuçları, EM alan hakkında bilgi sahibi olduğunu düşünenlerin yalnızca %11,37'sinin EM alanların iyonlaştırıcı etkisinin olmadığını bildiğini göstermektedir. Tüm katılımcıların ise %15,6'sının EM alanların iyonlaştırıcı etkisi olmadığını farkında olduğu sonucuna varılmaktadır.

Anket sonuçlarına göre katılımcıların %23,8'inin EMA hakkında bilgi sahibi olmadığı ancak %91,8'inin EM alanlar hakkında eğitim ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması gerektiğini düşündüğü görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, sağlık sektöründe faaliyet gösteren işyerlerinde çalışanların elektromanyetik alan maruziyetlerini tespit etmek ve alınabilecek önlemlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda sağlık sektöründe elektromanyetik alan kaynağı olduğu belirlenen MR cihazları ve diatermi cihazlarından ölçümler alınmıştır. Ölçüm çalışması ile birlikte EMA maruziyetinin sağlık etkilerini belirlemek amacıyla anket çalışması uygulanmış ve sonuçlar istatistiki testler kullanılarak yorumlanmıştır.

Çalışmanın ölçüm sonuçlarına bakıldığında MR cihazlarından kaynaklanan maruziyetin çok düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin operatörün cihaza olan uzaklığının yeterli olması ve cihaz odasının faraday kafesi ile korunmasıdır. Literatürde bu sonucu destekleyen çalışmalar bulunmaktadır. Mustafa N. İlhan [38] tarafından 2005 ve 2008 yılları arasında bir tıp fakültesinin elektromanyetik alan haritasının çıkartılarak, hastane bölümlerinin maruziyet değerleriyle hastane çalışanlarının sağlık şikayetlerinin ilişkisini araştırmak amacıyla elektromanyetik alan ölçümleri ve anket çalışması yapılmıştır. Çalışmada, uluslararası bir ölçüm metodundan bahsedilmemiş ancak cihazlardan belli uzaklıklara göre ölçümler alınarak ortamın EM alan haritasının çıkartılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda MR cihazlarının bulunduğu radyoloji bölümlerinin ölçülen EMA değerleri diğer bölümlere göre yüksek çıkmış ve cihazlardan kaynaklanan EM alan değerlerinin uzaklıkla ters orantılı bir şekilde azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Anket çalışması sonucunda ise anket uygulanan EMA gruplarında baş ağrısı, halsizlik ve yorgunluk yakınmalarının görülme sıklığı, kontrol gruplarına göre daha fazla olduğu ve çarpıntı ve bulanık görme yakınmalarının sıklığı da cihaza yakınlıkla doğru orantılı şekilde arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Benzer bir diğer çalışma ise Arzu F. [20] tarafından 2010 yılında ‘Afşin Elbistan Termik Santrallerinde Çalışanlarda Sağlık Durumunun Değerlendirilmesi’ isimli çalışmadır. Bu çalışma kapsamında elektromanyetik alan ölçümleri ve çalışanlara anket çalışması uygulanmıştır. Çalışma sonucunda çalışanlar arasında depresyon, konsantrasyon güçlüğü, dikkat toplamada güçlük, unutkanlık, katarakt oluşumu, gözde alerji, yüksek tansiyon yakınmaları açısından anlamlı bir fark olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışma farklı sektör ve bölümlerde yapıldığından dolayı ölçüm sonuçlarının kıyaslanması mümkün olmamakla birlikte, EM alan maruziyetiyle ilgili yapılan anket çalışması sonuçlarına bakıldığında, unutkanlık ve konsantrasyon eksikliği gibi şikayetlerin sonuçları farklılık göstermektedir. Bu

çalışmada bahsedilen şikayetler ile çalışanlar arasında anlamlı bir ilişkiden söz edilememesine rağmen, görülme sıklıkları yüksektir.

Elektromanyetik alan ölçümlerinin yer aldığı ve sağlık etkilerinin belirlenmesi için anket çalışmasının uygulandığı benzer bir çalışma ise 2014 yılında Gökçe Begüm S. [39] tarafından ofis ortamındaki mesleki elektromanyetik alan maruziyetinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmadır. Çalışma sonucunda bu çalışmayı destekler nitelikte; EMA maruziyetinin çalışanlar üzerinde kanser hastalığı, kalp, böbrek, akciğer, tansiyon ve şeker rahatsızlıkları gibi etkilerinin görülmediği sonucuna ulaşılmıştır. Yine aynı çalışmada, çalışanlarda yorgunluk ve halsizlik görülme sıklıklarının yüksek oranlarda olduğu sonucu bu çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Çalışmanın EMA maruziyetinin kadınlar üzerine etkisinin araştırıldığı bölümünde EMA maruziyetinin adet düzensizliği, ölü doğum ve istemsiz düşük gibi olaylarla ilişkisinin kurulamayışı da bu çalışmanın sonucunda elde edilen sonuçlarla benzerlikler göstermektedir.

Uluslararası alanda ise MR cihazı üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biri 2007 yılında Philip Chadwick [40] tarafından MR cihazı çevresindeki elektromanyetik alanın değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, laboratuvar ortamında modelleme yapılarak MR çalışanlarının cihaz odasındaki mesleki maruziyetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. MR çalışanlarının cihaz yakınında iken, cihazların yaydığı statik manyetik alanlara sürekli maruz kaldığı ancak cihazda kullanılan zamanla değişen manyetik alanlara (gradient fields) sadece görüntüleme esnasında ve cihazın yakınında olduklarında maruz kalabilecekleri belirtilmiştir. Üç farklı güçte (1,5T, 4T, 7T) MR cihazlarında yapılan çalışmalarda, çalışanların cihaza 1 m mesafede normal hızda (1 ms⁻¹) hareket ettiklerinde maruz kaldıkları statik manyetik alan etkisinin ve hareket etmeseler dahi etkileyecek olan gradient manyetik alan etkisinin sınır değerleri aşabildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, cihaz gücünün maruziyet değerlerinde çok büyük değişimlere neden olmadığı, cihaza yaklaştıkça ve hareket hızı arttıkça maruziyetin artacağı cihaza yaklaşıldığında yavaş hareketlerin nispeten maruziyeti düşüreceği belirtilmiştir. Çalışma MR cihazlarından ölçüm alınması bakımından benzerlik taşısa da ölçüm sonuçları birbirinden farklıdır. Bunun sebebi ölçüm alınan noktaların birbirinden farklı olmasıdır. Çalışmaların benzerlik gösterdiği konu; çalışanların kaynağa yaklaştıklarında EM alan maruziyetlerinin artması, uzaklaştıklarında ise maruziyetin azaldığı sonucudur.

MR cihazları üzerine yapılan bir başka araştırma da 'Imperial College London' ve merkezi İsviçre' de olan 'Foundation for Research on Information Technology in Society' [41]

tarafından MR cihazında ve çevresinde çalışanların maruz kaldığı elektromanyetik alan maruziyetin araştırılması amacıyla 2008 yılında yapılmıştır. Bu çalışma da bir önceki çalışmada olduğu gibi laboratuvar ortamında modelleme yapılarak 1 T, 1,5 T, 3 T ve 7T MR cihazlarının içinden ve yakınından ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda 1,5 T gücündeki MR cihazında en yüksek maruziyet değerleri tespit edilmiş ve buna göre; cihazın 40 cm' den daha yakınına geldiğinde gradient manyetik alan maruziyetinin sınır değerleri 9 kat aşabileceği, 20 cm den daha fazla yaklaşıldığında ise radyo frekans maruziyetinin sınır değerlerin 2.7 kat üstüne çıkabileceği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu çalışmada gerçekleştirilen ölçümler sonucunda çıkan maruziyet seviyelerinin neden çok düşük olduğunu açıklar niteliktedir.

