DİYARBAKIR İL MERKEZİNDEKİ YOĞUN YAŞAM ORTAMLARINDA YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALANLARIN VE KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet Veysel ÖNLÜ

OCAK 2022
DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYARBAKIR İL MERKEZİNDEKİ YOĞUN YAŞAM ORTAMLARINDA YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALANLARIN VE KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI

MEHMET VEYSEL ÖNLÜ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2022
DİYARBAKIR

DİYARBAKIR İL MERKEZİNDEKİ YOĞUN YAŞAM ORTAMLARINDA YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALANLARIN VE KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet Veysel ÖNLÜ tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. M. Bahaddin KURT
Danışman, **Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi**

Sınav Jürisi:

Dr. Öğr. Üyesi Abdulnasır YILDIZ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. M. Bahaddin KURT
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Davut İZCİ
Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Batman Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarih: *19.01.2022*

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Mehmet Veysel ÖNLÜ

İmza: …….……

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında her türlü yardımını, bilimsel birikimlerini ve tecrübelerini paylaşan çok kıymetli hocam Doç. Dr. M. Bahaddin KURT'a teşekkür ederim.

Tezin her aşamasındaki yardımları, yol göstericiliği ve analizlerin yorumlanması aşamasındaki destek için Arş. Gör. Dr. Hüseyin ÖZMEN'e, teknik desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CANSIZ'a teşekkür ederim. Ayrıca, tez çalışması boyunca manevi desteğini eksik etmeyen iş arkadaşım Cuma Anıl TAKEŞ'e ve her zaman yanımda olan eşim Meryem TANRIVERDİ ÖNLÜ'ye ve çocuklarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xiv
ÖZET xvi
ABSTRACT xvii
1. GİRİŞ 1
1.1 Genel Bilgi 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Tezin Yapısı 2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 4
3. MATERYAL ve METOT 10
3.1 Elektromanyetik Alanlar ve Dalgalar 10
3.2 Elektromanyetik Spektrum 12
3.2.1 İyonlaştırıcı radyasyon 13
3.2.2 İyonlaştırmayan radyasyon 13
3.2.2.1 Radyo dalgaları 14
3.2.2.2 Mikrodalgalar 14
3.2.2.3 Kızıl ötesi ışınlar 14
3.2.2.4 Görülebilir ışık 14
3.2.2.5 Mor ötesi ışınlar 15
3.3 Elektromanyetik Dalganın Maddelerle Etkileşimi 15
3.3.1 Yansıma 15
3.3.2 Kırınım 15
3.3.3 Kırılma 15

3.3.4 Saçılma 16
3.4 Maxwell Denklemleri 16
3.5 Elektromanyetik Dalga Denklemi 17
3.6 Elektromanyetik Alan Kavramları 18
3.6.1 Elektromanyetik girişim 18
3.6.2 Elektromanyetik uyumluluk 18
3.6.3 Elektromanyetik enerji 19
3.6.4 Özgül soğurma oranı 20
3.7 Elektromanyetik Alan Kaynakları 21
3.7.1 Mobil haberleşme sistemleri 23
3.7.2 GSM şebeke elemanları 24
3.7.2.1 Baz istasyonu 24
3.7.2.2 Anten 25
3.7.2.3 Dipol anten 25
3.7.2.4 Sektör anten 26
3.7.2.5 Site ve hücre 26
3.7.2.6 Cep telefonları 29
3.7.3 TV ve radyo vericileri 31
3.8 Elektromanyetik Alan Sınır Değerleri 32
3.8.1 ICNIRP ve BTK sınır değerleri 33
3.9 Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihazın Genel Bilgileri 36
3.9.1 Cihazın kontrol panelleri 37
3.9.2 Cihazın ekran görünümleri 38
3.9.3 Cihazın anten çeşitleri 39
3.10 Mobil Ölçüm Yöntemi ile Elektrik Alan Ölçümleri 40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 41
4.1 Elektrik Alan Ölçümlerinin Sayısal Haritalanması 41

