



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KONYA İÇİN ELEKTROMANYETİK
RADYASYON SEVİYELERİNİN ÖLÇÜLMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Derya GÜRĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Derya GÜRĞAN tarafından hazırlanan “Konya İçin Elektromanyetik Radyasyon Seviyelerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 03/07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof.Dr. Ercan YALDIZ

Danışman

Doç.Dr. Levent SEYFİ

Üye

Dr.Öğr.Üyesi M.Fahri ÜNLERŞEN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

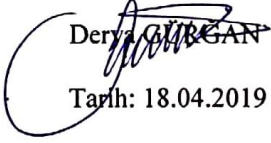
Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Derya ÇIRGAN
Tarih: 18.04.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İÇİN ELEKTROMANYETİK RADYASYON SEVİYELERİNİN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya GÜRĞAN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Levent SEYFİ

2019, 56 Sayfa

Jüri

**Doç.Dr. Levent SEYFİ
Prof.Dr. Ercan YALDIZ
Dr.Öğr.Üyesi M.Fahri ÜNLERŞEN**

Teknoloji her geçen gün gelişmekte ve insanların hayatını kolaylaştıracak yeni hizmetler, yeni cihazlar kullanıma sunulmaktadır. Fakat, baz istasyonları, enerji nakil hatları, cep telefonları veya herhangi bir elektrikli cihaz etrafa sürekli olarak elektromanyetik dalga yayabilmekte ve elektromanyetik kirliliğe sebebiyet vermektedir.

Elektromanyetik kirlilik duyu organları tarafından algılanamaz. Dolayısıyla canlılar tarafından kolayca fark edilemez. Bu sebepten özellikle canlılar üzerindeki kısa ya da uzun vadede meydana gelebilecek etkilerin araştırılması önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, bilimsel bir kaynak oluşturmak amacıyla Konya ilinde bazı bölgelerde elektromanyetik radyasyon seviyeleri ölçülmüş ve ölçümler ulusal ve uluslararası limit değerler ışığında incelenmiştir. Ölçümler kapalı ve açık alanlar olmak üzere iki ana başlıkta verilmiştir. Ölçümlerde, alışveriş merkezleri, hastaneler, otobüs durakları gibi insanların yoğun olarak bulunduğu yerler özellikle tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümler neticesinde elde edilen verilerin ulusal ve uluslararası limit değerlerin altında olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda elektromanyetik kirliliğe karşı alınabilecek bireysel ve kamu tedbirlerinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik alan, Elektromanyetik dalga, Elektromanyetik kirlilik, Elektromanyetik radyasyon, Baz istasyonları, Narda EMR 300.

ABSTRACT

MS THESIS

**MEASUREMENT AND EVALUATION OF ELECTROMAGNETIC
RADIATION LEVELS IN KONYA**

Derya GÜRĞAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Advisor: Doç. Dr. Levent SEYFİ

2019, 56 Pages

**Jury
Assoc.Prof.Dr. Levent SEYFİ
Prof.Dr. Ercan YALDIZ
Asst.Prof.Dr. M.Fahri ÜNLERŞEN**

Technology offers new services, new devices that are developing day by day and makes people's lives easier. However, base stations, power transmission lines, mobile phones or any electrical device can emit electromagnetic waves continuously and cause electromagnetic pollution.

Electromagnetic pollution cannot be detected by sensory organs. Therefore, it cannot be easily noticed by living beings. For this reason, it is important to investigate the effects that may occur in short or long term on living beings.

In this study, electromagnetic radiation levels were measured in some regions of Konya in order to create a scientific resource and the measurements were examined in the light of national and international limit values. Measurements are given in two main headings as closed and open areas. Intensive locations such as shopping malls, hospitals, bus stops were especially preferred in the measurements. It has been observed that the data obtained as a result of the measurements are below the national and international limit values. In this context, individual and public measures that can be taken against electromagnetic fields are mentioned.

Keywords: Electric field, Electromagnetic wave, Electromagnetic pollution, Electromagnetic radiation, Base stations, Narda EMR 300.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmalarında başından sonuna kadar desteğini hiç esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Levent Seyfi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren ve hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan babam Mehmet Gürğan'a ve annem Rahime Gürğan'a teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar yaptığım tüm çalışmalarında desteklerini hiç esirgemeyen ve motivasyonumu yükselten kardeşlerim Hülya Üstün'e ve Adıgüzel Gürğan'a, var olmalarıyla hayatıma neşe katan yeğenlerim Abdülkadir ve Ayça Üstün'e teşekkürlerimi sunarım.

Derya GÜRĞAN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. ELEKTRİK VE MANYETİZMA	9
3.1. Elektrik Alan.....	9
3.2. Manyetik Alan	10
3.2.1 Manyetik maddelerin sınıflandırılması	12
3.3. Elektromanyetik Alan	12
3.3.1. Doğal elektromanyetik alanlar	14
3.3.2. Yapay elektromanyetik alanlar	14
4. ELEKTROMANYETİK RADYASYON.....	16
4.1. İyonlaştırıcı Radyasyon.....	16
4.2. İyonlaştırmayan Radyasyon.....	18
4.2.1. Elektromanyetik alanın faydalı kullanımı.....	18
4.2.2. Elektromanyetik alanların zararları	19
4.2.3 GSM sistemindeki baz istasyonları.....	20
5. STANDARTLAR VE LİMİT DEĞERLERİ	23
5.1. Uluslararası Standartlar ve Limit Değerleri	23
5.2. Ulusal Standartlar ve Limit Değerler	26
6. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
6.1. Ölçüm Cihazı	30
6.2. Ölçüm Metodu	31
6.3. Çalışma Alanı	32
7. ÖLÇÜM SONUÇLARI	33
7.1. Kapalı Alanlarda Yapılan Ölçümler	33
7.1.1. Alışveriş merkezlerinde yapılan ölçümler	33
7.1.2. Yakınında baz istasyonu olan bir apartman dairesinde yapılan ölçüm.....	37
7.1.3. Konya merkezde bulunan bir devlet hastanesinde yapılan ölçümler.....	38
7.2. Açık Alanlarda Yapılan Ölçümler	41
7.2.1. Alaaddin tepesinde yapılan ölçümler.....	41

7.2.2. Mobil baz istasyonları etrafında yapılan ölçümler	43
7.2.3. Kamufle edilmiş baz istasyonları etrafında yapılan ölçümler	45
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
8.1. Sonuçlar	48
8.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR	53



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

E	Elektrik alan şiddeti (V/m)
H	Manyetik alan şiddeti (A/m)
B	Manyetik akı yoğunluğu (Wb/m ²)
f	Frekans (Hz)
S	Güç yoğunluğu (W/m ²)

Kısaltmalar

Açıklama

RF	Radyo frekans
EM	Elektromanyetik
EMI	Elektromanyetik girişim
EMC	Elektromanyetik uyumluluk
SAR	Özgül soğurma oranı (W/kg)
AVRG	Ortalama
EMR	Elektromanyetik radyasyon
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
ELF	Çok düşük frekans
ICNIRP	Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
FCC	Federal Komünikasyon Komisyonu
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi
EN	Avrupa normu

1. GİRİŞ

Günümüzde insanların çoğu teknoloji ile yakından ilgilenmektedir. Son yıllarda akıllı telefonların çok yoğun bir şekilde kullanılıyor olması ve buna bağlı olarak baz istasyonlarının sayısının artıyor olması bunun en önemli ispatıdır. Bu hususta örnekler sadece haberleşme alanıyla sınırlı değildir. Yaşam konforunu artıran ve evde gündelik amaçlarla kullanılan (televizyon, bilgisayar, süpürge, mikrodalga fırın, saç kurutma makinesi vb.) birçok elektrikli alet, hastanelerde tıbbi uygulamalarda kullanılan cihazlar, alışveriş merkezlerinde bulunan spotlar, reklam panoları insanların gelişen teknoloji içinde yer aldığını ve bu cihazların insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası haline geldiğini gösteren güzel birer örnektir. Ancak bu cihazlar yaşamımızı kolaylaştırmasının yanında bazı yan etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu yan etkilerinden en önemlisi elektrikli/elektronik cihazların yaydığı elektromanyetik radyasyondur.

Elektromanyetik radyasyon (elektromanyetik dalgalar), elektrik alanının ve manyetik alanının vektörel olarak birbirlerine göre 90° (dik) açıyla beraber zamanla değişim göstermesi neticesinde oluşur. Bu dalgalar maddeye veya insan da dahil olmak üzere tüm canlılara nüfuz edebilir. Elektromanyetik radyasyonu iki grupta incelemek daha doğru olacaktır. Bunlar iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyondur. İyonlaştırıcı radyasyon dalga boyu küçük fakat enerjisi yüksek dalgaların moleküllere çarpmasıyla atomik bağları kırması şeklinde tanımlanır. Atomik bağları kırılan molekülün yapısı yani yaşamsal işlevleri bozulur. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon ise atomik bağlarını koparmaya yeterli olabilecek enerjiyi taşımayan yüksek dalga boylu dalgalar tarafından oluşturulur. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonda moleküllerin kimyasal yapısı bozulmamakta fakat canlı hücrelerinde ısınma ve dokularda elektrik akımı indüklenmesine sebep olabilmektedir.

Yaşanılan ortamda doğal olarak bulunan radyasyonların yanında yüksek gerilim hatları, Wi-Fi sistemleri, radyo, televizyon, bilgisayar, akıllı telefon gibi daha birçok elektrikle çalışan cihaz etrafına elektromanyetik radyasyon yayabilmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle insanoğlunun maruz kaldığı elektromanyetik radyasyon seviyelerinin değiştiği hatta giderek arttığı söylenebilir. Son yıllarda özellikle cep telefonlarının kullanımındaki hızlı artış doğal olarak ilave baz istasyonlarının tasarlanmasını ve uygulanmasını söz konusu kılmaktadır. Yaşanılan çevre dikkatli

incelediğinde apartmanların çatılarında ve yan yüzeylerinde, okulların ve hastane bahçelerinde bile baz istasyonu kurulduğu gözlemlenebilir.

Günümüzde artan elektromanyetik radyasyon seviyesinin insan sinir yapısına etkileşimde bulunabileceğinden endişe edilmektedir. İnsan, hücrelerin sinir ağlarıyla haberleştiği bir karmaşık yapıya sahiptir. Bu sinirsel iletişim mikro Volt seviyesinde gerilim ile insan vücudunun kontrolüne olanak sağlar. Bu karmaşık sistem üzerinde dış müdahale nedeniyle gerilimler oluşması durumunda yapısal bozukluklara sebep olabilir. Ancak radyasyonun sağlık üzerindeki etkilerinin uzun yıllar sonra görülmesi zamanında alınması gereken tedbirleri ertelemekte ve bu etkilerin zaman zaman göz ardı edilmesine sebep olmaktadır.

Elektromanyetik radyasyonun sürekli yaşanılan çevrede var olması elektromanyetik kirlilik gibi yeni bir kavramı meydana getirmiştir. İnsanlar hava kirliliği, çevre kirliliği veya gürültü kirliliği gibi kavramları fiziksel olarak algılayabilirler ancak elektromanyetik kirlilik bunlardan farklıdır ve fiziksel olarak algılanamaz. Elektromanyetik radyasyonun fiziksel olarak algılanmaması ve sağlık üzerindeki etkilerinin görülmesinin zaman almasından dolayı insanoğlu elektromanyetik kirliliği tanımakta gecikse de günümüzde bu kirliliğe karşı da hassasiyet artmaktadır (Keysan, 2015).

İnsanlar artık evlerinin yakınlarına kurulan baz istasyonlarına karşı tepki göstermekte ve bu durum yazılı ve görsel basına yansımaktadır. Hatta radyasyona karşı hassasiyet gösteren çoğu insan telefon konuşmalarında kulaklık kullanmakta veya gece uyurken telefonu uçak moduna almaktadır.

Son zamanlarda elektromanyetik kirliliği belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar da artarak devam etmektedir. Bazı çalışmalarda dönem dönem ya da sürekli ölçümler yapılmaktadır. Elde edilen ölçüm verileri ulusal/uluslararası limit değerler ile kıyaslanarak değerlendirilmektedir. Limit değerlerin altında elde edilen ölçüm değerlerinin insanlara zararlı etkisinin olmayacağı düşünülmektedir. Fakat limit değerler belirlenirken insan vücudunun sıcaklığını 1°C artırabilen elektromanyetik radyasyonun zarar verebileceği buna karşın 0.1°C'lik artışın etkisiz değerlendirilmesi söz konusu olmuştur (Ahlbom ve ark., 1998). Böylece elektromanyetik radyasyonun insan vücudu üzerindeki ısı etkileşimi dikkate alınmakta bunun dışında meydana gelebilecek oluşumlar göz ardı edilmektedir.

Elektromanyetik radyasyonun etkilerinin yaşlı insanlar, çocuklar, gençler ve hamileler üzerinde daha fazla oluşacağı düşünülmekte olduğundan elektromanyetik

radasyon seviyelerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi, insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması ve bu konu ile alakalı insanların bilinçlendirilmesi gelecek nesillerimiz adına önem kazanmaktadır (Çerezci ve ark., 2012).

Bu çalışmada Konya ilinde bazı bölgelerde elektromanyetik radasyon seviyelerinin ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının yürürlükteki ulusal ve uluslararası limit değerler ışığında incelenmesi hedeflenmiştir.

Ölçümler kapalı ve açık alanlar olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Kapalı alanlarda yapılan ölçümler Konya ili merkezinde bulunan ve insan yoğunluğu fazla olan iki alışveriş merkezi ve bir hastanede yapılmıştır. Açık alanlarda yapılan ölçümler ise yine merkezde insan yoğunluğunun çok olduğu Alaaddin tepesinde, iki adet mobil baz istasyonu etrafında ve Selçuk Üniversitesi kampüsünde bulunan içerisine baz istasyonu gizlenen üç saat kulesi etrafında yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gündelik hayatta kullandığımız her bir elektrikli cihazın aynı zamanda elektromanyetik radyasyon kaynağı olması gerçeğinden hareketle insanoğlunun maruz kaldığı elektromanyetik radyasyon seviyelerinin her geçen gün arttığı söylenebilir. Elektromanyetik kirlilikten en çok çocuklar, gençler, hamileler ve yaşlıların etkilendiği bilinmektedir (Çerezci ve ark., 2012). Bu sebeple elektromanyetik radyasyon seviyelerinin düzenli olarak ölçülmesi, değerlendirilmesi ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması önem kazanmaktadır. Dünya genelinde bu alanda birçok çalışma yapılmış olup halen devam eden birçok çalışma da bulunmaktadır.

Dilek (2014) tarafından yapılan çalışmada; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki elektromanyetik kirlilik incelenmiştir. Bu çalışmada, günün farklı saat dilimlerinde, 21 konumda elektromanyetik radyasyon seviyeleri ölçülmüştür. Ölçüm cihazı olarak izotropik anteni ile SRM 3006 kullanılmıştır. Bu cihaz 400 MHz ile 6 GHz frekansları arasında çalışabilen bir spektrum analizördür. Elde edilen ölçüm değerleri, ICNIRP ve Bilgi Teknolojileri Kurumunun belirlediği değerler ile kıyaslanmış ve değerlerin düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, ölçülen güç yoğunluğu değerleri ile yoğun elektromanyetik kirlilik bölgelerini belirlemek amacıyla bir harita oluşturulmuştur. Bu şekilde, elektromanyetik kirlilik seviyesinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu kampüs bölgeleri tespit edilmiştir.