2014 yılında Schaap K. [42] tarafından yapılan çalışma ise, 1,5 T - 7 T aralığındaki MR cihazlarında sağlık sektöründe çalışanların veya araştıma amaçlı çalışanların maruziyetlerinin elektromanyetik alan geçici etkileriyle ilişkilendirilmesi amacıyla, 14 sağlık kurumu ve 361 kişiden 633 veri toplayarak Hollanda'da gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda MR cihazına yakın çalışanlarda, cihazın manyetik alan gücü ile doğru orantılı olarak, baş dönmesi ve ağızda metal tadı hissedilmesi gibi geçici etkilerinin yüzdesinin arttığı belirtilmiştir. Bu sonuca yakın olarak bu çalışma kapsamında yapılan anket sonuçlarında baş dönmesi şikayetinin görülme sıklığının MR cihazında çalışanlar arasında %20, diatermi cihazı kullananlar arasında %35,3 olduğu bunun aksine diğer cihazları kullananlar arasında ise %7.5' e düştüğü sonucuna varılmıştır. Buna göre bu çalışma sonucunda elde edilen EMA maruziyeti ve baş dönmesi şikayetinin görülme sıklığı ile aralarında anlamlı bir fark olduğu sonucu desteklenmiştir.

Frank A L, Slesin N, [38] 1998'deki çalışmasında EMA maruziyetinin kadınlarda düşük ve özürlü doğum olaylarına yol açtığı belirtilmiştir. Anket çalışmaları benzer nitelikte olmakla birlikte düşük ve özürlü doğum anket sonuçları çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. Bunun sebebi anket çalışmalarının beyana dayalı olması, uygulanan katılımcıların farklı meslek gruplarından olması ya da maruz kaldıkları EM alan kaynaklarının farklı oluşu gösterilebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın ölçüm aşamasında, sağlık sektöründe en güçlü elektromanyetik alan kaynağı olan MR cihazlarında ve diatermi cihazlarında çalışanların maruziyetlerinin hesaplanması amacıyla on bir farklı kurumdan ölçümler alınmış, ölçüm sonuçları sınır değerler ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Ölçümler kapsamında, bir üniversite hastanesi, bir devlet hastanesi, iki özel hastane ve dört tıbbi görüntüleme merkezi, üç fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezine gidilmiş, kurumlardaki MR görüntüleme işlemleri ve diatermi cihaz kullanımı hakkında bilgiler alınarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen bulgular ve ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, MR cihazı çalışanlarının, görüntüleme boyunca işlemi takip etmek için bulunduğu operatör masasında MR cihazından kaynaklanan bir maruziyetinin olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde diatermi cihazlarını kullanan sağlık personellerinin cihaza yakın mesafede çalıştığı durumlarda da maruz kaldıkları EM alan değerlerinin, sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür.

Ölçüm çalışması sonucunda;

- Elektromanyetik alan etkisinin kaynağa yaklaşıldıkça arttığı, uzaklaşıldığında etkisinin azaldığı görülmüştür.
- MR cihazlarında çalışma prensipleri gereği ana magnet tarafından kaynaklanan manyetik alan değerlerinin çok yüksek seviyelere çıktığı, bu sebeple MR cihazı yakınında hareket halinde olan çalışanların hareket hızları ile doğru orantılı olarak etkilendikleri sonucuna ulaşılmıştır.
- Diatermi cihazları yakınında oluşan EMA maruziyetinin MR cihazı operatör bölümündeki maruziyetten daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Çalışmalar sırasında EMA kaynaklarının doğası gereği çalışma ortamında meydana getirdikleri çok sayıda İSG risklerinin olduğu görülmüştür.

Elde edilen ölçüm sonuçları, edinilen bilgiler ve MR cihazı üzerine yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde ise;

- Ülkemizde MR cihazlarının kurulum aşamasında iyi projelendirildiği, cihazın operatör masasına uzaklığının yeterli seviyelerde olduğu ve MR cihazının neden olduğu elektromanyetik alan etkisini engellemek için cihaz odasında uygulanan koruma

kalkanlarının (faraday kafesi) etkili bir şekilde maruziyeti önlediği sonucuna varılmaktadır.

- Cihaz sistemlerinin kurulum, bakım, onarım ve kalibrasyon işlemlerinin ülkemizde profesyonelce yapıldığı anlaşılmaktadır.
- Türkiye'nin görüntüleme sayısında ilk sırada yer alması MR cihazlarında sık hasta değişimi anlamına geldiğini ve çalışanların cihaz odasındaki maruziyetinin arttığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında elektromanyetik alanların sağlık çalışanları üzerinde oluşturabileceği sağlık etkilerinin belirlenmesi amacıyla, Ankara ili içerisinde, hastanelerin radyoloji bölümlerinde, tıbbi görüntüleme merkezlerinde ve fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde çalışan, EMA kaynakları olduğu belirlenen MR cihazları ve diatermi cihazlarında veya yakınında çalışan 109 katılımcıyla gerçekleştirilen anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır.

- Sağlık Sektörü EMA maruziyeti olan çalışanların genellikle tecrübesiz oldukları ve EMA bilgilerinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır.
- Elektromanyetik alanlara maruz kalan çalışanlarda, yorgunluk ve halsizlik şikayet oranlarının yükseldiği görülmüştür.
- EMA maruziyeti ile şeker hastalığının, tansiyon hastalığının, kalp rahatsızlıklarının, böbrek rahatsızlıklarının ve akciğer rahatsızlıklarının görülme sıklıkları arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır.
- Sonuçlara göre EMA maruziyetinin kadınlarda görülen adet düzensizliği, istemsiz düşük, ölü veya özürülü doğum gibi olaylara etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.
- Katılımcılar arasında baş ağrısı, baş dönmesi, uyku düzensizliği şikayetlerinin EMA maruziyeti olanlar arasında daha sık görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır.
- Çalışanların bilgi seviyesinin düşük olduğu, ancak katılımcıların büyük çoğunluğunun eğitim ve bilgilendirme faaliyetlerine açık olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde EMA maruziyetlerinin azaltılması için öneriler aşağıda verilmiştir.

- MR ve diatermi cihazlarının sebep oldukları EMA maruziyetlerinin düşürülmesi için, cihazların bakımlarının ve kalibrasyonlarının zamanında ve düzenli olarak yaptırılması gerekmektedir.
- MR cihazından kaynaklanan elektromanyetik alanın cihaz odası dışına çıkmaması için proje aşamasında inşa edilen faraday kafesinin bozulmamasına dikkat edilmelidir.
- Cihazların olduğu bölümde elektromanyetik alan uyarı işaretinin görünür bir şekilde bulundurulması gerekmektedir.
- MR cihazı yakınında cihazdan kaynaklanan manyetik alanın büyüklüğü sebebiyle, hareket hızına bağlı olarak maruziyetin artacağı unutulmamalıdır. Cihaz odası içerisinde gerekli olmayan durumlar dışında bulunulmaması gerekmektedir.
- Çalışanlara elektromanyetik alan konusunda gerekli eğitimler verilmeli, cihazlara yaklaşıldığında maruziyetin artacağı gibi bilgilendirmeler yapılmalıdır.
- MR cihazı çekimleri sırasında faraday kafesinin tamamlayan kapıların kapalı tutulması gerekmektedir.

MR çekimleri sırasında meydana gelebilecek kazaların önlenmesine yönelik öneriler aşağıda verilmiştir.