4.2 Diyarbakır İl Merkezi'nde Yapılan Mobil Ölçüm 42
4.3 Ölçülem RF EMA Bandları ve Frekans Aralıkları..... 43
4.3.1 FM bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları..... 44
4.3.2 TV bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları 45
4.3.3 LTE800 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları ... 47
4.3.4 2G bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları..... 48
4.3.5 LTE1800 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları . 49
4.3.6 3G bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları…….51
4.3.7 LTE2100 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları . 52
4.3.8 WLAN bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları..... 53
4.3.9 LTE2600 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları . 55
4.3.10 Toplam elektrik alanın noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları…..……...……56
4.4 Diyarbakır Ekinciler Caddesi Elektrik Alan Karşılaştırma..... 59
4.5 Alışveriş Merkezi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi 61
4.6 Dicle Üniversitesi Yerleşkesinde Yapılan Mobil Ölçüm 63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 66
KAYNAKLAR 69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Elektromanyetik dalga formu 11
Şekil 3.2 Elektromanyetik dalga kaynakları 11
Şekil 3.3 Elektromanyetik spektrum 13
Şekil 3.4 Elektromanyetik dalga yayılımı gösterimi 16
Şekil 3.5 Elektromanyetik dalganın enerji yayılımı 19
Şekil 3.6 Elektromanyetik alan kaynakları 21
Şekil 3.7 GSM sinyal yolculuğu 23
Şekil 3.8 Mobil iletişim ağ yapısı 23
Şekil 3.9 Ağ yönetimi 24
Şekil 3.10 Dipol anten ve ışıma diyagramı 25
Şekil 3.11 Sektör anten ve ışıma diyagramı 26
Şekil 3.12 Hücre yapısı 26
Şekil 3.13 Güvenlik mesafesi 27
Şekil 3.14 Antenleri geniş huzmeli ve belli bir alana yönelmiş sektörel hüzme 28
Şekil 3.15 Baz istasyonunun hücre yapısı 28
Şekil 3.16 Baz istasyonlarının çalışma prensibi 29
Şekil 3.17 Cep telefonu kullanımının ısı değişimine ait görüntüsü 29
Şekil 3.18 Cep telefon teknolojisinin tarihsel gelişimi 31
Şekil 3.19 Diyarbakır içerisindeki FM ve TV vericileri 32
Şekil 3.20 SRM–3006 cihazı 36
Şekil 3.21 SRM 3006 cihazının kontrol panelleri 37
Şekil 3.22 SRM 3006 cihazında spectrum görünümü 38
Şekil 3.23 SRM 3006 cihazında data tablosu 38
Şekil 3.24 SRM 3006 cihazında bar grafiği 39
Şekil 3.25 Üç eksenli E anteni 39
Şekil 3.26 Mobil ölçüm aracı 40
Şekil 4.1 Diyarbakır il merkezinde ölçüm alınan güzergah 43
Şekil 4.2 FM bandının noktasal tematik haritası 44
Şekil 4.3 FM bandının kontur haritası 45
Şekil 4.4 FM bandının üç boyutlu tematik haritası 45
Şekil 4.5 TV bandının noktasal tematik haritası 46
Şekil 4.6 TV bandının kontur haritası 46