Özdiç Polat (2011) tarafından yapılan çalışmada, günlük hayatta maruziyetinden sakınılamayan farklı frekanslarda çalışan elektronik cihazlardan meydana gelen elektromanyetik radyasyonun kas yapısı ile etkileşimini araştırmak amacıyla kas eşdeğer modelleri gerçekleştirilmiştir. Günümüzde elektromanyetik alan yayan cihazların kullanımının giderek yaygınlaşması maruz kalınan frekans ve güç seviyelerinin çeşitliliğini artırmaktadır. Elektromanyetik dalgalar farklı güçlerde ve farklı frekanslarda, insan vücudunda değişik etkilerde bulunmaktadır. Bu etkiler vücutta dokuları ısıtmakta veya kimyasal yoldan değişimlere yol açabilmektedir. Bu çalışmada, GSM frekanslarındaki telefonların, 2.45 GHz frekansında çalışan kablosuz haberleşme araçlarının ve 27.12 MHz frekansındaki tıbbi fizyoterapi tedavi cihazlarının (kısa dalga diatermi) insanların kas yapısı üzerindeki etkileşimini ortaya koymak amacıyla modeller oluşturulmuştur. Çalışmada kas yapısının elektriksel özellik değerleri kullanılarak oluşturulan bilgisayar simülasyonlarında özgül soğurma oranı (SAR) ve elektrik alan değerleri belirlenmiş ve ayrıca farklı frekanslar için doku eşdeğer sınırları ile oluşturulan

fantom modelin maruz kaldığı elektromanyetik radyasyon seviyeleri nedeniyle yaşadığı sıcaklık değişimi tespit edilmiştir.

İnce (2007) tarafından yapılan çalışmada, özellikle Ankara'da radyo/televizyon vericileri ve baz istasyonu bulunduran alanlarda 100 kHz - 3 GHz aralığında ölçüm yapan EMR 300 radyasyon metre ile elektromanyetik alan seviyeleri ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm sonuçları radyo/televizyon vericilerinin konumlandırıldığı alanlarda diğer yaşam bölgelerine kıyasla daha yüksek elektromanyetik alan değerlerinin oluştuğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bu alanda çok sayıda insan bulunmasından dolayı bu çalışmada elektromanyetik kirlilik konusunun anlaşılması için ilave bir çaba sarf edilmiş ve alınması gereken tedbirler anlatılmıştır.

İlhan (2008) tarafından yapılan çalışmada, bir hastanede elektromanyetik kirlilik dağılımı haritalanarak bu alanda çalışan personelin sağlık durumu incelenmeye çalışılmıştır. Çalışma Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesinde gerçekleştirilmiştir. Elektromanyetik kirliliğin belirlenmesi için bütün binada ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada radyasyon oluşturabilecek cihazlar ile aynı mekanda bulunan 124 kişinin 121'ine ve buna ilave olarak bir de aynı kurumda farklı bölümlerde çalışan personelden 124 kişilik gruba da oluşturulan anketin soruları sorulmuştur. Binanın elektromanyetik alan seviyeleri bakımından haritalanması için, bina katlarında en uzun koridorun başlangıç, son ve orta bölümlerinde ölçümler elde edilmiştir. Ölçümler esnasında cihaz ile yer arasında 1.5 m mesafe sabit tutulmuş ve ölçülen değerlerin ortalaması hesaplanarak, ilgili kattaki elektromanyetik alan seviyesi tespit edilmiştir. Binanın 5 katında farklı iki blok bulunduğu için burada ayrı ayrı ölçümler gerçekleştirilmiştir

Sarıkahya (2014) tarafından yapılan çalışmada elektromanyetik alanın tanıtımı, kaynakları, insan sağlığına etkileri, ulusal/uluslararası limit değerleri ve elektromanyetik alanın olası etkilerinden korunma tekniklerinden bahsedilmiştir. İlk olarak geniş kullanıma sahip olan cep telefonu, mikrodalga fırın, telsiz telefon ve kablosuz internetin sırasıyla 0.01, 0.1, 0.3 ve 1m mesafelerde oluşturduğu elektromanyetik radyasyon seviyeleri ölçülerek ulusal limit değerler ile kıyaslanmıştır. Ardından Ankara ilinde belirlenmiş bir okulda elektromanyetik radyasyon seviyeleri ölçülmüş ve yine ulusal limit değerler ile karşılaştırılmıştır.

Kurnaz ve Korunur Engiz (2016) tarafından yapılan çalışmada, Samsun'da bulunan bir alışveriş merkezinde (AVM) 100kHz-3GHz frekans bandında farklı zaman aralıklarında elektromanyetik radyasyon seviyeleri ölçülmüştür. Ölçümler AVM'de belirlenen bir pozisyonda bir gün boyunca ve her katta dolaşarak sabah/akşam

saatlerinde alınmıştır. Ölçüm sonuçları incelendiğinde; ulusal limit değerlerin altında olduğu ve temel elektromanyetik radyasyon kaynağının 3G frekans bandını kullanan baz istasyonları olduğu görülmüştür. Yapılan değerlendirmeler neticesinde AVM'nin açık olduğu saatlerde ölçülen elektrik alan şiddetinin (E) kapalı olduğu zamana göre %56 oranında artabildiği belirlenmiştir. Bunun yanında AVM içinde kullanıcı sayısının fazla olduğu akşam saatlerinde ölçülen elektrik alan değerinin sabah saatlerinde ölçülen değerlere oranla % 82 daha fazla olduğu görülmüştür.

Çerezci (2015) tarafından yapılan çalışmada veri madenciliğinin kümeleme tekniği kullanılarak Rize merkezinde bulunan baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik radyasyon ölçüm değerlerinin baz istasyonu yakınlarında bulunan insanlar için maruziyet seviyelerinin analiz ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada 87 noktada yapılan elektromanyetik alan ölçüm değerleri, yaşam alanlarına uzaklıklarına göre GSM frekans bantlarına göre ve sürekli yaşam alanları (kapalı alanlar) ile dış ortamlar için 3 ayrı kümeye göre risk ayrışımı yapılmıştır. Çalışma gerçekleştirilirken K-Means algoritması kullanılmış ve Euclidean Distance, Chebyshev Distance, Edit Distance, Manhattan Distance uzaklık fonksiyonlarından Manhattan seçilerek 3 ayrı kümeleme yapılmıştır.

Genç (2010) tarafından yapılan çalışmada, 3 GHz altındaki frekans aralığında elektromanyetik kirliliğin oluşumuna GSM cihazlarının katkısı araştırılmıştır. Çalışmada pilot bölge olarak, Ankara kent merkezinde EM kirlilik kaynaklarının yoğun olarak bulunduğu bölgeler seçilerek halkın nüfus bakımından kalabalık olduğu bölgelerde ölçüm yapılmıştır. Ayrıca radyo-televizyon vericilerinin ve baz istasyonlarının yoğun olarak bulunduğu Dikmen Çaldağı ve Yenimahalle Şentepe bölgelerinde de EM kirlilik ölçümleri yapılmıştır. Bu bölgelerde 75 MHz– 3 GHz frekans spektrumunda SRM3000 cihazı ve izotropik probu ile elektrik alan şiddeti ölçümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar, ICNIRP'a ait genel alan maruz kalma limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçümlerde elektrik alan şiddeti değeri ve bir GPS yardımıyla ölçülen noktanın koordinat değeri kaydedilmiştir. Bu şekilde elde edilen elektrik alan şiddeti ve koordinat değerleri Ankara kent merkezine ait sayısal harita üzerine bindirilerek ortamın EM kirlilik dağılım haritaları elde edilmiştir.

Duran (2011) tarafından yapılan çalışmada, tekstil malzemelerinin elektromanyetik korumadaki kullanım olanaklarının araştırılması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hammadde, iplik ve kumaş parametrelerinin elektromanyetik ekranlama etkinliği üzerine etkilerinin detaylı olarak incelemesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, bakır ve

gümüş esaslı üç farklı iletken hammadde, üç farklı iplik yapısı, üç iplik numarası kullanılarak iletken iplikler üretilmiş ve bu iplikler atkıda kullanılarak üç değişik atkı sıklığında dokuma kumaşlar üretilmiştir. Kumaşların elektromanyetik koruyuculuk özellikleri: elektrikli ev aletleri, cep telefonları ve bazı medikal cihazlarının dalga yayılım frekanslarını da kapsayan 200 MHz-5.8 GHz frekans aralığında, yankısız oda ölçüm sistemiyle gerçek elektromanyetik dalgalar üretilerek test edilmiş ve test sonuçları analiz edilmiştir.

Güngör (2005) tarafından yapılan çalışmada, Ankara ilinde FM bandında yapılan radyo yayınının radyasyon değerlerinin araştırılması için referans olarak 92.4 MHz frekansı ile yayınlanan Meteor FM radyo kanalının verici anteninden yayılan elektrik alan seviyeleri için EB-200 ve MOBBC cihazları kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen ölçüm verileri, SMS programında kullanılan Epstein-Peterson ve Deygout kırınım modelleriyle kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre Meteor FM verici anteninin oluşturduğu elektromanyetik radyasyonunun harita üzerinde dağılımı yapılmış ve ölçümlerle kırınım modelleri sonuçlarının uzak alan bölgesinde benzer sonuçlar elde ettiği bulunmuştur.

Yaldız ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Üniversite kampüsü içerisinde elektromanyetik radyasyon haritasının oluşturulması ve temiz güzergah tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada Narda EMR-300 elektromanyetik radyasyon ölçüm cihazı ile 111 farklı noktada ortalama değer modunda ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılan her noktanın koordinat bilgileri GPS cihazı kullanılarak alınmış ve elde edilen ölçüm sonuçları harita haline getirilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen EM ışıma değerleri ICNIRP tarafından belirlenen limit değerleri geçmediği gözlenmiştir. Kirlilik haritasından yararlanılarak ve iki komşu yol kıyaslanarak kampüs içine girip çıkması gereken bir kişinin radyasyondan en az etkilenecek şekilde kampüse girip çıkacağı bir güzergah önerilmiştir.

Özgür Polat (2013) tarafından yapılan çalışmada, Karaman İli Merkez ilçesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi ve Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi'nde elektromanyetik alan ölçümü yapılarak yerleşkenin kirlilik haritası çıkarılmıştır. Elektromanyetik alan ölçümü 100 KHz ile 3 GHz frekans aralığında yapılmıştır. Ölçümler Drive Test yöntemi ile yapılmıştır. Alınan ölçüm değerleri kullanılarak iki boyutlu ve üç boyutlu tematik haritalar oluşturulmuş ve anlatımı kolaylaştırmak için haritalar renklendirilmiş ve isimlendirilmiştir. Ölçüm

değerlerinin ulusal ve uluslararası limit değerleri aşmadığı da çalışmada tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışma da Karadağ ve ark. (2014) tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmada, Üniversite kampüsü içerisindeki baz istasyonu ve başka kaynakların oluşturduğu elektromanyetik alan radyasyonunun dönemlik ve uzun zaman dilimli ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kampüs içinde frekans değerine bağlı olarak elektromanyetik alan radyasyon haritası oluşturulmuştur. Çalışmada, dönemlik değişimlerin gözlenmesi hedeflenmiştir. 2011-2013 yılları arasında dönemlik ölçümler yapılmıştır. 2013 Haziranında üniversite kampüsünde devamlı ölçüm yapan iki adet elektromanyetik alan ölçüm istasyonu kullanarak günün saatlerinin elektromanyetik alan değerlerine etkisini araştırmışlardır. İstasyonlardan biri GSM ve UMTS bandında ölçüm yaparken, diğeri 100 kHz-8 GHz frekans bandında ölçüm gerçekleştirmiştir. Ölçümler, 7/24 devamlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sayede günün herhangi bir saatindeki elektrik alan değişimi ortaya konabilmiştir. 2011-2013 aralığında gerçekleştirilen dönemlik ölçümlerde üniversitenin kampüsündeki maksimum elektrik alan şiddeti seviyesi % 148, minimum elektrik alan şiddeti seviyesi ise % 55 değiştiği gözlenmiştir.

3. ELEKTRİK VE MANYETİZMA

3.1. Elektrik Alan

Elektrik alan bir birim elektrik yüküne etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Elektrik yükleri birbirlerine kuvvet uygularlar. Zıt işaretli yükler birbirini çekerken, aynı işaretli yükler ise birbirini iterler. Elektrik alan vektörel bir büyüklük olduğu için yönü ve büyüklüğü söz konusudur.

Elektrik alanın değeri, ilgili konuma yerleştirilecek 1 C yük üzerinden hesaplanabilir. Elektrik alanın yönü ise yüke etki edecek kuvvetin yönü ile aynıdır. Dolayısıyla elektrik alanın birimi Newton/Coulomb olarak tanımlanabilir.

Herhangi bir yük üzerine etkiyen elektrik alanın büyüklüğü bulunurken Denklem 3.1'den yararlanılır.

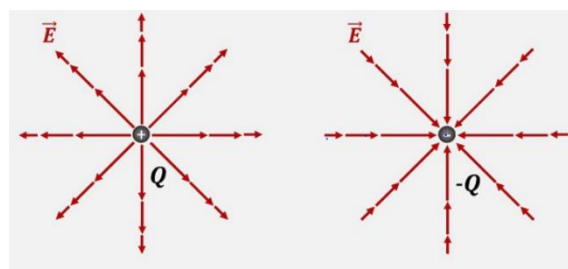
$$E = \frac{F}{q} \quad (3.1)$$

Eşitlikte q parçacığın yükünü, F parçacığa etki eden kuvveti, E ise parçacığın bulunduğu noktadaki elektrik alanı ifade eder.

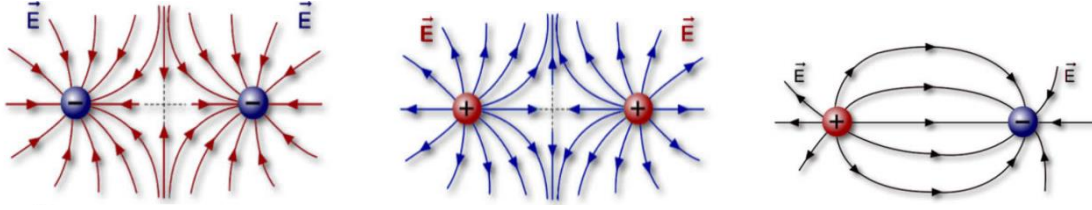
Elektrik yükleri, yük miktarı ile doğru orantılı olarak etrafında elektrik alan oluşturur. Yani, elektrik alanın kaynağı elektrik yükleridir. Dolayısıyla elektrikli bir cihaz çalışmıyorsa bile prize takılı olduğu sürece elektrik alan oluşturur.

Elektrik alan şiddetinin birimi V/m 'dir. Bu ifadeden elektrik alan şiddetinin, elektrik alan kaynağına olan mesafeyle ters orantılı olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle, elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalacaktır.

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'den de görüldüğü üzere elektrik alan çizgilerinin yönü daima (+) yüklerden (-) yüklere doğrudur ve bu çizgiler asla birbirini kesmez. Elektrik alan çizgileri yük yüzeyine dik olacak şekilde dağılım gösterir.