- MR cihazı oluşturduğu manyetik alan gereği mıknatıs özelliği göstereceğinden, hastaların veya çalışanların cihaz odasına her türlü metal veya elektronik eşya ile girmeleri önlenmelidir. Bu durumu anlatan uyarı işaretlerinin görünür ve anlaşılır olması sağlanmalıdır.
- Kalp pili olan veya vücudunda metal bulunan kişilerin cihaza yaklaşmamları sağlanmalıdır.
- Operatörün çekim esnasında hasta ile iletişim kurduğu haberleşme sisteminin düzgün çalıştığından emin olunması gerekmektedir.
- Operatörün acil durumlarda müdahale edip cihazı durdurabileceği ve soğutma gazlarını tahliye edebileceği acil butonlarının düzgün çalıştığından emin olunmalıdır.
- Elektrik tesisatının, statik elektriklenmeye yol açmayacak şekilde yalıtılmış olması gerekmektedir.

Diatermi cihazı ile tedavi uygulandığı sırada meydana gelebilecek kazaların önlenmesine yönelik öneriler aşağıda verilmiştir.

- Tedavi sırasında hasta metal sandalye ya da masada bulunmamalıdır. Tedavi sandalyesi ve masası yalıtkan olmalıdır.
- Hastanın üzerinde metal eşya bulunmamalıdır.
- Yanık olaylarının yaşanmaması için tedavi uygulanacak bölge açık ve kuru olmalıdır.
- Hasta pozisyonu rahat kan dolaşımına izin verecek şekilde olmalıdır. Kan dolaşımı bozuk veya tıklalı ise diatermi bozukluğu artırarak kangrene çevirebileceği unutulmamalıdır.
- Elektrostatik boşalmaların önlenmesi ve hastaya zarar vermemesi için cihazların toprak hattı düzgün olmalıdır.
- Hamilelerde tedavi karın ve bel bölgesine uygulanmaması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] SCHMID G, *Workplace Specific Exposure Assessment And Dosimetry*, 7th International NIR Workshop, United Kingdom, 2012.
- [2] ICNIRP International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi), *Workshop Report ICNIRP/WHO International Workshop on Non-Ionizing Radiation (NIR) Protection in Medicine*, Medical Physics 40, 117001, 2013.
- [3] The Organization For Economic Co-Operation Development (Ekonomik Kalkınma Ve İşbirliği Örgütü), *Magnetic resonance imaging (MRI) exams*, OECD, 2013. <https://data.oecd.org/healthcare/magnetic-resonance-imaging-mri-exams.htm> (Erişim Tarihi:01/02/2016)
- [4] Serway R A, Jewett J W, *Physics for Scientists and Engineer*, 9. Basım, Sayfa:904 937, 2008
- [5] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, *Elektromanyetik alanların Etkileri*, İzmir, 2010. www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf (Erişim Tarihi:01/03/2015)
- [6] National Weather Service, *Remote Sensing, Elektromagnetic waves*. http://www.srh.noaa.gov/jetstream/remote/remote_intro.html (Erişim Tarihi:10/03/2015).
- [7] Düzgün S, *Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Adana Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, 135 Sayfa, Adana, 2009.
- [8] Vaizoğlu S A, *Yüksek Gerilim Hatlarına ve Diğer Faktörlere Bağlı Düşük Frekanslı Elektromanyetik Kirlilik Durumunun ve Bazı Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 179 Sayfa, Ankara, 2001.
- [9] National Institute of Environmental Health Sciences, *Electric & Magnetic Fields*. <http://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/> (Erişim Tarihi:15/03/2015).

- [10] Orhun Ö, Tanışlı M, *Elektromagnetik Dalgalar*, Teknolojinin Bilimsel İlkeleri (Editör: Orhun Ö.) (5. Baskı), Nobel Yayın Dağıtım, Sayfa: 177-194, Ankara, 2009.
- [11] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), *Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları*, TÜBİTAK-BİLTEN, Ankara, 2001.
<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf> (Erişim Tarihi:16/11/2015).
- [12] Güler İ, Çetin T, Özdemir A.R, Uçar N, *Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), Ankara, 2010.
- [13] Kwan-Hoong Ng, *Non-Ionizing Radiations–Sources, Biological Effects, Emissions and Exposures*, International Conference on Non-Ionizing Radiation (ICNIR2003), Kuala Lumpur Malaysia, 2003.
<http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/en/keynote3ng.pdf>
(Erişim Tarihi: 25/11/2015).
- [14] İnce T, *Elektromanyetik Kirlilik*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 99 Sayfa, Ankara, 2007.
- [15] Mesleki ve Teknik Eğitim Programlar ve Öğretim Materyalleri, *Manyetik Rezonans Cihazları*, Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Ankara,2011.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Manyetik%20Rezonans%20Cihazlar%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi 02/02/2016).
- [16] Jeoseph P H, *The Basics of MRI*, Rochester Institute of Technology, 2014.
<https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/> (Erişim Tarihi:12/02/2016).
- [17] Balıkçı M, *Manyetik Rezonans Görüntüleme MR Cihazı Spin Kavramı ve Süperiletkenler*, Fizik ve Teknolojik Gelişimler Dersi Notu, Mersin Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Mersin, 2007.
- [18] Mesleki ve Teknik Eğitim Programlar ve Öğretim Materyalleri, *Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Mr Montajı*, Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Ankara,2012.
http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mr%20Montaj%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi 02/02/2016).

- [19] Sağlık Bakanlığı, *İstatistik Yıllıkları*, Ankara, 2008-2013.
<http://www.saglik.gov.tr/TR/belge/1-2952/istatistik-yilliklari.html>
(Erişim Tarihi:22/02/2015).
- [20] Fırlarer A, *Afşin Elbistan Termik Santrallerinde Çalışanlarda Sağlık Durumunun Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Ana Bilim Dalı, 107 Sayfa, Ankara, 2010.
- [21] ICNIRP International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi), *ICNIRP Statement On Medical Magnetic Resonance (MR) Procedures: Protection Of Patients*, Health Physics 87(2), Sayfa 197-216, 2004.
- [22] Şeker S, Çerezci O, *Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri*, Boğaziçi Üniversitesi (BÜ) Yayınları, İstanbul, 1997.
- [23] Van Rongen E, *Non-cancer RF-effects in human*, ICNIRP NIR Workshop, 2012.
<http://www.icnirp.org/cms/upload/presentations/NIR2012pdf/vanrongen.pdf>
(Erişim tarihi: 01/03/2016).
- [24] ICNIRP International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi), *ICNIRP Statement Amendment To The ICNIRP "Statement On Medical Magnetic Resonance (Mr) Procedures: Protection Of Patient"*, Health Physics 97(3), Sayfa 259-261, 2009.
- [25] Stam R., *Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields)*, Laboratory for Radiation Research, Netherlands National Institute for Public Health and the Environment, Ministry of Health, Welfare And Sport, 2011.
http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/docs/emf_comparision_policies_en.pdf
(Erişim tarihi: 01/03/2016).
- [26] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, *Elektromanyetik Alanlar Ve Etkileri Sempozyumu 2011*, EMO Yayınları, GY/2012/7, İstanbul, 2011.
http://www.emo.org.tr/ekler/62166ac8b06cb6f_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=6
(Erişim Tarihi 20/02/2016).