Şekil 4.7 TV bandının üç boyutlu tematik haritası 46
Şekil 4.8 LTE800 bandının noktasal tematik haritası 47
Şekil 4.9 LTE800 bandının kontur haritası 47
Şekil 4.10 LTE800 bandının üç boyutlu tematik haritası 48
Şekil 4.11 2G bandının noktasal tematik haritası 48
Şekil 4.12 2G bandının kontur haritası 49
Şekil 4.13 2G bandının üç boyutlu tematik haritası 49
Şekil 4.14 LTE1800 bandının noktasal tematik haritası 50
Şekil 4.15 LTE1800 bandının kontur haritası 50
Şekil 4.16 LTE1800 bandının üç boyutlu tematik haritası 50
Şekil 4.17 3G bandının noktasal tematik haritası 51
Şekil 4.18 3G bandının kontur haritası 51
Şekil 4.19 3G bandının üç boyutlu tematik haritası 52
Şekil 4.20 LTE2100 bandının noktasal tematik haritası 52
Şekil 4.21 LTE2100 bandının kontur haritası 53
Şekil 4.22 LTE2100 bandının üç boyutlu tematik haritası 53
Şekil 4.23 WLAN bandının noktasal tematik haritası 54
Şekil 4.24 WLAN bandının kontur haritası 54
Şekil 4.25 WLAN bandının üç boyutlu tematik haritası 55
Şekil 4.26 LTE2600 bandının noktasal tematik haritası 55
Şekil 4.27 LTE2600 bandının kontur haritası 56
Şekil 4.28 LTE2600 bandının üç boyutlu tematik haritası 56
Şekil 4.29 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin noktasal tematik haritası 57
Şekil 4.30 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin kontur haritası 57
Şekil 4.31 Elektrik alan maruziyet seviyelerinin en yüksek yedi noktası 58
Şekil 4.32 Anlık toplam elektrik alan üç boyutlu tematik haritası 59
Şekil 4.33 Ekinciler Caddesi'nde Manuel Yöntem ile ölçümü 2010 yılında alınmış elektrik alan haritası 60
Şekil 4.34 Ekinciler Caddesi'nde mobil yöntem ile 2021 yılında ölçümü alınmış elektrik alan haritası 60
Şekil 4.35 Ekinciler Caddesi'nde 2010-2021 yılları Elektrik Alan Karşılaştırması ... 61

Şekil 4.36 Dicle Üniversitesi'nde ölçüm alınan güzergah..... 63

Şekil 4.37 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin noktasal tematik haritası…….. 64

Şekil 4.38 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin kontur haritası..... 64

Şekil 4.39 Toplam elektrik alan üç boyutlu tematik haritası 64

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Bazı elektrikli cihazların E şiddeti 22
Tablo 3.2 Bazı elektrikli cihazların H şiddeti 22
Tablo 3.3 1998'de ICNIRP tarafından belirlenen mesleki maruziyet için elektromanyetik limit değerleri 34
Tablo 3.4 1998'de ICNIRP tarafından belirlenen halk sağlığı için elektromanyetik limit değerleri..... 34
Tablo 3.5 Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler (BTK, 2018) 35
Tablo 3.6 Hücresel sistemlerin BTK yönetmenliğine göre limit değerler 35
Tablo 3.7 SRM 3006 cihazının parça işlev açıklamaları 37
Tablo 3.8 SRM-3006 anten çeşitleri 39
Tablo 4.1 Diyarbakır İl Merkezinde ölçüm yapılan RF EMA bandları ve frekans aralıkları 43
Tablo 4.2 Dicle Üniversitesi'nde ölçüm yapılan frekans aralıkları 43
Tablo 4.3 AVM bodrum kat ölçümleri 61
Tablo 4.4 AVM zemin kat ölçümleri 62
Tablo 4.5 AVM birinci kat ölçümleri 62
Tablo 4.6 AVM ikinci kat ölçümleri..... 62

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	**Açıklama**
ρ	Yük Yoğunluğu
k	Dalga Sayısı
f	Frekans
Ω	Direnç
ε	Ortamın Elektriksel Geçirgenliği
μ	Ortamın Manyetik Geçirgenliği
π	Pi Sayısı
σ	Öz İletkenlik
m	Metre
λ	Dalga Boyu

Kısaltma	**Açıklama**
E	Elektrik alan
H	Manyetik alan
S	Güç Yoğunluğu
A	Amper
J	Akım Yoğunluğu
D	Elektriksel Akı Yoğunluğu
RF	Radyofrekansı
EM	Elektromanyetik
EMA	Elektromanyetik Alanlar
GSM	Hücresel Telefon Sistemleri
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
ICNIRP	Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Koruma Komisyonu
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağları

LTE	Yüksek Hızlı Mobil İnternet
TV	Televizyon
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
FCC	Federal Komünikasyon Komisyonu
GHz	Gigahertz
SRM	Selektif Radyasyon Metre
EMD	Elektromanyetik Dalga
Hz	Hertz
THz	Terahertz
nm	Nanometre
ELF	Çok Düşük Frekanslı
A/m	Amper/metre
EMI	Elektromanyetik Girişim
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk
SAR	Özgül Soğurma Oranı
AVM	Alışveriş Merkezi

ÖZET

DİYARBAKIR İL MERKEZİNDEKİ YOĞUN YAŞAM ORTAMLARINDA YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETIK ALANLARIN VE KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Önlü, Mehmet Veysel
Yüksek Lisans, Elektrik-Elektronik Mühendislik Bölümü
Danışman: Doç. Dr. M. Bahaddin KURT
Ocak 2022, 90 sayfa

Bilim ve teknolojideki hızlı gelişimi ile çeşitli elektronik cihazlar ve iletişim sistemleri hayatımızı kolaylaştırma için günlük yaşantımıza dahil olmuştur. Ancak bu cihazların insan sağlığı üzerinde istenmeyen etkileri de bulunmaktadır. Bu etkilerden biri de sınırları aşan elektromanyetik alanlardır. Bu nedenle cihazların yaydığı elektromanyetik alanların belirli bir seviyeyi geçmemesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında Diyarbakır il merkezi ve Dicle Üniversitesi'nde 27 MHz – 3 GHz frekans aralığındaki EM kaynakların E şiddeti ölçülerek E haritası oluşturulmuştur. Tez çalışmasının amacı, Diyarbakır il merkezindeki yoğun yaşam ortamlarında yüksek frekanslı EMA ve bunların kaynaklarını tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda EMA ölçüm cihazı olan SRM-3006 ve üç eksenli anteni kullanılarak Diyarbakır il merkezinde belirlenen güzergahlarda drive test yöntemi ile ölçülen elektrik alan şiddeti değerlerini noktasal tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu tematik haritalar şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca Diyarbakır il merkezinde alınan verilerle toplam EMA'ya etki eden FM, TV, Mobil haberleşme bantlarının (LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600) elektrik alan değerleri ayrı ayrı noktasal tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu tematik haritalarla gösterilmiştir ve Diyarbakır il merkezinde çıkan en yüksek elektrik alan değerlerini sebepleri açıklanmıştır. Diyarbakır il merkezinin en yoğun caddelerinden biri olan Ekinciler Caddesi'nin 2010 yılında yapılan ölçümleri ile güncel ölçümleri karşılaştırmaktır ve Diyarbakır'ın en büyük alışveriş merkezlerinin birinde yapılan ölçümlerin değerlendirilmesini yapmaktır. Yine aynı amaçla, Dicle Üniversitesi yerleşkesinin elektrik alan değerlerini noktasal tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu tematik haritalar şeklinde gösterilmiştir. Sonuç olarak, Diyarbakır il merkezinde, Dicle Üniversitesi kampüs yerleşkesinde ve şehrin en büyük AVM'lerinin birinde ölçülen tüm elektrik alan değerlerinin, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun belirlemiş olduğu elektrik alan sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: SRM3006, Elektromanyetik alan, Elektromanyetik alan haritası, Elektrik alan, Sınır değerler

ABSTRACT

INVESTIGATION ON THE SOURCES OF HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AROUND THE CITY CENTER OF DIYARBAKIR

Önlü, Mehmet Veysel
Master of Science in Department of Electrical and Electronics Engineering
Supervisor: Assoc.Prof. M. Bahaddin KURT
January 2022, 90 pages