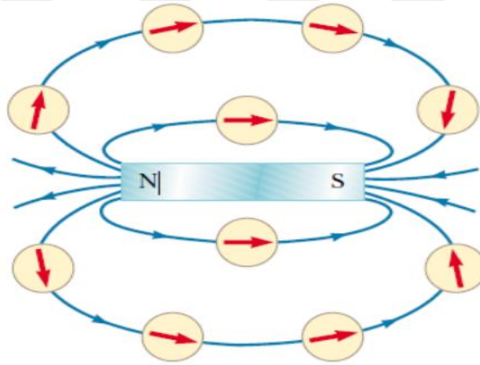
Şekil 3.1. (+) ve (-) yüklü cisimlerde elektrik alan çizgilerinin yönleri



Şekil 3.2. Birden çok yük olması durumunda elektrik alan çizgilerinin yönleri

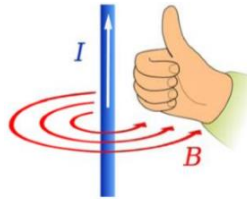
3.2. Manyetik Alan

Elektrik akımı taşıyan bir iletken tel, etrafında vektörel bir büyüklük olan manyetik alanı oluşturur. Dolayısıyla hareket eden elektrik yüklerinin de manyetik alan oluşturacağı söylenebilir. Ayrıca zamanla değişen elektrik alanın varlığı da zamanla değişen bir manyetik alan oluşturur. Bir diğer manyetik alan kaynağı ise mıknatıslardır. Şekil 3.3’de görüldüğü gibi mıknatısın dışındaki manyetik alan dağılımı N kutbundan çıkıp S kutbuna girecek şekilde yönelmektedir.



Şekil 3.3. Manyetik alan çizgileri

Hareketli elektrik yüklerinin yani akım taşıyan bir iletkenin çevresinde oluşan manyetik alanın yönü ise Şekil 3.4’de görüldüğü üzere sağ-el kuralıyla saptanır.



Şekil 3.4. Manyetik alan vektörünün yönünün belirlenmesi için sağ-el kuralının kullanımı

B harfi ile temsil edilen manyetik akı yoğunluğu Tesla (T) veya Gauss (G) birimiyle kullanılmaktadır. Tesla birimi çok büyük bir değere karşılık geldiğinden ölçülen veya hesaplanan değerler genelde mT olarak ifade edilirler. 1 Tesla, 10^4 Gauss'a eşittir.

Uzayın herhangi bir noktasında duran bir q yüküne bir elektrik kuvveti etkiyorsa bu noktadaki elektrik alan vektörü $E = F/q$ ile tanımlanmaktaydı. Benzer şekilde eğer q yükü v hızıyla hareket ediyorsa; B manyetik akı yoğunluğu tarafından bu hareketli yüke F_B ile ifade edilen bir manyetik kuvvet etki etmektedir. F_B kuvveti Denklem 3.2'de verilmiştir.

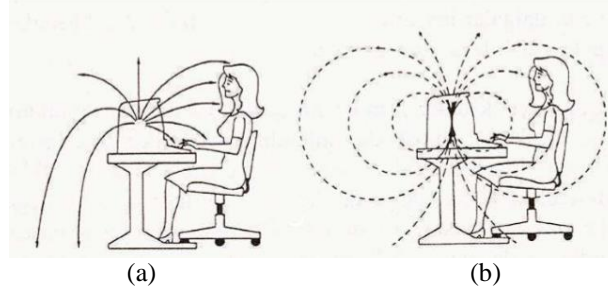
$$F_B = q(v \times B) \quad (3.2)$$

Denklem 3.2'den de anlaşılacağı üzere, parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü, parçacığın v hızıyla ve q yüküyle doğru orantılıdır. Elektrik alanda olduğu gibi manyetik alanda da şiddet miktarı kaynağa olan mesafe ile ters orantılıdır. Yani manyetik alan kaynağına olan mesafe arttıkça manyetik alan şiddeti azalır.

Tablo 3.1. Elektrik alan şiddeti (E) ile Manyetik akı yoğunluğunun (B) değerlendirilmesi (Sarıkahya, 2014)

Elektrik Alan (E)	Manyetik Akı Yoğunluğu (B)
1- Gerilimle doğru orantılı bir büyüklüktür.	1- Akım ile doğru orantılıdır.
2- V/m birimindedir.	2- Tesla birimindedir
3- Bir cihaz çalışmıyorken dahi elektrik alan oluşturur.	3- Ortamda elektrik akımı yokken (yani bir elektrikli cihaz çalışmıyorken) manyetik akı yoğunluğu oluşmaz.
4-Yüke olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olacak şekilde değişim gösterir.	4- Akım akan iletkene olan mesafe ile ters orantılı olacak şekilde değişim gösterir
5-Bina yapımında kullanılan malzemelerin çoğu elektrik alanı şiddetini azaltıcı etki gösterir.	5-Manyetik akı yoğunluğunun zayıflamasına neden olabilen malzemeler kısıtlıdır.
6- Duvar gibi yapılarda zayıfladığı gibi insan derisi üzerinde bile zayıflamaktadır.	6-Manyetik akı yoğunluğu, bazı özel ortamlar haricinde zayıflama göstermez.
7- İnsan bedeni üzerinde (yani deri yüzeyinde) zayıf akım oluşumuna sebep olur.	7-Zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu Şekil 3.5'te görüleceği üzere insan vücuduna tesir ederek iç organlarında dahi zayıf akımın oluşumuna sebep olabilir.

Bir bilgisayar monitörünün oluşturduğu elektrik alan ve manyetik alan çizgileri Şekil 3.5’de görülebilmektedir.



Şekil 3.5. Bilgisayar monitöründen yayılan (a) elektrik ve (b) manyetik alanların dağılımı

3.2.1 Manyetik maddelerin sınıflandırılması

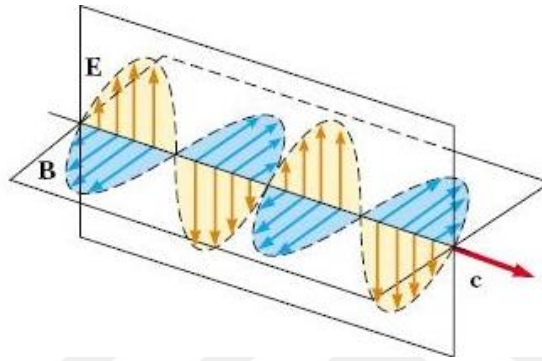
Henry ve Faraday tarafından yapılan araştırmalar sonucunda; farklı maddelerin sahip oldukları özelliklere göre manyetik alana farklı tepkiler verdiği ve bu farklı tepkilere göre de aralarında bir etkileşimin olduğu gözlemlenmiştir. Göstermiş oldukları bu tepkiye göre maddeler üç sınıfa ayrılmıştır.

- 1- **Diamanyetik:** Bağıl manyetik geçirgenliği (μ_r) birden biraz küçüktür. Manyetik alandan düşük oranda etkilenirler. Bakır, altın, gümüş, su, magnezyu bu gruba dahil olan elementler olarak sıralanabilirler.
- 2- **Paramanyetik:** Bağıl manyetik geçirgenliği birdir. Hava ve alüminyum bu gruba dahildir.
- 3- **Ferromanyetik:** Bağıl manyetik geçirgenliği $\mu_r \gg 1$ olan ve manyetik alandan yoğun olarak etkilenen maddelerde söz konusu olur. Nikel, demir, kobalt ve bunların birbirleri ile alaşımlarından oluşan maddeler bu gruptadır.

3.3. Elektromanyetik Alan

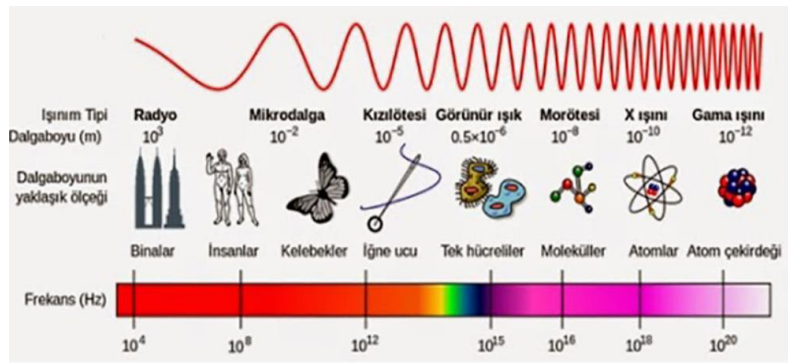
Elektrik yüklü bulutların bir araya gelmesiyle oluşan yıldırım düşmesi sonucunda pusulanın ibresinde bir sapma fark edilir. Çünkü elektrik ve manyetik alan birbiriyle ilişkilidir. Bir ortamda elektrik alan değerindeki değişiklik manyetik alanda da değişime neden olur. Benzer şekilde manyetik alan değerindeki bir değişiklik

de elektrik alan değerinde değişim olmasına sebep olur. Elektromanyetik alan; belirli bir frekansta salınan elektrik ve manyetik alanın sürekli olarak birbirini oluşturması neticesinde ortaya çıkar ve bir su dalgasının ilerleyişi gibi uzayda ilerlediğinden elektromanyetik dalga da denilmektedir. Elektromanyetik dalgalar üç boyutludur. Şekil 3.6'da görüleceği üzere elektrik alan ve manyetik alan iki boyutu, yayılma doğrultusu ise nc boyutu oluşturur. Elektrik alan ve manyetik alan birbirine dik olmakta, yayılma yönü de bu ikisine dik olmaktadır. Ayrıca elektromanyetik dalgalar uzay boşluğunda ve hava ortamında c ile gösterilen ışık hızıyla (3×10^8 m/s) yayılır.



Şekil 3.6. Elektromanyetik dalganın yayılımı ile elektrik alan Şiddeti ve manyetik akı yoğunluğunun yönlerinin gösterimi

Farklı frekanslardaki tüm elektromanyetik dalgaları bir tabloda ifade eden elektromanyetik spektrum Şekil 3.7'de verilmiştir. Őekilden de anlaşılacağı üzere elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik spektrumda frekanslarına (yani dalga boylarına) göre sıralanmıştır. Elektromanyetik spektrumun sağ tarafında büyük enerji sahibi ve yüksek frekans değerli olan gama ışını bulunuyorken sol tarafında ise küçük enerji sahibi ve düşük frekans değerli olan radyo dalgaları bulunur.



Şekil 3.7. Elektromanyetik spektrum

Denklem 1.3'te λ elektromanyetik dalganın dalga boyunu, v hızını ve f dalganın frekansını ifade etmektedir. Dalga ilerlerken farklı ortamlara girmesi durumunda frekansı değişmemekle beraber hızı ve dalga boyu orantılı olarak değişir.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1.3)$$

Yayıma ortamı sabit iken elektromanyetik dalganın yayılma hızı sabit olduğundan, dalga boyu ve frekans ters orantılı olarak değer alacaklardır. Yani verici sisteminde elektromanyetik dalganın frekansı artırıldıkça elektromanyetik dalganın dalga boyu azalacaktır.

3.3.1. Doğal elektromanyetik alanlar

İnsanların herhangi bir etkisi olmadan doğada halihazırda var olan elektromanyetik alanlar doğal elektromanyetik alan olarak tanımlanır.

Pusulanın çalışması dünyanın doğal manyetik alanı sayesinde gerçekleşmektedir. Pusula içerisinde serbest hareket edebilecek şekilde yerleştirilen manyetik iğne dünyanın doğal manyetik alanı sayesinde her zaman aynı yönü gösterir. Yeryüzü kuzeyi ve güneyi ile bir mıknatısın kutupları gibi davranış gösterir. Dünyanın doğal manyetik alanı daima pusula iğnesinin manyetik kuzeye dönmesine neden olur. Fakat yağmurlu havalarda yıldırım düşmesi sonucunda pusula iğnesinin farklı bir yöne sapmasına neden olur ki bu da elektrik ve manyetik alanın birlikte gerçekleşmesiyle doğal bir elektromanyetik alan oluşması nedeniyle gerçekleşmektedir.

Doğada insan yapısı olmayan elektromanyetik kaynaklara özellikle güneş, dünyanın uzağındaki birkaç yıldız ve yıldırım düşüşü örnek olarak verilebilir.

3.3.2. Yapay elektromanyetik alanlar

İnsanların geliştirdiği sistemler neticesinde oluşan elektromanyetik alanlara yapay elektromanyetik alanlar denir.

Yapay elektromanyetik alan RF sinyalleri üzerinden çalışan haberleşme sistemleri ve daha pek çok uygulamalarda karşımıza çıkabilmektedir. Yapay elektromanyetik alan kaynaklarına örnek olarak aşağıdaki liste verilebilir.

- Akım taşıyan elektrik kabloları,
- Televizyon ve bilgisayar ekranları,
- Ev aletleri,
- Mikro dalga fırınlar,
- Televizyon ve radyo verici antenleri,
- Telsiz/kablosuz iletişim cihazları,
- İndüksiyon fırınları ve kaynak makineleri,
- GSM, UMTS ve LTE sistemleri (telefonlar ve baz istasyonları),
- Tanı ve tedavi amaçlı kullanılan bazı tıbbi elektronik cihazlar.

4. ELEKTROMANYETİK RADYASYON

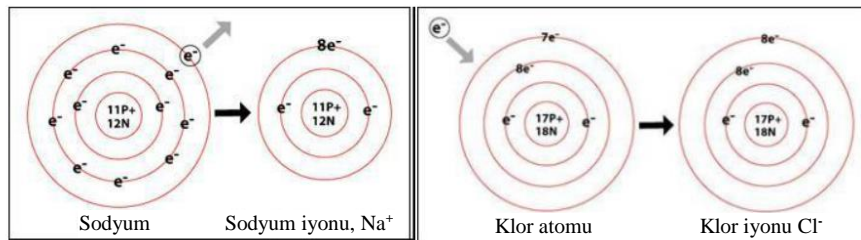
Radyasyon (ışınım), günlük hayatımızın her anında maruz kaldığımız elektromanyetik dalga, parçacık veya foton olarak yayılan bir enerjidir.

Ortamdaki elektromanyetik dalga enerjisini, fotonlar aracılığıyla, farklı miktarlarda canlı üzerine aktarmaktadır. Elektromanyetik alanların canlı varlıklara tesiri, alan şiddetinin gücü ve foton enerjisine bağlı olarak değişmekle beraber frekans bandına ve enerji seviyelerine göre, iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan radyasyon olarak iki gruba ayrılmaktadır (Güler ve ark., 2010).

4.1. İyonlaştıran Radyasyon

Canlı hücrelerini bir arada tutan atomik bağı iyonlaştıran radyasyon kırabilecek miktarda enerjiyi taşıyan radyasyon türüdür.

İyonlaşma, atomun en dış yörüngesinde bulunan elektronun sökülüp ayrılması ile gerçekleşir. En dış yörüngesindeki bir elektronunu kaybeden atom, (+) yüklü bir iyon haline döner. Ya da atomun yörüngesine bir elektronun ilave edilmesiyle de iyon oluşabilir. Bu durumda oluşan iyonlar da (-) yüklü iyon şeklinde isimlendirilir. Şekil 4.1’de (+) ve (-) iyon oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Pozitif ve negatif iyonun gerçekleştirilmesi

İyonlaşma, canlı hücrelerinde zarar oluşturabileceğinden, dolayısıyla DNA’ya da etkileşim göstererek kanser gelişimine sebebiyeti söz konusudur. İyonlaştırıcı radyasyonun türüne ve büyüklüğüne bağlı olarak rahatsızlık oluşturma ihtimali artıp azalabilir. Araştırma, inşaat, tıp, sanayi, ve daha birçok sektörde yoğun bir biçimde kullanılmakta olan iyonlaştıran radyasyon, tedbirsiz kullanılması durumunda sağlık sorunlarına sebebiyet verebilir. Canlı bedeninin yüksek oranda iyonlaştıran radyasyon ile etkileşimi neticesinde cilt üzerinde ciddi yanmalar, çeşitli rahatsızlıklar ve

ölümler, daha küçük dozda iyonlaştıran radyasyon söz konusu ise genetik rahatsızlıklar, tümör ve kanser oluşabilir. 12 eV'dan büyük enerjiye sahip elektromanyetik dalgalar atomu iyonlaştırabilir.