- [27] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği*, 24246 Sayılı Resmi gazete, 30 Kasım 2000.
- [28] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik*, 27651 Sayılı Resmi Gazete, 24 Temmuz 2010.
- [29] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), *Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik*, 27912 Sayılı Resmi Gazete, 21 Nisan 2011.
- [30] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, *İş Hijyeni Ölçüm, Test Ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik*, 28741 Sayılı Resmi Gazete, 20 Ağustos 2013.
- [31] Türk Standardları Enstitüsü (TSE), *TS EN 50413- 'İnsanların Elektrik, Manyetik ve Elektromanyetik Alanlara (0 Hz - 300 GHz) Maruz Kalması ile İlgili Ölçmeler ve Hesaplama İşlemlerine Ait Temel Standard'*, TSE, 2010.
- [32] Van Deventer E. *'International Cooperation' 7th International NIR Workshop*, United Kingdom, 2012
<http://www.icnirp.org/cms/upload/presentations/NIR2012pdf/vandeventer.pdf>
(Erişim Tarihi 02/03/2016)
- [33] IARC International Agency For Research On Cancer (Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü), *IARC Classifies Radio frequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans*, IARC Press Release, 2011.
http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf (Erişim Tarihi 02/03/2016)
- [34] ICNIRP, *Funding & Governance*.
<http://www.icnirp.org/en/about-icnirp/funding-governance/funding-governance.html>
(Erişim Tarihi:02/03/2016).
- [35] ICNIRP International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi), *ICNIRP Guidelines For Limiting*

Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz), Health Physics 74 (4), Sayfa: 494-522, 1998.

- [36] ICNIRP International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi), ICNIRP Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1HZ – 100 kHz), Health Physics 99 (6), Sayfa: 818-836, 2010.
- [37] Aaronia AG, *HighEnd EMC Spectrum Analyzer up to 9,4GHz SPECTRAN HF-60100* <http://www.aaronia.com/products/spectrum-analyzers/HF-60100-V4-EMC-Spectrum-Analyzer/> (Erişim Tarihi:02/02/2016).
- [38] İlhan M, *Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması Ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 79 Sayfa, Ankara, 2008.
- [39] Silsüpür G, *Ofis Ortamındaki Mesleki Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Belirlenmesi ve Risk Düzeyinin Tespit Edilerek Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi*, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü,103 Sayfa, Ankara, 2014.
- [40] Chadwick P, *Assessment Of Electromagnetic Fields Around Magnetic Resonance Imaging (MRI) Equipment*, Health and Safety Executive (HSE), HSE Books, 2007. <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr570.pdf> (Erişim Tarihi 20/02/2016)
- [41] Project VT/2007/017, *An Investigation into Occupational Exposure to Electromagnetic Fields for Personnel Working with and around Medical Magnetic Resonance Imaging Equipment*, Foundation for Research on Information Technology in Society, IT'IS (Principle), Imperial College London, 2008 <https://www.myesr.org/html/img/pool/VT2007017FinalReportv04.pdf> (Erişim Tarihi 04/03/2016).
- [42] Schaap K, Christopher-de Vries Y, Mason C, De Vocht F, Portengen L, Kromhout H, *Occupational exposure of healthcare and research staff to static magnetic stray fields from 1.5–7 Tesla MRI scanners is associated with reporting of transient symptoms*, *Occup Environ Med*, 71 (6), Sayfa: 423-429, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, adı : ÇAL, Selim
Doğum tarihi ve yeri : 19.04.1984, Ankara
Telefon :
E-Posta : selim.cal@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Lisans	Anadolu Üniversitesi/ Elek-Elekt Müh.	2009
Lise	Ankara Atatürk Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 - (Halen)	Çalış. ve Sos. Güv. Bak.	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.
2010-2012	EYS Elektronik	PLC Programlama

Yabancı Dil

İngilizce: (YDS-2015: 77.5)

Mesleki İlgi Alanları

İş hijyeni ölçümleri, metot validasyon.

EKLER

- EK – 1 :** Elektromanyetik Alan Anket Formu
- EK – 2 :** MR ve Diatermi Cihazları için Kontrol Listeleri
- EK – 3 :** MR Cihazları Ölçüm Sonuçlarının Ekran Görüntüleri
- EK – 4 :** Diatermi Cihazları Ölçüm Sonuçlarının Ham Verileri

EK - 1

Elektromanyetik Alan Anket Formu

Sayın Katılımcı ,

Bu anket formu elektromanyetik alanların sağlık sektöründe çalışanlar üzerindeki sağlık etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Araştırmanın gerçekleri yansıtabilmesi için vereceğiniz cevapların doğruluğu büyük önem arz etmektedir.

Katılımınız için teşekkür ederim.

Selim ÇAL

İSG Uzman Yrd.

Lütfen Size Uygun Seçeneği İşaretleyiniz.

1.	Cinsiyetiniz : <input type="checkbox"/> Kadın <input type="checkbox"/> Erkek
2.	Yaşınız : <input type="checkbox"/> 25'ten küçük <input type="checkbox"/> 26-35 <input type="checkbox"/> 36-45 <input type="checkbox"/> 45'ten büyük
3.	Öğrenim durumunuz <input type="checkbox"/> Okuryaz <input type="checkbox"/> İlköğretim <input type="checkbox"/> Ortaokul <input type="checkbox"/> Lise <input type="checkbox"/> Önlisans/Lisans <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Diğer
4.	Çalıştığınız kurum <input type="checkbox"/> Hastane <input type="checkbox"/> Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi <input type="checkbox"/> Tıbbi Görüntüleme Merkezi
5.	Çalıştığınız / Kullandığınız Cihaz : <input type="checkbox"/> MR Cihazı <input type="checkbox"/> Diaterm cihazı <input type="checkbox"/> Diğer
6.	Bu bölümde ve bu görevde çalışma süreniz: <input type="checkbox"/> 0-1 yıl <input type="checkbox"/> 2-5 yıl <input type="checkbox"/> 5-10 yıl <input type="checkbox"/> 10 yıldan fazla
Aşağıda yer alan seçenekler arasında tanısı konmuş bir rahatsızlığınız varsa işaretleyiniz.	
7.	Şeker hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
8.	Tansiyon hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
9.	Kalp hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
10.	Böbrek hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
11.	Akciğer hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
12.	Kanser hastalığınız var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
13.	Migreniniz var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
14.	Kısırlık sorunuz var mı? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır

<i>Aşağıda yer alan yakınmalardan sizde olanları işaretleyiniz.</i>					
15.	Baş ağrısı şikayetiniz var mı ? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
16.	Baş dönmesi şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
17.	Yorgunluk veya halsizlik şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
18.	Uyku düzensizliği şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
19.	Unutkanlık şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
20.	Konsantrasyon eksikliği şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
21.	Deride döküntü veya deride yanma şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
22.	Mide bulantısı veya mide ile ilgili şikayetiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Ev <input type="checkbox"/>	Hayır		
<i>23. ve 26. sorular arası sadece <u>kadınlar</u> tarafından yanıtlanacaktır.</i>					
23.	Adet düzensizliğiniz var mı? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
24.	İstemsiz düşük yaptınız mı? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
25.	Ölü doğum yaptınız mı? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
26.	Özürlü doğum yaptınız mı? <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır		
<i>Aşağıdaki sorularda size uygun olan cevabı işaretleyiniz.</i>					
		Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum
27.	Elektromanyetik radyasyon ile ilgili yeterli bilgiye sahip olduğumu düşünüyorum.				
28.	Çalıştığım bölüm veya cihaz kaynaklı elektromanyetik radyasyon riskinin olmadığına ve gerekli tedbirlerin alındığına inanıyorum.				
29.	Elektromanyetik radyasyonun iyonlaştırıcı etkisi olduğunu düşünüyorum.				
30.	Elektromanyetik radyasyon ile ilgili bilgilendirme ve eğitim çalışmalarının artırılması gerektiğini düşünüyorum.				

Anket bitmiştir, katılımınız için teşekkür ederiz.