The rapid technological developments are continuously making our lives easier. However, such developments also poses some adverse effects on the health of human beings. The electromagnetic fields higher than that of the designated limits can be listed as one of the significant issues in this regard. Therefore, it is important to limit the magnetic fields to certain levels so that it cannot harm the human beings. In this thesis, the E group was measured at 27 MHz – 3 GHz in Diyarbakır city center and Dicle University. In this respect, this thesis aims to detect the sources and the level of the high frequency magnetic fields around densely populated locations in Diyarbakir city. The selective radiation meter device (SRM-3006) and three axis antenna have been used for the measurements by performing the drive test method. In this way the electric field strength values on the drive routes have been demonstrated in the form of contour maps and 3D thematic maps. The obtained data from around the city of Diyarbakır consist of FM, TV, Mobile communication bands (LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600) and WLAN, all of which contributes to the total electromagnetic field. Then, they have been separated through 3D maps in order to explain the reasons for the high mahnetic field values in the city of Diyarbakır. As a result, it was observed that all electric field values measured in Diyarbakir city center, Dicle University campus and one of the city's largest shopping centers were below the electric field limit values determined by Information Technologies and Communications Authority.

Keywords: SRM3006, Electromagnetic field, Electromagnetic field map, Electric field, Limit values

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgi

Teknolojinin gelişmesiyle beraber birçok elektronik cihaz ve haberleşme sistemleri günlük hayatımıza dahil olmuştur. Bu cihazların hayatımıza sağladıkları rahatlıkların yanı sıra insan sağlığını olumsuz etkileyen yönleri olmaktadır. Bu olumsuz etkenlerin en önemlilerinden biri elektromanyetik alanlar (EMA) dır. EMA, elektrik alan © ve manyetik alan (H) birleşenlerinden oluşmaktadır. Elektrik ile çalışan her cihaz ve sistem, etrafında EMA oluşturmaktadır. Günlük yaşantımızda kullandığımız veya fark etmeden yanından geçtiğimiz birçok elektronik cihaz bulunmaktadır. Cep telefonları, radyo ve TV vericileri, yüksek gerilim hatları, uydu ve haberleşme sistemleri, trafo merkezleri, baz istasyonları, evlerde kullanılan çamaşır makinesi, buz dolabı, mikrodalga fırınlar, ütü, bilgisayarlar, kablosuz yerel alan bağlantısı (WLAN) bunlara örnek olarak verilebilir. Etrafımızda bulunan bu elektronik cihaz ve mobil telefon haberleşme sistemleri günümüzde küresel yüksek hızda erişilebilirlik teknolojilerine (ses, görüntü, video, internet vb.) sahiptir. Baz istasyonları, kapasite ihtiyacı ve kapsama kalitesi nedeniyle kırsal bölgelere göre şehir merkezlerinde daha çok sayıda bulunmaktadır. Bu durum daha fazla frekansa ihtiyaç doğurmakta ve daha fazla EMA kirliliğine neden olabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı ortamdaki EMA değerleri ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından denetlenmektedir. (Öztürk, 2019) İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) elektromanyetik (EM) maruziyet sınır değerlerini belirlemiştir. Bu sınır değerler Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından dikkate alınarak ülkemiz için sınır değerler tespit edilmektedir.

Bu tez çalışmasında Diyarbakır il merkezi ve Dicle Üniversitesi'nde 27 MHz – 3 GHz frekans aralığındaki EM kaynakların E şiddeti ölçülerek E haritası oluşturulmuştur. Ölçümlerin Diyarbakır il merkezi ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 2 farklı günde ve insan popülasyonunun yoğun olduğu bir zaman diliminde alınmasına özen gösterilmiştir. Diyarbakır il merkezinde belirlenen güzergahlarda drive test yöntemi (ölçüm cihazını mobil araca sabitleyerek belirli bir zaman aralığında alınan ölçüm yöntemi) kullanılarak mobil ölçümler alınmıştır. Mobil ölçümlerde selektif radyasyon metre (SRM) SRM–3006 cihazı ve üç eksenli E 27 MHz – 3 GHz frekans aralığına sahip anten kullanılmıştır. 2 gün süren mobil ölçümlerde Diyarbakır il merkezinde 797