Atomu iyonlaştırabilecek enerjiyi taşıyan radyasyon türleri, alfa ve beta parçacıkları, kozmik ışınlar, gama ve X ışınlarıdır. Bunlara ilaveten, serbest nötronlar da iyonlaştırıcı radyasyon türündedirler. Radyoaktif malzemeler, X ışını tüpleri, parçacık hızlandırıcılar ve çok uzun ömürlü radyoizotoplar da iyonlaştırıcı radyasyon oluştururlar. Radyasyon oluşumunun görülememesi ve duyu organlarıyla fark edilemeyişi nedeniyle bu tür radyasyonların belirlenebilmesi için genellikle Geiger sayıcılar gibi çok özel ölçü aletleri kullanılır.

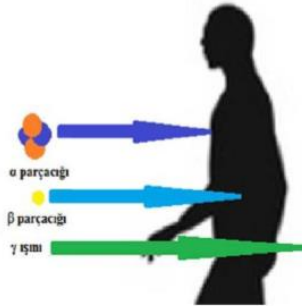
Alfa parçacıkları en az nüfuz edici olan radyasyona sahiptir. İnce bir kağıt parçası tarafından durdurulabilir. Hatta cildimizin üst kısmı bile alfa parçacıklarını durdurmaya yeterli olmaktadır. Vücudumuzun derinlerine nüfuz edemezler. Fakat solunum yoluyla ya da yiyeceklerle vücudumuza alacak olursak zararlı olabilirler.

Beta ışınlarını durdurmak için alüminyum bir tabaka gerekmektedir. Suda veya insan vücudunda 1-2 cm kadar bir derinliğe ulaşabilirler.

Gama ve X-ışınları ise çok nüfuz edicidir ancak kalın kurşun tabakalar yardımıyla durdurmak mümkündür. Gama ışınları tehlikeli bir radyasyon türüdür. İnsan vücudunun çok derinlerine kadar nüfuz edebilir. Hatta vücudumuzun bir tarafından girip diğer tarafından çıkabilirler.

Nötronlar günlük yaşamda çok karşılaşılan bir radyasyon türü değildir. Ancak nötronlarla çalışılan özel tesisler için önem taşımaktadır. Çok nüfuz edicidir ve durdurulması için kalın su ve beton blokları kullanılmaktadır.

Şekil 4.2'de iyonlaştıran radyasyon türünde bulunan alfa, beta parçacıklarının ve gama ışınının insan bedeni ile etkileşim seviyesi görülebilmektedir.



Şekil 4.2. İnsan bedeni üzerinde alfa (α), beta (β) parçacıkları ve gama (γ) ışınının etkileşimi

4.2. İyonlaştırmayan Radyasyon

İyonlaştırmayan radyasyon türünün enerjisi, iyonlaştıran türüne kıyasla oldukça azdır. Bundan dolayı iyonlaştırmayan radyasyonun sahip olduğu enerji atomdan elektron koparmak için yeterli olmaz fakat atomların titreşimsel yapısını etkileyebilir.

İyonlaştırmayan radyasyon canlı hücrelerini değiştiremeye de; kaynağa olan uzaklık, kaynağın gücü ve maruziyet süresi gibi etkenlerle değişmek kaydıyla canlı vücudu üzerinde ısıl etkileşim gösterebilirler. İyonlaştırmayan radyasyon nedeniyle canlılar üzerinde oluşan sağlık sıkıntılılarıyla ilintili araştırmalar hala sürmektedir.

İyonlaştırmayan radyasyon türleri;

- Radyo dalgaları,
- Mikro dalgalar,
- Kızılötesi (infrared),
- Görünür ışık,
- Morötesi (ultraviyole) ışınlarıdır.

4.2.1. Elektromanyetik alanın faydalı kullanımı

Elektromanyetik alanın faydalı kullanımını açıklayacak en güzel örnekler tıp alanındaadır. Elektromanyetik radyasyon aracılığıyla tıbbi tanı ve tedaviler uygulanabilmektedir. Ülkemizde ve diğer pek çok ülkede tıbbi uygulamalara bakıldığında elektromanyetik alanların hastalıkların teşhisi ve tedavisi aşamalarında kaçınılmaz bir hal aldığı görülebilmektedir.

Elektromanyetik alan, özellikle radyoloji bölümünde tanı ve tedavi gayesiyle kullanılır. Radyoloji, insan anatomisini çeşitli yöntemlerle inceleyen, cerrahi işleme gerek kalmadan hastalığın tespiti ile ilgili doktora bilgi sağlayan bir bölümdür.

Radyolojide görüntüleme amaçlı çeşitli tıbbi cihazlar kullanılır. Bunlardan bazıları;

- Röntgen (X ışını): ortopedik ve akciğer rahatsızlıklarında, hastalık teşhisinin en doğru şekilde yapılabilmesi için başvuru olan cihazdır. İncelenen bölgenin iki boyutlu görüntüsünü elde eder.
- Mamografi: Meme hastalıklarının teşhisinde kullanılır. Son dönemlerde 40 yaş üstü kadınlarda tarama amaçlı olarak da tercih edilmektedir.

- Kemik dansitometri: Osteoporozun tespitinde çoğunlukla başvurulur ve kemik yoğunluğunun belirlenmesini sağlar.
- Tomografi: Birçok hastalığın teşhis edilmesinde kullanılır, vücudun kesitsel görüntüsünü elde eder.
- Anjiyografi: Damar hastalıklarının teşhis ve tedavisinde kullanılır.

Elektromanyetik alanın tıpta kullanımı rahatsızlığın olduğu alanın görüntüsünü oluşturabilme ve tümörleri ortadan kaldırabilmesi ilkelerine dayalıdır. Bahsedilen bu imkanları nedeniyle elektromanyetik radyasyon, rahatsızlıkları tanıda ve tedavide etkin bir rol alır. Günümüzde de hala başvurulmuş X ışınları elektromanyetik radyasyonun tıp alanında ilk kullanılan türüdür. Kemik rahatsızlıklarının ve diş çürümelerinin belirlenmesinde X ışınına başvurulmaktadır. Ayrıca bazı radyoaktif maddelerin canlı vücuduna enjekte edilmesi (nükleer tıp) aracılığıyla Gama kamera isimli cihazlarla bazı rahatsızlıklar kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Tedavi amacıyla elektromanyetik alanın kullanımına örnek olarak kanserli hücrelerin radyoterapi aracılığıyla yok edilebilmesi söylenebilir. Radyoterapi genellikle hastanın ilaçla ve cerrahi operasyonlarla tedavisine ilave olarak uygulanan bir tedavi türüdür.

Fizik tedavi bölümünde kullanılan bazı cihazlar da belli miktarlarda radyasyon yaymaktadır. Örneğin kısa dalga diatermi cihazı elektromanyetik alan oluşturarak dokularda ısınmaya neden olur ki buda bir tedavi yöntemidir. Hasta bu yöntemlerle inceleme sırasında bir miktar radyasyona maruz kalır. Ancak bu tetkiklerin faydası alınan radyasyonun zararları yanında çok fazladır.

4.2.2. Elektromanyetik alanların zararları

Teknolojik gelişimin çok hızlı olduğu çağımızda kullanılan elektronik cihazların yaydığı elektromanyetik radyasyona her geçen gün daha fazla maruz kaldığımız açık bir gerçektir. İnsanların elektromanyetik radyasyonun zararlarından korunması sigara ve alkolün zararlarından korunması gibi kendi iradesine bağlı değildir. Özellikle yüksek gerilim hatları ve baz istasyonları gibi bizlerin iradesi dışında kurulan ve kullanıma sunulan bir çok radyasyon oluşturan uygulama söz konusudur. Hatta son dönemlerde cep telefonlarının yaygın olarak kullanılmasıyla abone kapasitesini karşılayabilmek için mahalle içlerinde evlerimizin yakınında bile baz istasyonlarının kurulduğunu

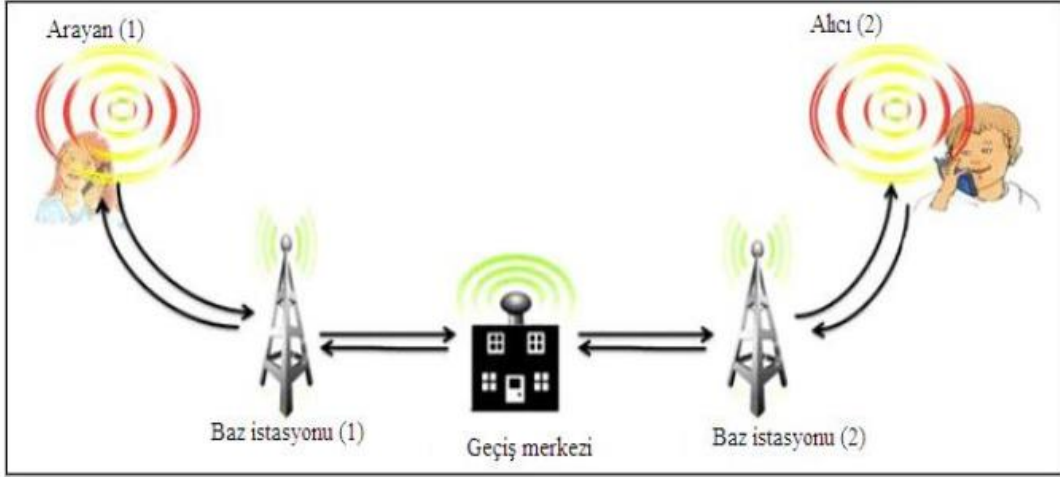
görebiliyoruz. Farklı yoğunlukta ve maruziyet süresinde Elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerindeki etkileri araştıran epidemiyolojik çalışmalar literatürde bulunmakta olduğu gibi hala bu konuda çalışmalara devam edilmektedir (Yağmur ve ark., 2003).

Bilindiği üzere insan vücudu doku ve hücrelerden oluşur. Bu doku ve hücreler arasında elektriksel bir iletişim ve mükemmel bir denge vardır. Elektromanyetik alanların başta sinir sistemi olmak üzere bağışıklık sistemi ve kalp damar sistemi gibi vücudun yaşamsal sistemlerine zarar verebileceği öngörülmüş ve bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ayrıca elektromanyetik radyasyonun tesiriyle sinir sisteminin etkilenmesi neticesinde oluşan stres ve sinirlilik hallerinin, baş ağrısı ve baş dönmesi oluştuğunu rapor eden araştırmalar da literatürde bulunmaktadır (Yıldız, 2009). Cep telefonlarının insan spermi üzerine etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada, elektromanyetik radyasyonun sperm ve dölleme konusunda olumsuz etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir (Türkkan ve Pala, 2009).

Yapılan çoğu çalışmada düşük frekanslı yani iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgalara uzun süre maruz kalındığında doku içerisindeki sıcaklığın arttığı gözlenmiş ve bunun da insan sağlığı açısından olumsuz etkilerinin olabileceğinden bahsedilmiştir. Burada maruz kalma süresi de çok önemlidir. Örneğin normalde güneşli bir ortamda kısa süreli kalmanın vücuda bir zararı olmasa da uzun süre güneş altında durmanın çeşitli zararları vardır. Cep telefonu ile konuşma da bunun gibidir. Kısa süreli konuşup kapattığımızda dokularda ısınma meydana gelmeyebilir ancak uzun süre kulağımızda tutarak konuştuğumuzda başımızdaki dokularda ısınma olacak ve bu bizim için uzun vadede tehlikeli hale gelecektir.

4.2.3 GSM sistemindeki baz istasyonları

Cep telefonu ile konuşan iki kişi arasındaki haberleşme baz istasyonları ile sağlanır. Baz istasyonları üzerinde elektromanyetik dalgaları alan ve gönderen antenler vardır. Her cep telefonu bir verici ile iletişim kurmak zorundadır. Bu vericiler baz istasyonlarıdır. Baz istasyonlarının çalışma prensibi Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



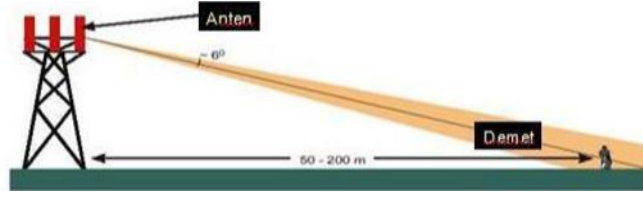
Şekil 4.3. Baz istasyonlarının çalışma prensibi

Baz istasyonları genel olarak 10 - 30 m arası yükseklikteki kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede Şekil 4.4’de görüldüğü gibi 120°’lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur.



Şekil 4.4. Örnek bir baz istasyonu

Her anten düşeyde genel olarak 5-6°’lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzmeye yataydan biraz aşağı yönlendirilerek Şekil 4.5’de gösterildiği gibi kuleye en yakın 50 m’de yere değer.



Şekil 4.5. Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı (Dilek, 2014)

Teknolojinin ilerlemesiyle her geçen gün kullanımı artan cep telefonları abone sayısının artmasına sebebiyet vermekte buna bağlı olarak artan abone sayılarını karşılayabilmek için de GSM baz istasyonlarının sayısı artmaktadır. Artan GSM baz istasyonları ise yerleşim alanları içinde yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebebiyet vermektedir.

2011 yılında Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından 21.04.2011 tarih ve 27912 sayılı resmi gazetede yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” de elektromanyetik kirliliğin insan yaşamındaki etkilerinin en aza indirilmesi için güvenlik mesafesi verilmiştir.

$$d = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot 10^{G/10}}}{E} \quad (4.1)$$

Bu denklemde;

P: Cihaz çıkış gücünü (Watt),

G: Anten kazancını (dBi),

E: Elektrik alan limit değerini (Volt/metre),

d: Güvenlik mesafesini (metre),

ifade eder.

Denklem 4.1 kullanılarak güvenlik mesafesi hesabı yapılmak suretiyle, sabit telekomünikasyon cihaz ve sistemlerinin civarında insanların emniyet ve güvenle sürekli bulunabilecekleri güvenli alanlar belirlenebilmektedir

5. STANDARTLAR VE LİMİT DEĞERLERİ

5.1. Uluslararası Standartlar ve Limit Değerleri

Elektromanyetik radyasyonun insanlar üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmalardan sonra farklı ülkelerde oluşturulan standart ve limit değerlerin yanında, Avrupa ülkelerinin ve bazı dünya ülkelerinin de benimsediği uluslararası standart ve limit değerler oluşturulmuştur.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu) tarafından elde edilen limit değerler dünya genelinde en yüksek oranda kabul gördüğü söylenebilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), ICNIRP'yi resmi olarak tanımaktadır. ICNIRP, bağımsız bir araştırma kurumudur. ICNIRP raporlarında bulunan içerikler araştırma kuruluşları ve üniversitelerin işbirliğiyle, birçok bilim adamı tarafından disiplinler arası bir ekip çalışması ile elde edilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde ulusal limit değerler FCC (Federal Communications Commission – Federal Haberleşme Komisyonu) tarafından belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenmesi aşamasında IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ve ANSI (American National Standards Institute – Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) tarafından oluşturulan standartlar referans alınmıştır. IEEE ve ANSI standartları da tüm dünyada yoğun olarak kabul görmektedir.

ICNIRP limit değerleri belirlenirken, insan vücut sıcaklığını 1 °C artırabilecek elektromanyetik enerjinin zararlı olduğu düşüncesiyle mesleği gereği bu radyasyona maruz kalanlar için limit değer 10 kat güvenli olacak şekilde hesaplanırken, günlük hayatta bu radyasyona kontrolsüz bir şekilde maruz kalabilecekler içinde 50 kat güvenli olacak şekilde hesaplanmıştır.