EK – 2

MR VE DİATERMİ CİHAZLARI İÇİN KONTROL LİSTELERİ

MR CİHAZLARI KULLANIMINDAKİ TEHLİKE ve RİSKLER

KONTROL LİSTESİ	EVET 😊	HAYIR ☹	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
Cihazın bakım ve kalibrasyonları zamanında yaptırılmış mı?					
Elektromanyetik alan maruziyeti olduğuna dair uyarı işareti görülebilir bir yerde bulunuyor mu?					
Cihazın mıknatıs özelliği olduğu ve metal veya elektronik eşyalarla girilmemesi gerektiğine dair uyarı işareti mevcut mu?					
Operatör ile hasta arasındaki iletişimi sağlayan haberleşme sistemi düzgün çalışıyor mu?					
MR cihazı çevresindeki elektrik hatların yalıtımı veya çevrede bulunan cihazların topraklamaları düzgün yapılmış mı?					

KONTROL LİSTESİ	EVET 😊	HAYIR ☹️	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
EMA etkisinin cihaz odası dışına çıkmasını önleyen faraday kafesi kalkanlaması düzgün ve etkin durumda mı ?					
Görüntüleme işlemleri sırasında cihaz odası kapısı kapalı tutuluyor mu?					
Acil durum butonu operatörün kolaylıkla ulaşabileceği yerde ve düzgün çalışıyor mu?					
Yangın sırasında cihaz soğutma işleminde kullanılan gazların tahliyesini sağlayan acil durum butonu düzgün çalışıyor mu?					

DIATERMİ CİHAZLARI KULLANIMINDAKİ TEHLİKE ve RİSKLER

KONTROL LİSTESİ	EVET 😊	HAYIR ☹️	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
Tedavi sandalyesi veya masası yalıtkan malzemeden mi?					
Tedavi sırasında hastanın üzerinde metal eşya olmaması gerektiğine dikkat ediliyor mu?					
Tedavi sırasında hastanın pozisyonu kan dolaşımının düzgün olabileceği şekilde ayarlanıyor mu?					
Tedavi uygulanacak bölgenin kuru ve açık olmasına dikkat ediliyor mu?					
Diatermi cihazı veya çevresindeki cihazlar elektrostatik boşalmaları önlemek ve hastaya zarar vermemek için düzgün bir şekilde topraklanmış mı?					
Tedavi uygulanırken cihaz problemlerinin yalıtkanlarının sağlamlığı kontrol ediliyor mu?					

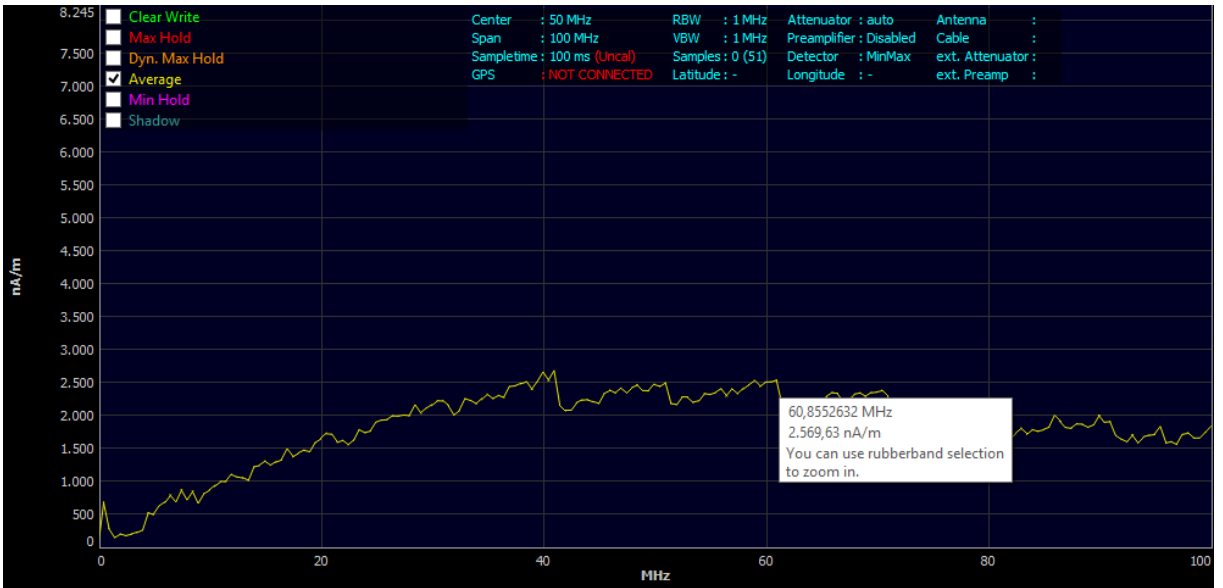
KONTROL LİSTESİ	EVET 😊	HAYIR ☹	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
Cihazın çevresinde elektromanyetik alan maruziyetinin olacağına dair uyarı işaretleri görülebilir bir yerde mi?					

EK – 3

MR CİHAZLARI ÖLÇÜM SONUÇLARININ EKTRAN GÖRÜNÜTLERİ



Şekil-1. İşyeri A - Elektrik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-2. İşyeri A - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-3. İşyeri A - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü

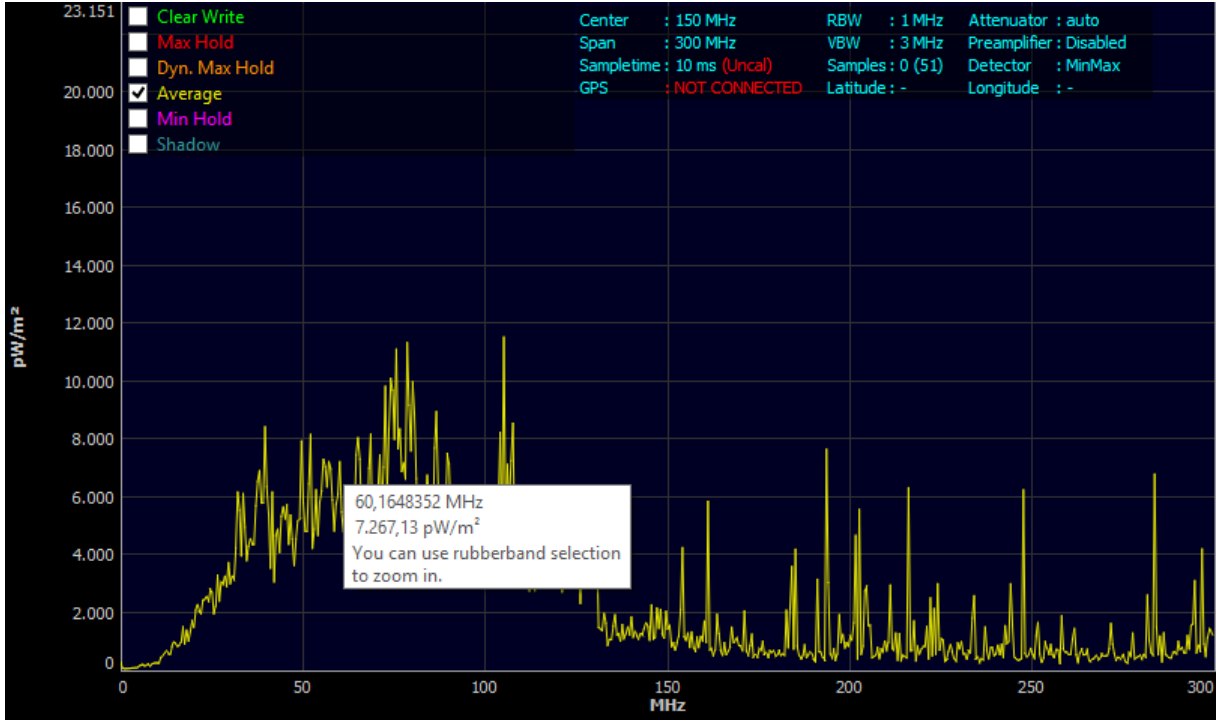


Şekil-4. İşyeri B - Elektrik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-5. İşyeri B - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-6. İşyeri B – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü



Şekil-7. İşyeri C – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-8. İşyeri C - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-9. İşyeri C – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü



Şekil-10. İşyeri D – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-11. İşyeri D - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-12. İşyeri D – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü

EK-3

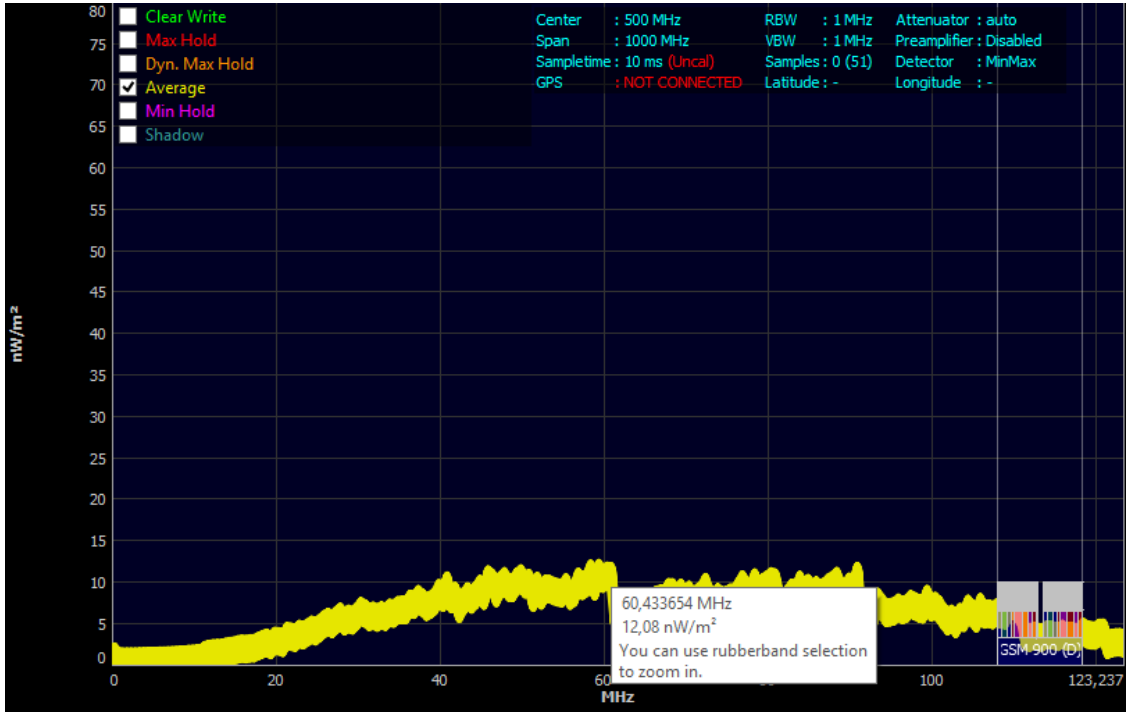


Şekil-13. İşyeri E – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-14. İşyeri E - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-15. İşyeri E – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü

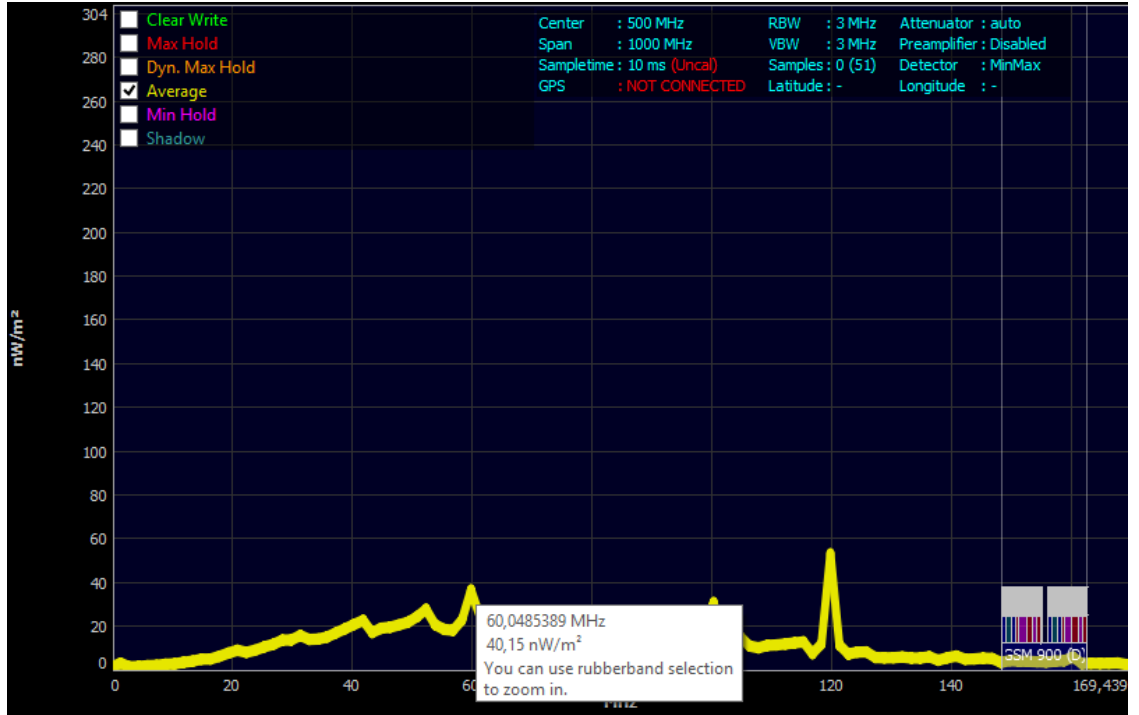


Şekil-16. İşyeri F – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-17. İşyeri F - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-18. İşyeri F – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-19. İşyeri G – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-20. İşyeri G - Manyetik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-21. İşyeri G – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü



Şekil-22. İşyeri H – Elektrik Alan Ekran Görüntüsü

EK-3



Şekil-23. İşyeri H- Manyetik Alan Ekran Görüntüsü



Şekil-24. İşyeri H – Güç Yoğunluğu Ekran Görüntüsü

EK - 4

DİATERMİ CİHAZLARI ÖLÇÜM SONUÇLARININ HAM VERİLERİ

	B	C	D	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1	Measure U	2,5E+07	2,5E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	
2	V/m	0,00094	0,000931	0,001159	0,001152	0,001145	0,000938	0,001035	0,001288	0,001039	0,001037	0,000990	0,001067	0,00118192515080
3	V/m	0,000907	0,000932	0,001157	0,001020	0,001166	0,000921	0,001168	0,001144	0,000964	0,001188	0,001060	0,001118192515080	
4	V/m	0,000924	0,000918	0,000916	0,000913	0,001106	0,001190	0,001016	0,001217	0,001239	0,001196	0,001035	0,001129677431091	
5	V/m	0,000917	0,000914	0,001145	0,001177	0,001243	0,001192	0,001121	0,001013	0,000964	0,001020	0,001203	0,001313410895703	
6	V/m	0,000914	0,000904	0,000988	0,001142	0,001125	0,000973	0,001280	0,001091	0,001167	0,000953	0,001180	0,001220351135960	
7	V/m	0,000959	0,000911	0,001236	0,001231	0,001132	0,001177	0,001186	0,000974	0,001204	0,000981	0,001074	0,001158673333209	
8	V/m	0,000931	0,000984	0,001121	0,001034	0,001130	0,001050	0,001205	0,000960	0,000968	0,001326	0,000958	0,001085549680656	
9	V/m	0,000918	0,000915	0,001233	0,001067	0,001057	0,000996	0,001288	0,001195	0,001045	0,001197	0,001152	0,001163637520983	
10	V/m	0,000951	0,000973	0,001105	0,001181	0,001126	0,000934	0,001112	0,001096	0,001312	0,001280	0,001204	0,001032297304223	
11	V/m	0,000942	0,000923	0,001286	0,001180	0,000930	0,000921	0,001168	0,001289	0,001187	0,001209	0,000983	0,001187371641175	
12	V/m	0,000955	0,000947	0,001243	0,001119	0,000970	0,001260	0,001130	0,001018	0,000991	0,001162	0,001253	0,001188725079949	
13	V/m	0,000914	0,000927	0,001288	0,001232	0,001032	0,000968	0,001001	0,001035	0,001302	0,001260	0,001030	0,001021994905671	
14	V/m	0,000913	0,000921	0,001260	0,001178	0,001182	0,001052	0,001116	0,001299	0,001154	0,001044	0,001085	0,001166161880599	
15	V/m	0,000952	0,000954	0,001135	0,001225	0,001002	0,001217	0,001142	0,001268	0,000960	0,001015	0,001108	0,001193291936823	
16	V/m	0,000951	0,000950	0,001093	0,001026	0,001208	0,001227	0,001195	0,001129	0,000949	0,000998	0,001321	0,001091754548445	
17	V/m	0,000928	0,000914	0,001032	0,001173	0,001000	0,001035	0,000926	0,001221	0,001198	0,001075	0,001003	0,000959031378935	
18	V/m	0,000945	0,000932	0,001100	0,001025	0,001161	0,001279	0,001055	0,001013	0,001257	0,001139	0,001148	0,001053856241021	
19	V/m	0,000925	0,000922	0,000967	0,001107	0,000992	0,001234	0,001016	0,001299	0,001229	0,001067	0,001041	0,001073550154529	
20	V/m	0,001772	0,00189	0,002458	0,002243	0,001833	0,001981	0,002005	0,002395	0,001998	0,002025	0,002077	0,00253	
21	V/m	0,00104	0,001050	0,001113	0,001438	0,001127	0,001434	0,001383	0,001084	0,001281	0,001139	0,001203	0,001132891810532	
22		0,00104	0,00189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00253	

Şekil 25. İşyeri İ – Elektrik Alan Ham Verileri

	A	B	C	D	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1	Timestamp	Measure U	2,5E+07	2,5E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	
2	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003507530414
3	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003832761194
4	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003575886896
5	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003009853220
6	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003619674343
7	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003418803182
8	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003245872919
9	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000002	0,000002905074830
10	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003127614993
11	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003470099063
12	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003084942172
13	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003609320327
14	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003564553908
15	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000002	0,000002982847049
16	2016-08-2	A/m	0,000002	0,000002	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003516115801
17															
18															
19															
20															
21															
22															

Şekil 26. İşyeri İ – Manyetik Alan Ham Verileri

EK - 4

Timestam	Measure (45	45	61	61	61	62	62	63	63	63	64	64	65
2016-08-2 A/m	0.025319;	0.009273	0.005633;	0.005599;	0.005170;	0.004728;	0.004700;	0.004673;	0.005049;	0.006810;	0.007818;	0.010827;	0.013815;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023126;	0.009273	0.004815;	0.004785;	0.005552;	0.005139;	0.005486;	0.004887;	0.004438;	0.005750;	0.005541;	0.008811;	0.011929;	0.009273
2016-08-2 A/m	0.024206;	0.009273	0.005036;	0.006297;	0.005910;	0.005887;	0.006185;	0.006762;	0.006265;	0.006976;	0.007579;	0.009335;	0.012909;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.024128;	0.009273	0.005810;	0.006124;	0.006415;	0.005875;	0.006501;	0.006462;	0.006711;	0.007366;	0.007837;	0.009630;	0.012764;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023683;	0.009273	0.005437;	0.005775;	0.006087;	0.006687;	0.006339;	0.006451;	0.006997;	0.007228;	0.008077;	0.009440;	0.012407;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.024059;	0.009273	0.005633;	0.005586;	0.005910;	0.005693;	0.005659;	0.005967;	0.006850;	0.007088;	0.008965;	0.010658;	0.013127;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.028295;	0.009273	0.004830;	0.004801;	0.005385;	0.005153;	0.004916;	0.005639;	0.006861;	0.008237;	0.009598;	0.012634;	0.015983;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.026915;	0.009273	0.002925;	0.002907;	0.003236;	0.002898;	0.003508;	0.004015;	0.005462;	0.006564;	0.007980;	0.010866;	0.014773;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.025230;	0.009273	0.003864;	0.003256;	0.003236;	0.003217;	0.004523;	0.005507;	0.006447;	0.006852;	0.008344;	0.009973;	0.013389;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.025138;	0.009273	0.004099;	0.004785;	0.004528;	0.005875;	0.004700;	0.005093;	0.005063;	0.005048;	0.007226;	0.009768;	0.013660;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023568;	0.009273	0.003844;	0.004330;	0.004757;	0.005139;	0.005308;	0.006451;	0.007544;	0.008246;	0.009283;	0.010936;	0.012775;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.024428;	0.009273	0.004600;	0.004093;	0.004544;	0.004296;	0.004507;	0.004245;	0.004661;	0.006694;	0.008086;	0.010866;	0.012889;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.025026;	0.009273	0.004600;	0.004572;	0.004772;	0.004945;	0.004490;	0.005078;	0.005944;	0.007258;	0.008553;	0.010506;	0.013249;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023671;	0.009273	0.005995;	0.006136;	0.006087;	0.006377;	0.006647;	0.006630;	0.006591;	0.006704;	0.006813;	0.009477;	0.012458;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.022560;	0.009273	0.005051;	0.005230;	0.005766;	0.005353;	0.003772;	0.004480;	0.003991;	0.005775;	0.006677;	0.009169;	0.012503;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.022275;	0.009273	0.004357;	0.004330;	0.004544;	0.004744;	0.004916;	0.004887;	0.006253;	0.007098;	0.008301;	0.009661;	0.011637;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023185;	0.009273	0.005620;	0.005586;	0.005552;	0.005875;	0.005294;	0.004872;	0.004422;	0.006065;	0.006539;	0.009494;	0.012614;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023911;	0.009273	0.005036;	0.005005;	0.004975;	0.005339;	0.004700;	0.005639;	0.005435;	0.005910;	0.007057;	0.009535;	0.012091;	0.008342
2016-08-2 A/m	0.023932;	0.009273	0.005437;	0.005775;	0.005552;	0.006051;	0.005108;	0.004464;	0.005619;	0.005934;	0.008094;	0.008724;	0.012273;	0.008342