Elektromanyetik radyasyonun insan üzerindeki etkileri baz alınarak oluşturulmuş limit değerler frekansa göre farklılık gösterir. Örneğin 10 MHz -400 MHz frekans aralığında mesleki maruziyet değerleri için ICNIRP raporunda yer alan limit değer elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve elektromanyetik güç yoğunluğu için sırasıyla 61 V/m; 0.16 A/m ve 10 W/m² olarak değerlendirilmiştir. Bir ortamda elektromanyetik radyasyonun ölçümü yapıp limit değerler ile mukayesesi yapılacaksa

yapılan ölçümlerin 6 dakika boyunca elde edilecek ortalama değer ölçümü olması gerekmektedir (Ahlbom ve ark., 1998).

ICNIRP tarafından hazırlanan raporda elektromanyetik kirliliğin insan sağlığı açısından zararlı olduğu, bu nedenle limit değerlerin belirlenmesinin mecburiyetinden ve öneminden bahsedilmiştir. Bu sebeple halk sağlığı için ve zorunlu maruziyet yani meslek maruziyeti için limit değerler belirlenmiştir. Mesleki maruziyet için hesaplanan değerler Çizelge 5.1’de, halk maruziyeti için hesaplanan değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

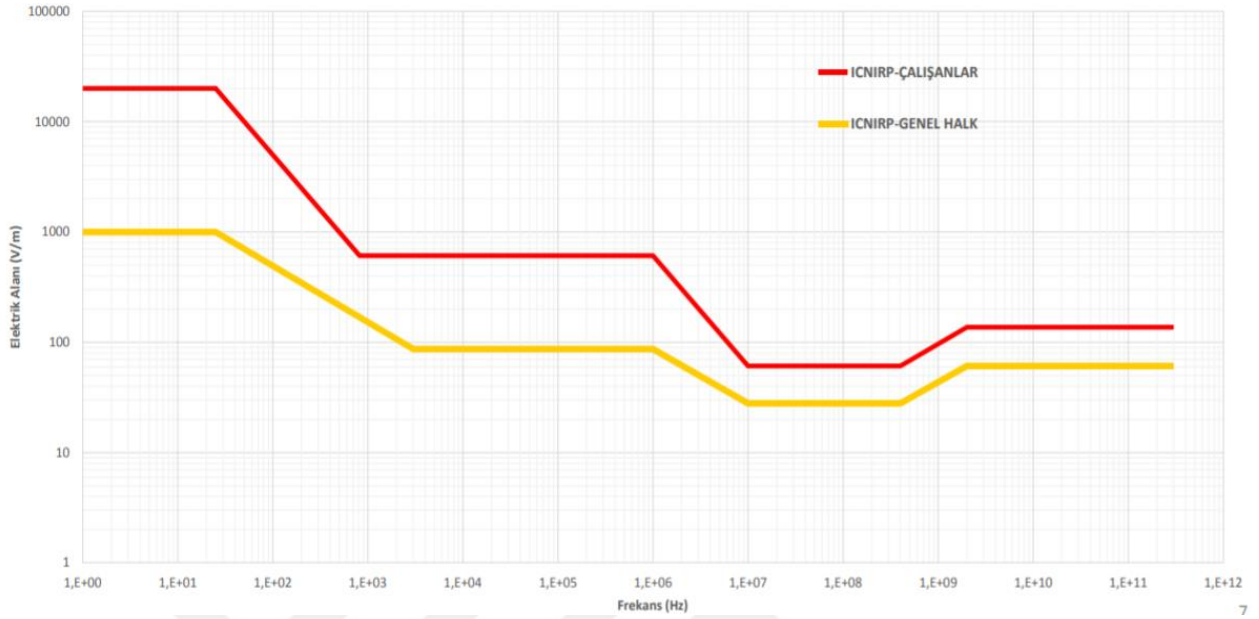
Çizelge 5.1. ICNIRP tarafından mesleki maruziyet için belirlenen elektromanyetik limit değerleri (Ahlbom ve ark., 1998)

Frekans Aralığı	E(V/m)	H(A/m)	B(μ T)	Güç Yoğunluğu (W/m^2)
0-1 Hz	-	1.63×10^5	2×10^5	-
1 Hz- 8 Hz	20 000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	-
8 Hz- 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2.5 \times 10^4 / f$	-
0.025- 0.82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	-
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	$3 \times f^{1/2}$	$0.008 \times f^{1/2}$	$0.01 \times f^{1/2}$	$f/40$
2- 300 GHz	137	0.36	0.45	50

Çizelge 5.2. ICNIRP tarafından halk sağlığı maruziyet için belirlenen elektromanyetik limit değerleri (Ahlbom ve ark., 1998)

Frekans Aralığı	E(V/m)	H(A/m)	B(μ T)	Güç Yoğunluğu (W/m^2)
0-1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1 Hz- 8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8 Hz- 25 Hz	10 000	$4000 / f$	$5000 / f$	-
0.025- 0.8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6.25	-
3 – 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1 - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 – 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Şekil 5.1’de ICNIRP tarafından belirlenen mesleki maruziyet ve halk maruziyeti elektromanyetik limit değerlerinin frekansa göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Mesleki maruziyet (Çalışanlar) ve halk maruziyeti elektromanyetik limit değerlerinin frekansla değişimi (Gülşen, 2015)

ICNIRP, IEEE ve FCC tarafından genel yaşam alanlarında, iletişim sistemlerine yönelik GSM 900 ve 1800 sistemlerinde genel halk için limit değerleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. ICNIRP, IEEE ve FCC tarafından 900-1800 MHz frekanslarında elektromanyetik limit değerleri

900 MHz frekansında limit değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	41.25	-
Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	0.111	-
Güç Yoğunluğu (W/m^2)	4.5	6.0
1800 MHz frekansında limit değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddet (V/m)	58.33	-
Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	0.157	-
Güç Yoğunluğu (W/m^2)	9.0	10.0

Çizelge 5.3’de de görüleceği üzere IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu limit değeri 900 MHz frekansında $6.0W/m^2$, 1800 MHz frekansında $10.0 W/m^2$ dir. Bu limit değerler 30 dakikalık ortalama değer ölçümleriyle kullanılmalıdır. ICINRP limit değerleri ise 6 dakikalık ortalama değer ölçümleri ile kullanılmalıdır.

5.2. Ulusal Standartlar ve Limit Değerler

Dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de insanların sağlığını korumaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların amacı elektromanyetik alanların olası zararlarını önlemek ve maruziyeti söz konusu olan elektromanyetik alan değerlerini kontrol altında tutmaktır.

2010 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 24.07.2010 tarihli ve 27651 sayılı resmi gazetede “İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik” yayımlanmıştır (Anonim, 2010).

Bu yönetmelikle, iyonlaştırmayan elektromanyetik radyasyonun yayılımı sonucu insan sağlığına olası zararlı etkilerin önlenmesine altyapı oluşturacak değerleri belirlemek, bu konuda halkın bilinçlendirilmesine imkan oluşturmak ve sorumlu mercilerin planlaması gerekli önlemleri ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu yönetmelikte 0 Hz - 300 GHz frekans aralığındaki; elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerleri yerleşim alanları için Çizelge 5.4’teki şekliyle verilmiştir.

Çizelge 5.4. Türkiye’de 0-300 GHz frekans bandında limit değerler

Frekans Aralığı f (Hz)	Elektrik Alan Şiddeti $E(V/m)$	Manyetik Alan Şiddeti $H(A/m)$	Manyetik Akı Yoğunluğu $B(\mu T)$	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu $Seq(W/m^2)$
1 Hz’e kadar	-	32 000	40 000	-
1 Hz-8 Hz	10 000	$32\,000/f^2$	$40\,000/f^2$	-
8 Hz-25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	-
0.025 kHz-0.8 kHz	$750/f$	$8/f$	$10/f$	-
0.8 kHz-3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3 kHz-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 MHz-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1 MHz-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10 MHz-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 MHz-2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz-300 GHz	61	0.16	0.20	10

2011 yılında Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından 21.04.2011 tarih ve 27912 sayılı resmi gazetede “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” yayımlanmıştır (Anonim, 2011).

Yayımlanan bu yönetmelikte ortam için ICNIRP tarafından belirlenen limit değerler aynen, tek bir cihaz için ise ICNIRP tarafından belirlenen limit değerinin dörtte biri ($\frac{1}{4}$) limit değer olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.5’te 21.04.2011 tarihli resmi gazetede yayımlanan limit değerler verilmiştir.

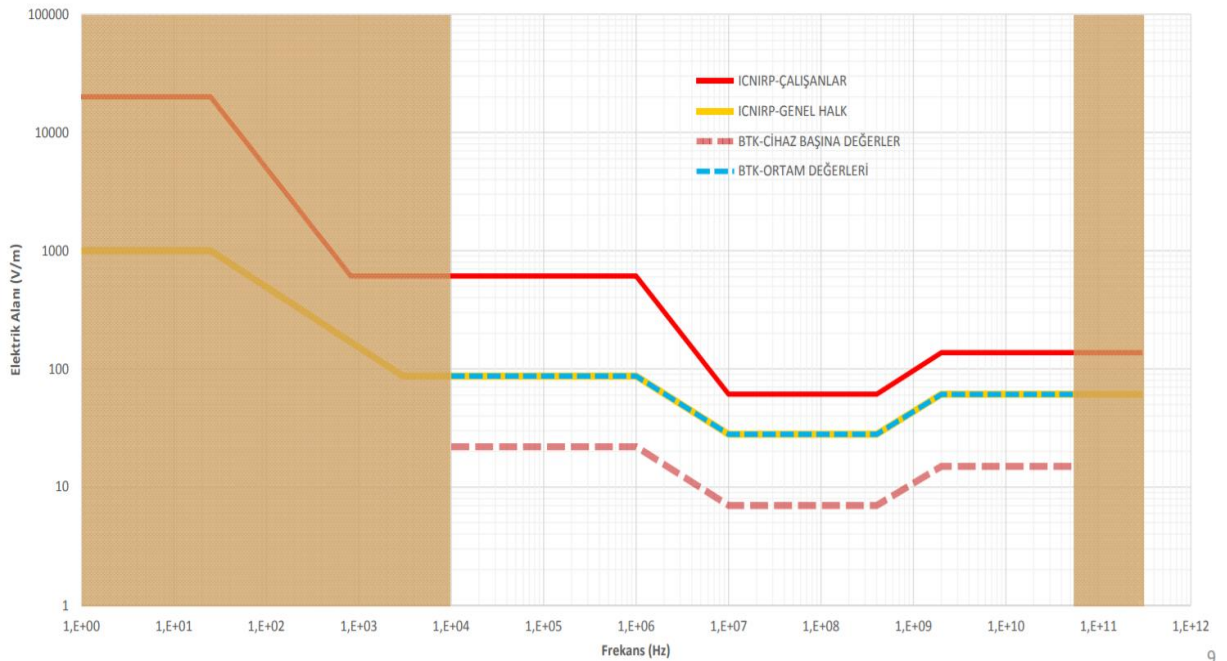
Çizelge 5.5. 21.04.2011 tarih ve 27912 sayılı resmi gazetede yayımlanan limit değerler

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)		H Manyetik Alan Şiddeti (A/m)		B Manyetik Akı Yoğunluğu (μ T)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu	
	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri
0.010-0.15	22	87	1.3	5	1.5	6.25		
0.15-1	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
400-2000	$0.341 \cdot f^{1/2}$	$1.375 \cdot f^{1/2}$	$0.001 \cdot f^{1/2}$	$0.0037 \cdot f^{1/2}$	$0.001 \cdot f^{1/2}$	$0.0046 \cdot f^{1/2}$	$f/3.200$	$f/200$
2000-60000	15	61	0.04	0.16	0.05	0.2	0.625	10

Şekil 5.2’de ICNIRP tarafından mesleki maruziyet (çalışanlar) ve halk maruziyeti limit değerleri, BTK tarafından ortamın ve cihaz başına düşen elektromanyetik limit değerleri birlikte gösterilmiştir.

Ancak 2015 yılında Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından 09.10.2015 tarih ve 29497 sayılı resmi gazete “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” yayımlanarak limit değerler değiştirilmiştir (Anonim, 2015). Yapılan değişiklikle ortam için, Uluslararası İyonlaştırılmayan Radyasyondan Koruma Kurulunun (ICNIRP) belirlediği limit

değerlerin dörtte üçünü (3/4), tek bir cihaz için ise yine ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin dokuzda ikisini (2/9) limit değer olarak belirlemiştir.



Şekil 5.2. ICNIRP ve BTK limit değerlerinin frekansla değişimi (Gülşen, 2015)

Çizelge 5.6'da 09.10.2015 tarihli resmi gazetede yayımlanan limit değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.6. 09.10.2015 tarih ve 29497 sayılı resmi gazetede yayımlanan limit değerleri

Frekans Aralığı (MHz)	E- Alan Şiddeti (V/m)		H- Alan Şiddeti (A/m)	
	Tek Cihaz İçin Limit Değeri	Ortam için Limit Değeri	Tek Cihaz İçin 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	$0.305f^{1/2}$	$1.03f^{1/2}$	$0.00082f^{1/2}$	$0.0027f^{1/2}$
2 000-60 000	13.5	45.75	0.035	0.12

Yürürlükteki son limit değerleri ise 17.04.2018 tarihinde 30394 sayılı resmi gazetede "Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile oluşturulduğu görülmektedir (Anonim, 2018).

Yayımlanan bu yönetmelikte elektrik alan şiddeti değerleri ile ilgili değişiklik olmuştur. GSM sistemlerinde ortamdaki toplam radyasyon için müsaade edilen limit değer ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin %70'ini, aynı konumda bulunan her bir cihaz için ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin %20'sini aşmayacak şekilde limit değerler yenilenmiştir. Çizelge 5.7'de 17.04.2018 tarihli resmi gazetede yayımlanan limit değerler verilmiştir.

Çizelge 5.7. 17.04.2018 tarih ve 30394 sayılı resmi gazete yayımlanan limit değerler

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

Bu bölümde sunulan çizelgeler incelendiğinde ülkemizde ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlere önem verildiği, fakat ihtiyatlı davranılarak daha düşük limit değerlerin uygulandığı görülmektedir. Özellikle son yayımlanan yönetmeliklerle belirli frekans aralığında limit değerlerin aşama aşama düşürüldüğü görülmektedir.

6. MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. Ölçüm Cihazı

Bu tez çalışmasında ölçüm cihazı olarak Narda marka EMR-300 Elektromanyetik Alan Ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Şekil 6.1'de de görüleceği üzere, cihazda 100 kHz-3GHz frekans aralığında ölçüm yapabilecek Type 8C 2244/90.21 prob bulunmaktadır. Bu prob izotropik yani yönden bağımsız olarak ölçümleri gerçekleştirebilecek özelliktedir. Probon ölçüm aralığı 0.6 V/m -800 V/m'dir. Frekans hassasiyeti 100 kHz-100 MHz aralığında ± 0.5 dB, 100 MHz-3 GHz aralığında ise ± 1.4 dB'dir (Anonymous, 2005).

Kullanılan bu prob sayesinde frekans bandı geniş tutularak WLAN, WiFi, bluetooth, radyo, TV, UMTS, GSM ve mikrodalga fırınlar gibi birçok cihazın kullanıldığı frekans bandında ölçüm yapılabilmektedir.