Şekil 29. İşyeri J – Manyetik Alan Ham Verileri

1	Timestam	Measure (2,5E+07	2,5E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07
2	2016-08-2 V/m	0.000501;	0.000459	0.000627;	0.000593;	0.000577;	0.000511;	0.000466;	0.000477;	0.000512;	0.000641;	0.000638;	0.000486;	0.00994169872
3	2016-08-2 V/m	0.000470;	0.000454	0.000506;	0.000608;	0.000507;	0.000459;	0.000574;	0.000633;	0.000616;	0.000554;	0.000622;	0.000515;	0.008345351
4	2016-08-2 V/m	0.006157;	0.006144	0.005674;	0.007106;	0.005786;	0.006021;	0.007336;	0.007165;	0.007627;	0.007359;	0.007407;	0.007081;	0.00986474134
5	2016-08-2 V/m	0.000380;	0.000427	0.000506;	0.000475;	0.000417;	0.000462;	0.000399;	0.000415;	0.000496;	0.000463;	0.000444;	0.000412;	0.002097930
6	2016-08-2 V/m	0.000428;	0.000411	0.000409;	0.000505;	0.000406;	0.000414;	0.000455;	0.000495;	0.000501;	0.000474;	0.000467;	0.000432;	0.004180942
7	2016-08-2 V/m	0.011089;	0.008472	0.009890;	0.013032;	0.010892;	0.009494;	0.010051;	0.011542;	0.010804;	0.013220;	0.010097;	0.012155;	0.0157509
8	2016-08-2 V/m	0.000489;	0.000477	0.000638;	0.000632;	0.000477;	0.000554;	0.000554;	0.000461;	0.000507;	0.000502;	0.000535;	0.000499;	0.0043881207
9	2016-08-2 V/m	0.000449;	0.000506	0.000629;	0.000500;	0.000567;	0.000540;	0.000461;	0.000498;	0.000544;	0.000583;	0.000477;	0.000478;	0.0043708920
10	2016-08-2 V/m	0.003589;	0.003487	0.004382;	0.005258;	0.004343;	0.005183;	0.003961;	0.004336;	0.004274;	0.004999;	0.005197;	0.005194;	0.00576366824
11	2016-08-2 V/m	0.000416;	0.000414	0.000536;	0.000505;	0.000505;	0.000447;	0.000433;	0.000518;	0.000430;	0.000514;	0.000519;	0.000437;	0.00823824
12	2016-08-2 V/m	0.000366;	0.000419	0.000511;	0.000494;	0.000474;	0.000579;	0.000530;	0.000537;	0.000557;	0.000562;	0.000575;	0.000572;	0.0050882962
13	2016-08-2 V/m	0.009436;	0.007952	0.011179;	0.009400;	0.009316;	0.008962;	0.010273;	0.011397;	0.010559;	0.011820;	0.011994;	0.011574;	0.0083393547
14	2016-08-2 V/m	0.000413;	0.000420	0.000531;	0.000519;	0.000560;	0.000472;	0.000544;	0.000517;	0.000471;	0.000536;	0.000531;	0.000452;	0.00927237
15	2016-08-2 V/m	0.000374;	0.000389	0.000485;	0.000461;	0.000410;	0.000466;	0.000443;	0.000537;	0.000389;	0.000452;	0.000523;	0.000491;	0.005099713
16	2016-08-2 V/m	0.009129;	0.008836	0.010952;	0.010585;	0.010458;	0.008921;	0.008560;	0.010453;	0.009030;	0.010924;	0.010876;	0.010126;	0.00522706
17	2016-08-2 V/m	0.000404;	0.000414	0.000405;	0.000511;	0.000563;	0.000556;	0.000514;	0.000454;	0.000534;	0.000485;	0.000436;	0.000412;	0.005954510
18	2016-08-2 V/m	0.000379;	0.000438	0.000456;	0.000443;	0.000514;	0.000447;	0.000517;	0.000453;	0.000462;	0.000558;	0.000542;	0.000477;	0.0057279266
19	2016-08-2 V/m	0.009875;	0.008627	0.010856;	0.011014;	0.012334;	0.012781;	0.009792;	0.011390;	0.012349;	0.012470;	0.011367;	0.013310;	0.0098935663
20	2016-08-2 V/m	0.000526;	0.000486	0.000701;	0.000545;	0.000735;	0.000694;	0.000686;	0.000585;	0.000735;	0.000616;	0.000679;	0.000586;	0.0094212536
21	2016-08-2 V/m	0.000571;	0.000603	0.000578;	0.000713;	0.000655;	0.000709;	0.000571;	0.000606;	0.000654;	0.000755;	0.000710;	0.000614;	0.00744805
22	2016-08-2 V/m	0.001818;	0.001964	0.002225;	0.001914;	0.002426;	0.001966;	0.001867;	0.002125;	0.002290;	0.002366;	0.001871;	0.002511;	0.00886380

Şekil 30. İşyeri K – Elektrik Alan Ham Verileri

EK – 4

1	Timestamp	Measure	2,5E+07	2,5E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07	3E+07
2	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001465283559
3	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001267249489
4	2016-08-2	A/m	0.000022	0.000023	0.000025	0.000027	0.000029	0.000034	0.000031	0.000028	0.000027	0.000025	0.000026	0.000034	0.000034637229293
5	2016-08-2	A/m	0.000000	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001290583711
6	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001137125236
7	2016-08-2	A/m	0.000024	0.000029	0.000034	0.000036	0.000031	0.000030	0.000036	0.000032	0.000030	0.000039	0.000038	0.000035	0.000029565377975
8	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001221699410
9	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001106866235
10	2016-08-2	A/m	0.000019	0.000020	0.000022	0.000025	0.000028	0.000025	0.000025	0.000021	0.000028	0.000028	0.000021	0.000022	0.00002262309765
11	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001482881531
12	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001396959776
13	2016-08-2	A/m	0.000023	0.000027	0.000024	0.000026	0.000026	0.000022	0.000027	0.000023	0.000025	0.000027	0.000025	0.000026	0.000026809535415
14	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.00000137905336
15	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001305425786
16	2016-08-2	A/m	0.000009	0.000009	0.000010	0.000010	0.000011	0.000009	0.000009	0.000008	0.000009	0.000009	0.000010	0.000010	0.000010726867376
17	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001895741658
18	2016-08-2	A/m	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001370127095
19	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001220207488
20	2016-08-2	A/m	0.000025	0.000028	0.000028	0.000027	0.000037	0.000034	0.000034	0.000036	0.000032	0.000036	0.000035	0.000032	0.000032997561706
21	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001182000696
22	2016-08-2	A/m	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001414098968

Şekil 31. İşyeri K – Manyetik Alan Ham Verileri

1	Timestamp	Measure	25000000	25100000	29100000	29200000	29300000	29400000	29500000	29600000	29700000	29800000	29900000	30000000
2	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00000000561838
3	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00000000866318
4	2016-08-2	W/m ²	0.0000002	0.0000002	0.0000004	0.0000002	0.0000004	0.0000004	0.0000003	0.0000004	0.0000004	0.0000003	0.0000003	0.0000000299022411
5	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000713571
6	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000703097
7	2016-08-2	W/m ²	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000004	0.0000003	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000000329088541
8	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000791626
9	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000733812
10	2016-08-2	W/m ²	0.0000002	0.0000002	0.0000003	0.0000004	0.0000003	0.0000003	0.0000004	0.0000003	0.0000005	0.0000005	0.0000002	0.000000381513698
11	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000929974
12	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000917153
13	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000000	0.0000001	0.0000000	0.0000001	0.0000000	0.0000000080064017
14	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000441579
15	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000712801
16	2016-08-2	W/m ²	0.0000002	0.0000002	0.0000004	0.0000003	0.0000003	0.0000002	0.0000002	0.0000004	0.0000003	0.0000004	0.0000004	0.0000000272026868
17	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000776590
18	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000781164
19	2016-08-2	W/m ²	0.0000001	0.0000002	0.0000002	0.0000003	0.0000003	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000003	0.0000002	0.0000000276488528
20	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000681588
21	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000001078955
22	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000064228486
23	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000592372
24	2016-08-2	W/m ²	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000000787422
25	2016-08-2	W/m ²	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000002	0.0000003	0.0000002	0.0000002	0.0000002	0.0000001	0.0000001	0.0000002	0.000000329048562

Şekil 32. İşyeri K – Güç Yoğunluğu Ham Verileri