Şekil 6.1. Narda EMR-300 elektromanyetik alan ölçüm cihazı

Cihaz ile anlık değer, maksimum değer ya da ortalama değer modunda ölçüm yapılabilmektedir. Elde edilen ölçüm değerleri cihazın hafızasına kaydedilebilmektedir. Ayrıca gerek duyulduğu takdirde bilgisayara fiber optik kablo aracılığıyla bağlanarak anlık ölçüm değerleri izlenebilmekte ve bilgisayar hafızasına kaydedilebilmektedir. Ulusal veya uluslararası yetkili merciler tarafından belirlenmiş limit değerler ölçümlere başlamadan önce cihaza veri olarak girilebilir ve ölçüm esnasında limit değere

yaklaşıldığında ölçüm yapan kişiyi sesli olarak uyarması sağlanabilir. Gerektiği takdirde kullanmak üzere cihazla birlikte üçayak da gelmektedir. Narda EMR-300 ölçüm cihazının daha detaylı özellikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Narda EMR-300 ölçüm cihazının özellikleri

Ekran Tipi	4 ½ basamak LCD
Ekran Yenileme Oranı	400 ms
Çözünürlük	0.01 V/m, 0.0001 A/m
Ayar Süresi	1 saniye
Çalışma Sıcaklığı	0 – 50 C°
Ölçüm Fonksiyonu	V/m, A/m, mW/cm ² , W/m ²
Boyutu/Ağırlığı	465x96x64 mm/450 gr
Güç	2 adet AA alkalin pil ya da şarj edilebilir pil
Çalışma Süresi	8 Saat

6.2. Ölçüm Metodu

Ölçümler, ICNIRP tarafından önerildiği üzere ortalama moda (AVRG) alınarak bir konumda 6 dakika sonunda elde edilen ortalama ölçüm değeri kaydedilerek yapılmıştır.

Cihaz ilk açıldığında, kendini test edip sinyal sesi ile onay vermekte ve elektrik alan şiddetinin anlık değerini göstermektedir. Cihaz, hiçbir tuşa basılmadıkça, anlık değerleri ölçmeye ve her saniyede yeni ölçüm değerlerini göstermeye devam etmektedir. Bu çalışmada ölçümler cihaz ortalama moda (AVRG) alınarak yapılmıştır. Bu durumda cihaz ölçtüğü anlık değerlerin tümü üzerinden hesapladığı ortalama değeri ekranda göstermektedir. Doğru bir ölçüm yapabilmek için cihaz, ortalama moda alınmadan önce hafızasında tuttuğu değerler SHIFT ve RESET tuşlarına aynı anda basılarak temizlenmiştir.

Ölçüm sırasında aşağıdaki hususlara da özen gösterilmiştir.

- Cihaz ölçüm sırasında sabit tutulmuş ve istenmeyen değerlerin oluşması önlenmiştir.
- Ölçüm sonuçlarının etkilenmemesi için kullanıcı yanında bulunan her türlü elektronik cihaz kapalı konuma getirilmiştir.
- Cihaz çalıştırılır çalıştırılmaz ölçüm yapmayıp, cihazın açılış testlerini tamamlaması beklenmiştir.

- Yapılan ölçümlerin öncesinde ölçüm cihazı mutlaka RESET düğmesine basılarak sıfırlanmıştır.
- Ölçümlerde cihaz yerden yaklaşık 1.5 metre yükseklikte tutulmuştur.

6.3. Çalışma Alanı

Bu tez çalışmasında yapılan ölçümler kapalı ve açık alanda yapılan ölçümler olarak iki grupta toplanmıştır.

1- Kapalı alanlarda yapılan ölçümler;

- İnsanların hem gereksinimlerini karşılamak hem de eğlenmek için çoğu zaman ailecek gittiği alışveriş merkezlerinde maruz kaldıkları radyasyon seviyelerini tespit edebilmek amacıyla Konya merkezde bulunan iki alışveriş merkezinde,
- Hastanelere gidildiğinde maruz kalınan radyasyon seviyelerini tespit edebilmek amacıyla Konya merkezde bulunan bir devlet hastanesinde,
- Yaşanılan yerlerin çok yakınında bulunan baz istasyonlarından kaynaklı maruz kalınan radyasyon seviyelerini tespit edebilmek amacıyla bir apartman dairesinde,

yapılmıştır.

2- Açık alanlarda yapılan ölçümler;

- Gün içinde yoğun olarak kullanılan alanlarda maruz kalınan radyasyon seviyelerini tespit edebilmek amacıyla Konya merkezde bulunan Alaaddin Tepesi ve civarında,
- Farklı şekillerde kamufle edilmiş, dolayısıyla farkına varılamayan baz istasyonlarından kaynaklanan radyasyon seviyelerini tespit edebilmek amacıyla Selçuk Üniversitesi Yerleşkesinde ve konumu belirtilen başka bir noktada,
- Artan abone sayılarını karşılayamayan bölgelerde mobil baz istasyonu kurulduğunda maruz kalınan radyasyon seviyelerini tespit etmek amacıyla konumu belirtilen iki farklı yerde yapılmıştır.



Şekil 7.2. (1) Numaralı alışveriş merkezine ait ölçüm görüntüsü

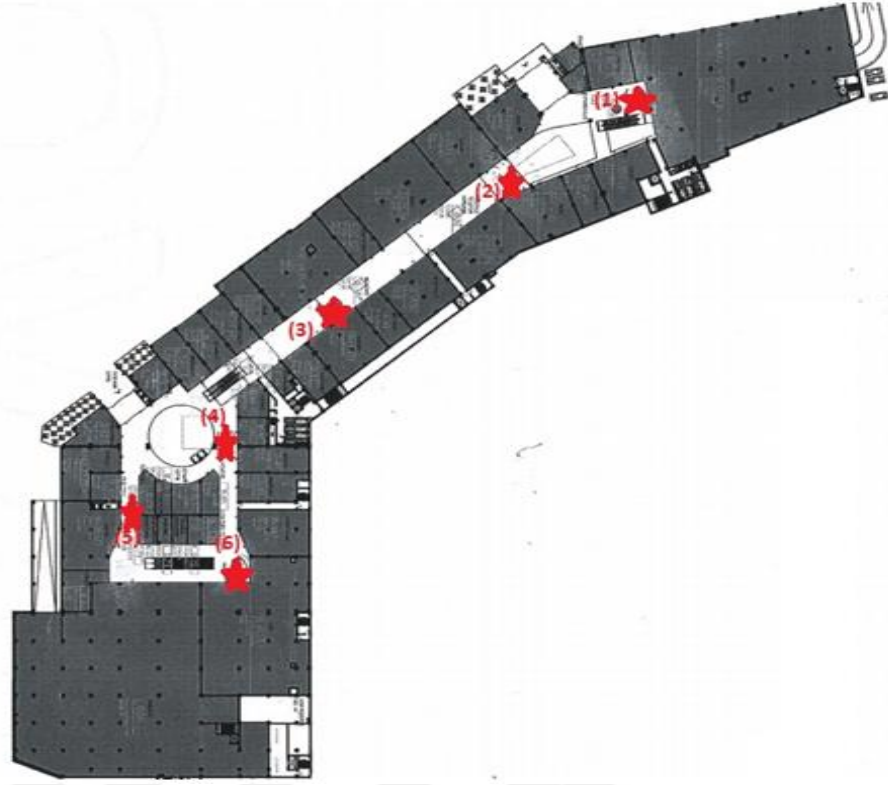
Ölçüm sonuçları Çizelge 7.1’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarının bodrum katı Ö3 ve Ö4 değerlerinin diğer ölçüm değerlerinden yüksek olduğu fark edilmiştir. Bunun sebebinin ise ölçüm yapılan noktada Şekil 7.2’de tavanda görülen sinyal güçlendirici cihazın varlığı olarak düşünülmektedir.

Çizelge 7.1. (1) Numaralı AVM’de ölçülen elektromanyetik alan değerleri (V/m)

	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5
Zemin kat	0.35	0.42	0.39	0.54	0.67
Birinci Kat	0.34	0.47	0.25	0.64	0.48
İkinci kat	0.35	0.63	0.25	0.52	0.28
Bodrum Katı	0.21	0.34	0.93	0.74	
Otopark	0.49	0.57			

7.1.1.2. (2) numaralı alışveriş merkezinde yapılan ölçüm sonuçları

Şekil 7.3’de (2) numaralı alışveriş merkezine ait kat planı verilmiştir. Ölçümler zemin kat, 1. Kat ve 2. Katta simetrik olacak şekilde işaretli altı yerde yapılmıştır. Bodrum kat mimarisi farklı olduğundan iki noktada ölçüm yapılmıştır.



Şekil 7.3. (2) Numaralı AVM kat planı

Çizelge 7.2. (2) Numaralı AVM'nin değişik katlarında ölçülen elektromanyetik alan değerleri (V/m)

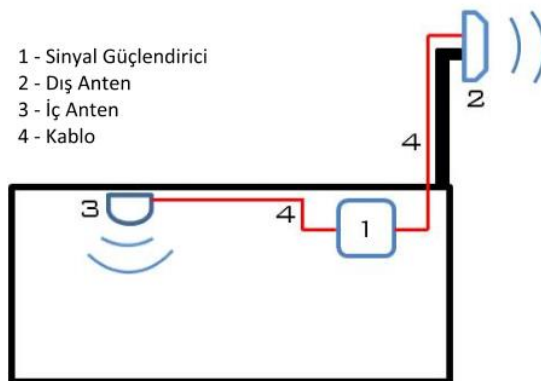
	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6
Zemin Kat	0.70	0.86	0.82	2.02	1.54	1.47
Birinci Kat	0.71	1.23	1.94	0.56	0.40	0.49
İkinci Kat	0.75	0.51	0.65	0.40	0.33	0.36
Bodrum Katı	1.10	1.44				

(2) Numaralı alışveriş merkezinde yapılan ölçümler Çizelge 7.2'de verilmiştir. Ölçümler incelendiğinde (2) numaralı alışveriş merkezinde kaydedilen ölçüm değerlerinin genel olarak (1) numaralı alışveriş merkezine göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Şekil 7.4'de (2) numaralı alışveriş merkezine ait bir görsel verilmiştir. Bu görselden de görüleceği üzere AVM tavanında çok sayıda sinyal yükseltici mevcuttur. (2) numaralı alışveriş merkezinde ölçümlerin yüksek çıkmasına bu sinyal yükseltici cihazların sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.4. (2) numaralı alışveriş merkezi ölçüm görüntüsü

Şekil 7.5’de cep telefonları için sinyal yükseltici cihazların genel yerleşim planı sunulmuştur. Sinyal yükseltici cihazlar, cep telefonlarının çekmediği veya az çektiği yerlerde kesintisiz iletişim sağlayabilmek için kullanılmaktadır. Adeta bir baz istasyonu görevi üstlenmektedirler. Çatı veya yüksek bir yere kurulan dış antenden alınan sinyal bir sinyal güçlendiriciden geçirildikten sonra iç antenle bina içine yayılmaktadır. Böylece bina içinde cep telefonlarının kesintisiz iletişim kurması sağlanmaktadır. Yapılan ölçümler esnasında yüksek çıkan değerlerin sebebini bulmak için araştırma yapıldığında, bu cihazların fazlaca kullanıldığını ve özellikle de normalde cep telefonlarının iyi çekmediği bodrum ve otopark katlarında kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 7.5. Cep telefonları için sinyal yükseltici cihaz yerleşim planı

7.1.2. Yakınında baz istasyonu olan bir apartman dairesinde yapılan ölçüm

Cep telefonu kullanıcılarının artmasıyla doğru orantılı olarak baz istasyonlarının sayısı da artmaktadır. Eskiden şehrin dışına kurulan baz istasyonlarını artık mahallelerde hatta evlerin çok yakınında ya da evlerin çatısında görmek mümkün. Yaşanılan yerlerin yakınında bulunan baz istasyonlarından dolayı maruz kalınan elektromanyetik radyasyon seviyelerini ölçmek için Şekil 7.6’da gösterilen apartmanın son katında bulunan bir dairede ev sahibinden izin alınarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 7.6. Yakınında baz istasyonu bulunan apartman

Bu dairede ölçüm yapılmasının temel sebebi baz istasyonu antenlerinin 8 katlı apartmanın son kattaki dairesinin tam hizasında olması ve antenlerin bu daireye doğru yönlendirilmiş olmasıdır. Apartman ile baz istasyonu direği arasındaki mesafe yaklaşık 50 metre olarak ölçülmüştür.

Şekil 7.7’de gösterilen ölçüm dairesinin baz istasyonuna bakan odasında (salon) altı dakikalık ortalama değer alınarak yapılmış ve sonuç 1.15 V/m olarak kaydedilmiştir. Ölçüm değeri her ne kadar tanımlı ulusal ve uluslararası limit değerlerin altında olsa da bu radyasyona sürekli olarak maruz kalmak ilerde nasıl sonuçlar doğurur incelenmesi ve takip edilmesi gerekir. Çünkü, ölçüm yapmak için ev sahibinden izin

istenildiğinde ev sahibi çok olumlu karşılamış, kendisinin de evinin yakınında baz istasyonu olmasından memnun olmadığını, eve yeni taşındığını, taşındığı günden beri uykusuzluk ve baş ağrısı şikayetlerinin olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 7.7 Daire içinde yapılan ölçüm görüntüsü

7.1.3. Konya merkezde bulunan bir devlet hastanesinde yapılan ölçümler

Hastanede yapılan ölçümler hastane yönetiminden izin alınarak daha çok tıbbi cihazların yoğun olarak kullanıldığı laboratuvarlarda, laboratuvarların bulunduğu koridorlarda ve fizik tedavi bölümünde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler cihazlardan yaklaşık bir metre uzakta, koridorlarda ise genelde orta noktalarda yerden yaklaşık 1.5 metre yükseklikte (kol hizasında) yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 7.3'de sunulmuştur.

Çizelge 7.3. Hastanenin bölümlerine göre ölçülen elektromanyetik alan değerleri

Bölümler	Ölçüm Değeri (V/m)
Tomografi (Çekim Odası)	0.15
Tomografi (Kumanda Odası)	0.47
Röntgen (Çekim Odası)	0.23
Röntgen (Kumanda Odası)	0.30
Anjiyografi (Ameliyathane)	0.29
Anjiyografi (İzleme ve Kumanda Odası)	1.02
Koridor (Nöroloji ve Koroner yoğun bakım)	0.81
Radyoloji Koridor	0.53
Mikrobiyoloji Laboratuvar 1	0.85
Mikrobiyoloji Laboratuvar 2	0.41
Biyokimya Laboratuvar	0.36
Hormon Laboratuvar 1	0.32
Hormon Laboratuvar 2	0.17
Eliza odası	0.37
Laboratuvar Giriş Holü (Santrifüj Cihazları Bulunuyor)	0.75
Fizik Tedavi Hasta Odası	0.26
Fizik Tedavi Kısa Dalga Odası	22.90



Şekil 7.8. Hormon laboratuvarı ölçüm görüntüsü



Şekil 7.9. Laboratuvar giriş holü ölçüm görüntüsü (santrifüj cihazları)

Tomografi ve röntgen odalarında ölçüm cihazların aktif çalışması esnasında yapılmıştır ancak cihazların çalışma frekansı ölçüm cihazının frekans aralığından yüksek olması nedeniyle ölçüm değerleri düşük gözlenmiştir. Ayrıca bu odaların duvarları çekim sırasında oluşan yüksek radyasyonu dışarı sızdırmaması için kurşun ile kaplandığından dışardan içeriye sızacak sinyalleri de engellediği için ölçüm değerleri bu odalarda en düşük seviyelerde gözlenmiştir.

Laboratuvarlarda ve laboratuvar koridorlarında yapılan ölçümlere dikkat edilecek olursa Santrifüj cihazının bulunduğu alanlarda ölçüm sonuçları daha yüksek çıkmıştır. Santrifüj cihazı elektrikli motorun çok yüksek hızlarda dönmesiyle oluşturulan merkezkaç kuvveti sayesinde bir sıvının içerisindeki katı parçacıkların ayrıştırılabilmesini sağlar. Bu cihazla çalışan iki personel ise kendilerini sürekli yorgun hissettiklerini ve çoğunlukla baş ağrısı şikayetlerinin olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 7.3’de en yüksek ölçüm değeri fizik tedavi kısa dalga odasında alınan değerdir. Odada bulunan kısa dalga diatermi cihazı çalışır durumda iken cihaza bir metre uzaklıktan ölçüm yapılmıştır. Diatermi cihazı, yüksek frekans değerlerinde radyo dalgaları ile vücudun üzerinde lokal ısıtma yapabilen bir fizik tedavi aracıdır. Tedavi edilecek bölgenin iki yanına Şekil 7.10’daki gibi iki kondansatör levhası yerleştirilir ve bu iki levha aralığında elektromanyetik alan söz konusu olur. Dokulara uygulanan bu elektromanyetik alan ile dokular ısıtılmış olur.

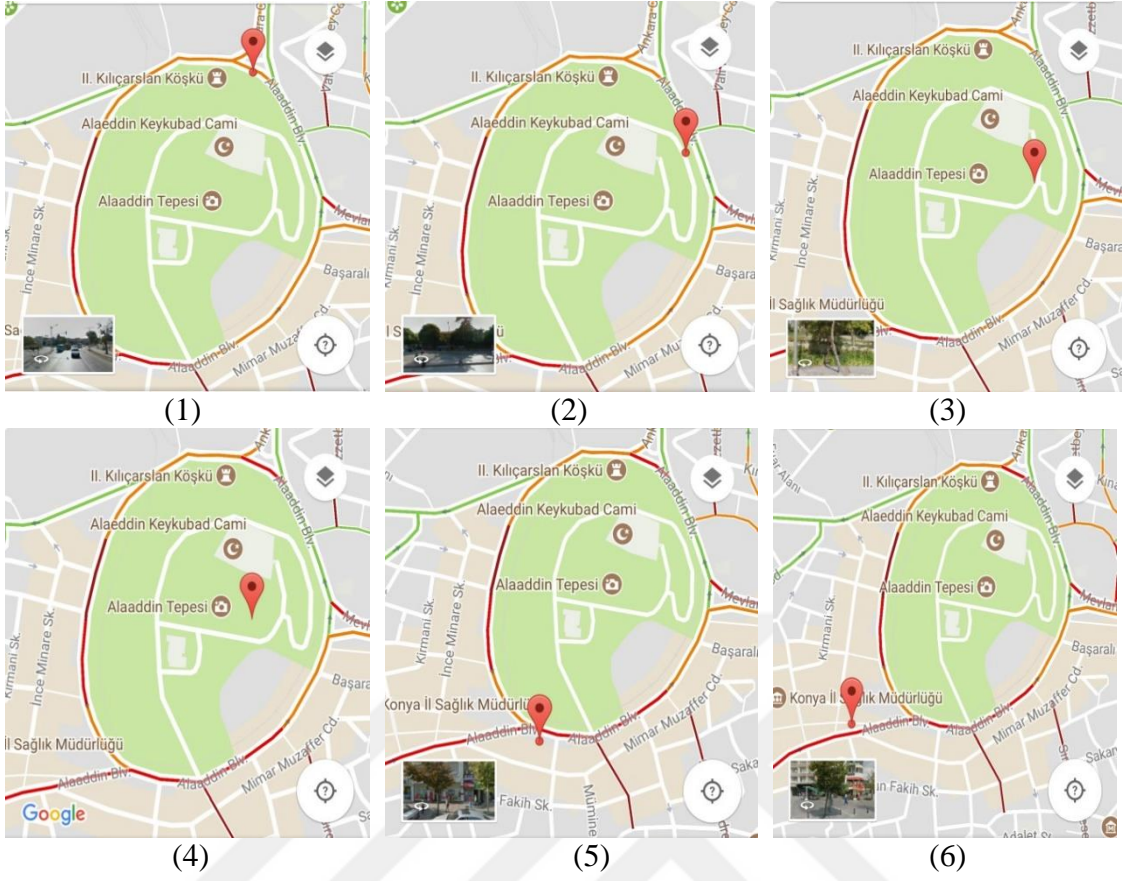


Şekil 7.10 Kısa dalga diatermi cihazı

7.2. Açık Alanlarda Yapılan Ölçümler

7.2.1. Alaaddin tepesinde yapılan ölçümler

Konya'nın merkezinde bulunan Alaaddin Tepesinde yapılan ölçümlerin konumları Şekil 7.11'de verilen haritalar üzerinde belirtilmiştir. Alaaddin tepesinin ölçüm noktası olarak belirlenmesinin nedeni tepenin etrafındaki bina çatılarında yoğun olarak baz istasyonu yerleştirilmiş olması ve insanların gün içinde bu civardaki yeşil alanlarda ve çay bahçelerinde yoğun olarak vakit geçirmesidir. Yapılan ölçümlerde elde edilen değerler Çizelge 7.4'te verilmiştir. Ölçüm değerleri incelendiğinde 1, 2, 5 ve 6. konumlarda ölçülen elektrik alan şiddetinin 2 V/m 'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun ana sebebinin Şekil 7.12'de görülebilen bina çatılarındaki baz istasyonlarının olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.11. Ölçüm konularının harita üzerinde gösterimi

Çizelge 7.4. Alaaddin Tepesi etrafında konumlara göre elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Ölçüm Konuları	Ölçüm Değerleri (V/m)
1	3.12
2	2.31
3	1.10
4	0.71
5	2.48
6	2.18



Şekil 7.12. Alaaddin Tepesi civarında bulunan baz istasyonlarının görüntüsü

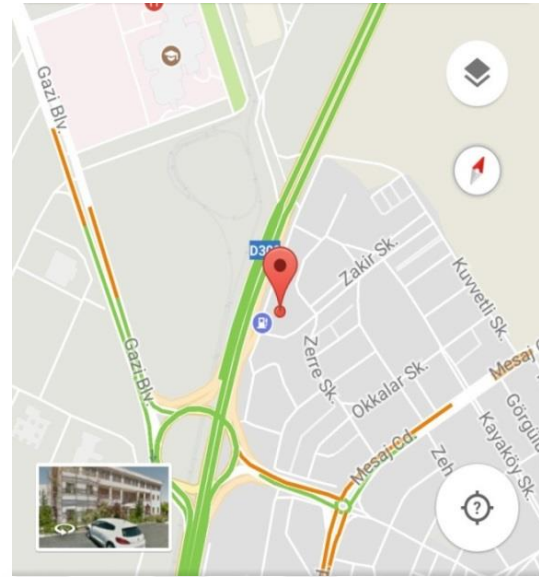
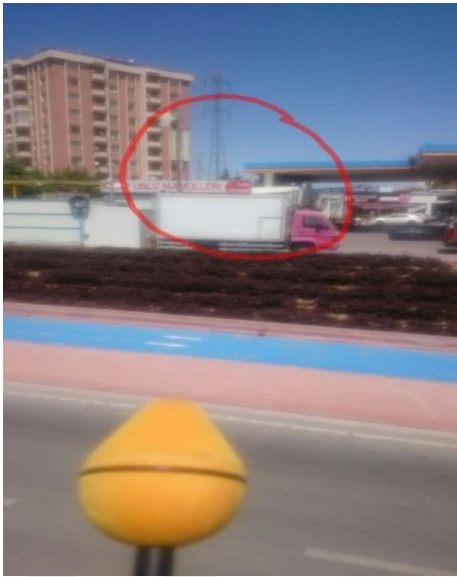
7.2.2. Mobil baz istasyonları etrafında yapılan ölçümler

Mobil baz istasyonları genel olarak belli bir bölgede; toplantı, konser ya da miting gibi abone yoğunluğunun geçici bir süreliğine artması nedeniyle kullanılmaktadır. Mobil baz istasyonları yönetmelikte sınırlandırılmış olduğu için 3 aydan daha fazla bir konumda kullanılamazlar. Servis sağlayıcının gereklilikten dolayı 3 aydan daha fazla kullanım isteği söz konusu olduğunda ilave bir 3 ay daha kullanımı mümkün olabilmektedir (Anonim, 2011).

Ülkemizde muhtemel herhangi bir doğal afet olması durumunda çalıştırılmak üzere roaming özellikli uydu bağlantılı mobil baz istasyonları bulunmaktadır. Normal durumlarda kullanılmayan bu mobil baz istasyonları afet durumunda iletişim sistemlerinde yaşanabilecek tahribata karşı bölgede haberleşme sağlamak için hazır bekletilmektedir.

Şekil 7.13 ve Şekil 7.14'te iki adet mobil baz istasyonu ve harita üzerindeki konumları verilmiştir. Şekil 7.13 için 50 metre mesafeden dört adet ölçüm yapılmış, Şekil 7.14 için 5 metre mesafeden üç adet ölçüm yapılmış ve Çizelge 7.5'de de ölçüm değerleri verilmiştir.

Ölçüm yapıldıktan birkaç ay sonrasında iki baz istasyonunun da kaldırıldığı Şekil 7.14'de gösterilen baz istasyonunun yerine ise aydınlatma direği görünümü verilmiş bir gizli baz istasyonu kurulduğu gözlenmiştir. Bu istasyon bir sonraki başlık altında incelenmiştir.



Şekil 7.13 Kamyonet üzerine kurulmuş baz istasyonunun görüntüsü ve konumu



Şekil 7.14 Panelvan üzerine kurulmuş baz istasyonunun görüntüsü ve konumu

Çizelge 7.5. Mobil baz istasyonları etrafında elde edilen ölçüm değerleri (V/m)

1. Mobil Baz İstasyonu	2. Mobil Baz İstasyonu
2.80	0.67
2.49	0.99
5.47	1.37
6.16	

7.2.3. Kamufle edilmiş baz istasyonları etrafında yapılan ölçümler

Selçuk Üniversitesi yerleşkesinde önceden mobil baz istasyonunun kullanılmasının ardından bunun yerine üç adet saat kulesinin yapıldığı gözlenmiştir. Şekil 7.15’de gösterilen bu saat kulelerinin etrafında ölçümler yapıldı. Kulelerin yaklaşık 20 metre çapında etrafı dolaşarak ölçümler yapıldığında bir noktada ortalama değerin yüksek olduğu gözlemlendi. Bu da kulelerin içinde yönlendirilmiş bir anten olduğunu yani içlerine kamufle edilmiş baz istasyonları olduğunu göstermektedir. Çizelge 7.6’da saat kulelerinin etrafında alınan ortalama değerlerin en yükseği verilmiştir.



Şekil 7.15 Selçuk Üniversitesi yerleşkesinde bulunan saat kulelerinin görüntüsü

Çizelge 7.6 Saat kuleleri ile kamufle edilmiş baz istasyonları etrafında elde edilen ölçüm değerleri

Baz İstasyonu	Ölçüm Değeri (V/m)
1	1.96
2	1.62
3	1.77

Halkın baz istasyonuna karşı olumsuz düşüncelerini göz önünde bulunduran servis sağlayıcılar uzun bir süredir bazı konumlarda çeşitli yöntemlerle gizlenmiş baz istasyonlarını tercih etmektedir. Hatta vatandaşların bazen baz istasyonu olan yerlerden ev kiralamak istememesi yüzünden o bölgedeki ev kiralari düşüyor ve artan tepkiler kamufle edilmiş baz istasyonlarının da sayısını artırıyor.

Şekil 7.16'da aydınlatma direği görünümü verilmiş bir baz istasyonu bulunmaktadır. Bu bölgede ilk ölçüm yapıldığında Şekil 7.14'de gösterilen panelvan tip araç üzerine kurulmuş bir mobil baz istasyonu mevcuttu. Ölçümden birkaç ay sonra mobil baz istasyonunun kaldırıldığını bunun yaklaşık 50 metre ilerisine Şekil 7.16'da gösterilen aydınlatma direği görünümü verilmiş bir baz istasyonu kurulduğu gözlemlenmiştir. Bu direk etrafında direkt olarak yaklaşık 30 metre uzakta üç ölçüm yapılmış olup ölçüm sonuçları Çizelge 7.7'de verilmiştir.



Şekil 7.16 Aydınlatma Direği Görünümü Verilmiş Bir Baz İstasyonu Görüntüsü

Çizelge 7.7. Aydınlatma direği görünümü verilmiş baz istasyonu ölçüm sonuçları

Ölçüm No	Ölçüm Değeri (V/m)
1	1.41
2	0.79
3	1.04

İnternet haberleri incelendiğinde başka illerde de Şekil 7.17’de görüleceği üzere aydınlatma direği, reklam panosu, baca, güneş enerjisi ve klima dış ünitesi şekli verilerek kamufle edilmiş baz istasyonları olduğu görülmektedir.



Şekil 7.17 Baca ve Türk bayrağı görünümü verilmiş baz istasyonlarının görüntüleri

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

Yıllar önce insan sağlığı için tehlikeli olup olmayacağı konusunda tartışmalar olan bazı unsurlar yıllar geçtikten sonra tüm dünyada tehlikeli kabul edilip gerekli önlemler alınmaya çalışılmaktadır.

Örneğin sigara kullanımının kanserojen etkiye sahip olabileceği 1960'lı yıllarda konuşulurken 1990'lı yıllarda sağlığa zararlı olduğu resmi olarak kabul görmüştür.

Son yıllarda elektromanyetik radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri konuşulmaktadır. Fakat elektromanyetik kirliliğin görülememesi, etkilerinin birçok durumda hissedilememesi ve sağlığımız üzerinde oluşturabileceği olumsuz sonuçların kısa zaman aralığında gözlenememesi gibi sebepler bu alanda çalışmaların gecikmesine sebebiyet vermiştir. Elektromanyetik dalgaların gözle görülmemesi ve hissedilememesi bizi yanıltmamalı ve uzun vadede olası olumsuz bazı sonuçlara yol açabileceğini dikkate almalı ve bu konuda elde edilmiş ölçüm değerleri önemsenerak takip edilmelidir.

Bu amaca ulaşmak için bu tez çalışmasında Konya ilinde bazı bölgelerde elektromanyetik radyasyon seviyelerinin ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının yürürlükteki ulusal ve uluslararası standartlar ve limit değerler ışığında incelenmesi hedeflenmiştir.

Ölçümler kapalı ve açık alanlar olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir. Kapalı alanlarda yapılan ölçümler Konya ili merkezinde bulunan iki alışveriş merkezinde, bir devlet hastanesinde ve yakınında baz istasyonu bulunan bir apartman dairesinde yapılmıştır. Açık alanlarda yapılan ölçümler ise yine merkezde insan yoğunluğunun çok olduğu Alaaddin tepesinde, iki adet mobil baz istasyonu etrafında, Selçuk Üniversitesi kampüsünde bulunan içerisine baz istasyonu gizlendiği düşünülen üç saat kulesi etrafında ve yine içerisine baz istasyonu gizlendiği düşünülen bir aydınlatma direği etrafında yapılmıştır.

Yapılan ölçümler incelendiğinde tüm ölçüm değerlerinin ulusal ve uluslararası belirlenmiş limit değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir. Yasal koşullar sağlandığı için bu hususta ölçümü yapılan baz istasyonlarının hiç birisi için sağlığı tehdit edeceği söylenemez. Ayrıca elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Alışveriş merkezlerinde yapılan ölçümlerde cep telefonlarının daha iyi çekim yapabilmesi için kullanılan sinyal yükseltici cihazların ölçüm sonucunda elde edilen değerleri yükselttiği,
- Devlet hastanesinde yapılan ölçümlerde fizik tedavide kullanılan kısa dalga diatermi cihazının ölçüm sonucunun yüksek olduğu ve çalışanların ve hastaların bu konuda bilgilendirilmedikleri,
- Çok yakınında baz istasyonu bulunan bir dairede yapılan ölçümde ölçüm sonucu her ne kadar ulusal ve uluslararası standartlar içinde olsa da bu dairede başka alanlara kıyasla ölçüm değerlerinin yüksek olduğu ve ev sahibinin bu daireye taşındığından beri yorgunluk, uykusuzluk, ve baş ağrılarının olduğu,
- Mobil baz istasyonlarının etrafında yapılan ölçümlerde, bu baz istasyonlarının geçici olarak kurulduğu ve yerlerinin planlanarak koyulmadığı görülmüştür. Hatta ölçümlerden birkaç ay sonrasında ölçüm yapılan iki istasyonunda kaldırıldığı ve birinin yerine aydınlatma direği görünümü verilmiş bir baz istasyonu kurulduğu,
- Alaaddin tepesinde yapılan ölçümlerde, bu bölgenin merkezi bir yerleşim yeri olmasından dolayı, ev ve işyerlerinin sayısının fazla olduğu ve artan abone sayısını karşılayabilmek için apartmanların üzerinde çok sayıda baz istasyonu kullanıldığı,
- Kamufle edilmiş baz istasyonları etrafında yapılan ölçümlerde, eskiden mobil baz istasyonu olan yerlerde sonradan saat kulesi ve aydınlatma direği kurulduğu ve bunların içerisine baz istasyonu gizlendiği,

gözlemlenmiştir.

8.2. Öneriler

Elektromanyetik dalgalar dokulara çarptığında doku içerisindeki atomların titreştirilmesi nedeniyle ısınmaya sebep olur. Dokuda oluşan sıcaklık artışı da dokunun çalışmasını olumsuz etkiler. İnsan sağlığına zarar vermemesi için belirlenen elektromanyetik alan limit değerleri elektromanyetik alanların neden olduğu ısı artışına bağlı olarak belirlenir. Ancak elektromanyetik alanların insan vücuduyla temasında sıcaklık artışı dışında da etkileri söz konusudur. Elektromanyetik alanların insan vücudu üzerinde gözlenen bazı rahatsızlıklar ileri düzeyde hassasiyet, huzursuzluk, baş ağrısı ve

uyku bozukluğu şeklinde sıralanabilir. Limit değerlerin belirlenmesinde temel alınan çalışmalar elektromanyetik dalgaların oluşturduğu sıcaklık etkisini referans alıp bahsedilen diğer etkilerini dikkate almadan gerçekleştirilmiş bulunmaktadır. Bu hususta gündeme gelmesi gereken diğer bir konu ise limit değerlerin yetişkin ve sağlıklı bireyler üzerinden belirlenmiş olması durumudur. Fakat kamusal veya bireysel yaşam alanlarında sadece sağlıklı ve yetişkin insanlar bulunmamaktadır. Bu hususta daha hassas olabilecek hastalar, yaşlılar, gençler, çocuklar, bebekler ve hamileler göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla bu konuda yapılan çalışmaların daha hassas ve daha çok faktör gözetilerek yürütülmesi gerekmektedir. Belki de bu hususta gerçek sonuçları gözleyebilmek için birkaç nesil geçmesi gerekecektir.

Günümüzde elektromanyetik alanlarla karşılaşmamak ya da bunların etkilerinden tamamen kurtulmak pek mümkün değildir. Tıpta kullanılan “ilaç ile zehri birbirinden ayıran dozudur” tabiri elektromanyetik radyasyona da uyarlanabilir. Çünkü elektronik cihazlar da ilaca benzetilebilir. Elektronik cihazlar toplumun ihtiyaçlarını yüksek bir memnuniyetle gerçekleştirirken beraberinde yan etkilerini de getirmektedir. Günümüzde elektromanyetik alanlardan etkilenmemek için modern teknolojiden uzak durmak uygulanabilir bir seçenek olarak görülmediğinden en uygun çözüm kullanılan faydalı sistemlerin meydana getirdiği olumsuzlukları en düşük düzeylere indirmektedir. Yüksek maliyetler söz konusu olmadan bazı tedbirler alınarak elektromanyetik alanların zararlı olabilecek etkileri azaltılabilir. Bunlar;

Devlet kurum ve kuruluşları düzeyinde alınması gereken önlemler:

- Öncelikle insanlar kullandıkları modern teknolojilerin uzun vadede sebep olabileceği olumsuzluklar hakkında bilinçlendirilmelidir. Bunun için gerekli kamu spotları yayınlanmalı ve gerekirse okullarda çevre kirliliği dersleri verildiği gibi elektromanyetik kirlilik dersleri verilmelidir.
- Cep telefonu ile kesintiye uğramadan uzun müddet boyunca konuşulmasının insan sağlığı adına kısa ve uzun vadede sıkıntılar doğurabileceği Sağlık Bakanlığının oluşturacağı kamu spotlarında dile getirilmelidir. Bu hususta özellikle çocukların cep telefonu/tablet kullanımlarında sınırlandırma getirilmesinin önemi vurgulanmalıdır.
- Elektromanyetik alanlara maruz kalma limit değerleri tüm faktörler göz önüne alınarak yapılan güncel araştırmalara göre düzenlenmeli ve gerekirse limit değerler düşürülmelidir.

- Olumsuzluklarının net olarak gözle görülür hale gelmesine müsaade etmeden olası rahatsızlıklarını göz önünde bulundurarak elektromanyetik alanların limit değerlerinin belirlenmesi hususlarında toplumun hassas bireylerini referans alarak düzenlenmelidir. Hatta gerekli görüldüğü takdirde kamusal alanlarda kullanımına sınırlamalar getirilmelidir.
- Toplumun hassas bireylerinin bir arada bulunduğu okul, hastane, huzur evleri gibi konumlarda belli dönemlerde elektromanyetik radyasyon denetimleri düzenli olarak yapılmalıdır.
- Gizli baz istasyonlarının kullanılması yerine, baz istasyonunun varlığını bizzat gösteren ve teknik bilgilerinin anlaşılır bir şekilde izahını içeren panoların baz istasyonu konumunda bulundurulması sağlanmalıdır.
- Elektromanyetik radyasyon kaynağı olan tüm cihazlarda, maksimum radyasyon değerleri (veya SAR değerleri) hem sayısal olarak belirtilmeli hem de ulusal limit değerlerinin yüzdesi olarak verilmelidir.

- Özellikle büyükşehirlerde elektromanyetik kirlilik seviyesinin belirlenmesi için yapılacak ölçüm çalışmaları kamu spotlarıyla duyurulmalı ve ölçümler belirli dönemlerde tekrarlanmalıdır.

Alınabilecek bireysel tedbirler:

- Cep telefonu ile tek seferde uzun müddetli konuşma yapmak yerine 2-3 dakikadan fazla konuşulmamalıdır.
- Cep telefonları kalp gibi hassas organların yakınında taşınmamalı mümkünse çantada taşınmalıdır. Geceleri kapatılmalı ya da uçak moduna alınmalı veya başucuna koyulmamalıdır.
- Cep telefonları ilk arama anında bağlantı kurabilmek için daha fazla enerji harcar bu da ilk arama anında daha çok radyasyon alımına sebep olur. Bunu dikkate alarak bağlantı kuruluna kadar telefon kulağa dayanmamalı ve mümkünse kulaklık kullanılmalıdır.
- SAR değeri düşük cep telefonları tercih edilmelidir, genelde basit telefonların SAR değeri akıllı telefonlara göre daha düşüktür.
- Hamilelerin, çocukların ve bebeklerin daha hassas oldukları unutulmamalı ve onların yanında mümkün mertebe cep telefonu ile görüşme yapılmamalıdır.
- Kablosuz internet erişim noktası gibi elektrikli cihazların kullanılmadığı dönemlerde elektrik bağlantısı kesilmelidir. Çünkü bu tür cihazlar aktif

kullanılmasa dahi enerjisi kesilmediği sürece elektromanyetik dalga yaymaya devam etmektedirler. Özellikle gece uykusunun verimli olması adına bu duruma dikkat edilmelidir.

- Yeni bir eve taşınılacağına yakın çevredeki radyo-televizyon vericileri, yüksek gerilim hattı, trafo merkezi ve baz istasyonlarının konumu ve yayın yönleri kontrol edilmeli ve olabildiğince bu tarz kaynaklardan uzak olmaya çalışılmalıdır. Bu hususta e-Devlet uygulaması ile taşınılacak evin mahallesini girerek evin yakınlarındaki baz istasyonunu ve ölçüm değerlerini öğrenmek mümkün hale gelmiştir. e-Devlet uygulaması ile <https://www.turkiye.gov.tr/baz-istasyonlari> bağlantısı üzerinden e-Devlet girişini yaptıktan sonra aratılan mahalledeki baz istasyonu ölçüm bilgisi ve ulusal/uluslararası limit değerleri görülebilmektedir. Bu bilgilendirme her ne kadar önemli bir adım olsa da baz istasyonunun tam konumunun haritada görülememesi tam bir değerlendirme yapmayı zorlaştırmaktadır. Ayrıca burada verilen ölçüm değerinin hangi konumda ve hangi tarihte elde edildiği bilgisi verilmemektedir.
- Telsiz telefonlar (DECT), WLAN, Wi-Fi kablosuz internet cihazları, bluetooth teknolojili kulaklıklar, bebek monitör/telsizleri, tasarruflu lambalar, televizyon, bilgisayar ve mikrodalga fırınlar şeklinde sıralanabilecek elektromanyetik radyasyon oluşturan ev aletlerinin kullanımında tedbirli olunmalıdır. Bu hususta özellikle mikrodalga fırın aktifken yakınında bulunulmamalıdır.
- Elektrikli traş makinesi yerine jilet tercih edilmelidir.
- Elektrikli battaniye kullanılmamalı ya da yatmadan önce yatağı ısıtarak, enerjisini kestikten sonra yatağa girilmelidir.
- Saç kurutma makinesinin oluşturduğu manyetik alan değerleri de oldukça yüksektir, uzun süreli kullanımından kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ahlbom, A., Bergqvist, U., Bernhardt, J. H., Cesarini, J. P. ve Court, L. A., 1998, Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic, And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz), *Health Physics Society*, 74 (4), 494-522.
- Anonim, 2010, Çevre ve Orman Bakanlığında: İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre Ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/07/20100724-3.htm>: [01.04.2019].
- Anonim, 2011, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumundan: Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/04/20110421-4.htm>: [01.04.2019].
- Anonim, 2015, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumundan: Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/10/20151009-2.htm>: [01.04.2019].
- Anonim, 2018, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumundan: Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/04/20180417-2.htm>: [01.04.2019].
- Anonymous, 2005, EMR-300 Broadband RF Survey Meter, http://www.narda-sts.us/pdf_files/EMR300_DataSheet_Discontinued.pdf: [01.04.2019].
- Çerezci, F., 2015, K-Means Algoritması İle Elektromanyetik Kirlilik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Çerezci, O., Kartal, Z. ve Pala, K., 2012, Elektromanyetik Alan Ve Sağlık Etkileri, Nilüfer (Bursa) Belediyesi, F. Özsan Matbaacılık, p.
- Dilek, B., 2014, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Alanının Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Duran, D., 2011, Tekstillere Elektromanyetik Korumada Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Genç, Ö., 2010, Radyo Frekanslarında Elektromanyetik Kirliliğe Gsm Bandlarının Etkisinin İstatistiksel Analizi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Güler, İ., Çetin, T., Özdemir, A. ve Uçar, N., 2010, Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu, <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2011/07/Turkiye-EMF-Raporu.pdf>: [01.04.2019].
- Gülşen, M., 2015, İyonlaştırmayan EM Dalga Maruziyeti (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Raporu), <http://www.hisam.hacettepe.edu.tr/ISG/MehmetGulsen.pdf> [Ziyaret Tarihi: 27 Mart 2019: [01.04.2019].
- Güngör, Y., 2005, FM Bandında (92.4 Mhz) Ankara Bölgesi İçin Elektromagnetik Alan Şiddet Dağılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- İlhan, M. N., 2008, Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması Ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- İnce, T., 2007, Elektromanyetik Kirlilik, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karadağ, T., A.R., Ö. ve Abbasov, T., 2014, Bir Üniversite Yerleşkesinde Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri ve Kirlilik Haritaları, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 20 (8), 314-318.
- Keysan, A., 2015, Balıkesir İli Şehir Merkezi Ve Balıkesir Üniversitesi Çağış Yerleşkesi'nin Elektromanyetik Alan Haritası, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kurnaz, Ç. ve Korunur Engiz, B., 2016, Elektromanyetik Kirlilik Ölçümleri ve Değerlendirmeler: Bir Alışveriş Merkezi Örneği. URSI-TÜRKİYE'2016 VIII. Bilimsel Kongresi. ODTÜ, Ankara.
- Özdiñç Polat, L. N., 2011, Elektromanyetik Alan Yayıcı Cihazların Kas Dokusunda Oluşturduğu Etkinin Modellenmesi Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Özgür Polat, A., 2013, Karaman İli Şehir Merkezi Ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Sarıkahya, N. M., 2014, Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması Ve Sonuçlarının İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara*.
- Türkkan, A. ve Pala, K., 2009, Çok Düşük Frekanslı Elektromanyetik Radyasyon ve Sağlık Etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 11-22.
- Yağmur, F., Bozbıyık, A. ve Hancı, İ. H., 2003, Elektromanyetik Dalgaların İnsan Biyokimyası Üzerine Etkileri, *Sted*, 12 (8), 296-297.

- Yaldız, E., Seyfi, L. ve Nacaroglu, C., 2015, Selçuk Üniversitesi Kampüsünde (Konya) Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması ve Temiz Güzergah Belirlenmesi. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu (EMANET 2015). Mersin, Türkiye.
- Yıldız, B., 2009, İzmir'de İki Ayrı Sağlık Merkezi Bölgesindeki Süt Çocuklarının Yaşadığı Ortamda Elektromanyetik Alan Ölçümü, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı Ve Hastalıkları Anabilim Dalı*.



ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Derya GÜRĞAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya - 1988
Telefon :
Faks :
e-mail : eemderyagurgan@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Meram Konya Lisesi (Y.D.A), Meram,Konya	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu ,Konya	2012
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-...	T.C. Sağlık Bakanlığı	Elektrik-Elektronik Müh.

YAYINLAR**Diğer İndeksli Dergilerde Yayınlanmış Makaleler:**

Derya Gürğan, Levent Seyfi, Determination and Analysis of Electromagnetic Pollution at Two Shopping Malls in Konya at 100 kHz-3 GHz Frequency, International Journal of Environmental Science and Development (IJESD), Vol. 9, No:9, September 2018, pp. 266-269, ISSN: 2010-0264, doi: 10.18178/ijesd.2018.9.9.1111 (Yüksek Lisans Tezinden yapılmıştır)

Uluslararası Konferans Bildirileri (Özeti Basılan):

Derya Gürğan, Levent Seyfi, Determination and Analysis of Electromagnetic Pollution at Two Shopping Malls in Konya at 100 kHz-3 GHz Frequency, 9th International Conference on Environmental Engineering and Applications, pp. 25, 10-12 July 2018, Amsterdam, Holland. (Yüksek Lisans Tezinden yapılmıştır)