adet mobil ölçüm, Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 196 adet mobil ölçüm alınmıştır. Diyarbakır il merkezinde yapılan ölçümlerde FM, TV, LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600 olmak üzere dokuz bandın anlık değerleri ve anlık toplam E değeri ölçülmüştür. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde alınan ölçümlerde ise sadece anlık toplam E değeri ölçülmüştür. Diyarbakır il merkezinde 9 bandın ölçüm sonuçları ve toplam E ölçümleri ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde alınan toplam E değerleriyle tek tek tematik harita oluşturulup yüksek çıkan yerler için değerlendirilmelerde bulunulmuş ve en yüksek çıkan değerlerin sınır değerleri aşıp aşmadığına bakılmıştır. Değerlendirme sonucunda Diyarbakır il merkezinde ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde insan popülasyonunun yoğun olduğu yerlerde değerler nispeten yüksek çıkmasına rağmen BTK ve ICNIRP'nin belirlediği sınır değerlerini aşan bir noktaya rastlanmamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

i. Diyarbakır il merkezinde yoğun yaşam ortamlarında yüksek frekanslı EMA' ların ve bunların kaynaklarının tespit edilmesi,
ii. Diyarbakır il merkezinde belirlenen güzergahlarda drive test yöntemi kullanılarak E şiddeti değerlerini kontur harita ve üç boyutlu haritaları şeklinde göstermek,
iii. Diyarbakır il merkezinde toplam EMA'a etki eden FM, TV, Mobil haberleşme cihazlarının (LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600) ve WLAN' nın E değerlerini ayrı ayrı üç boyutlu grafiklerle göstermek,
iv. Dicle Üniversitesi yerleşkesinin E şiddeti değerlerini kontur harita ve üç boyutlu haritaları şeklinde göstermek,
v. Diyarbakır il merkezinin en yoğun caddesi olan Ekinciler Caddesi'nin 2010 yılında yapılan çalışma (Cansız, 2010) ile güncel ölçümleri karşılaştırmak,
vi. Diyarbakır en büyük alışveriş merkezlerinin birinde yapılan ölçümlerin değerlendirilmesini yapmaktır.

1.3 Tezin Yapısı

Bu tez; Giriş, Kaynak Özetleri, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuçlar ve Öneriler ve Kaynaklar olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır.

EMA hakkında bilgiler ve tezin amacı Giriş olarak verilen birinci bölümde verilmiştir. EMA ve EMA haritası ile ilgili yapılan literatür araştırması Kaynak özetleri olarak verilen ikinci kısımda yer almaktadır. Çalışmada kullanılan SRM-3006 cihazını, SRM-3006 cihazıyla nasıl bir ölçüm yöntemi kullanıldığı, SRM-3006 cihazı ile hangi frekans aralıklarının ölçüldüğü ve hangi bantların ölçüldüğü, elde edilen bulguların mapinfo programı yardımıyla nasıl haritalandırıldığı, uluslararası kuruluşların EMA sınır değerlerinin çizelgeleri ve BTK'nin ülkemiz için belirtmiş olduğu sınır değerleri, Materyal ve metot olarak verilen üçüncü kısımda yer almaktadır. Diyarbakır il merkezindeki Mobil ölçüm yöntemi sonucunda elde edilen bulguların sayısal haritalanması, tematik haritaların incelenmesi, bantların üç boyutlu haritalandırılması ve değerlendirilmesi, Dicle Üniversitesi yerleşkesinde mobil ölçüm yöntemi ile elde edilen verilerin sayısal haritalandırılması, Bulgular ve tartışma olarak adlandırılan dördüncü bölümde verilmiştir. Yapılan çalışmaya ait sonuçlar ve yapılan değerlendirilmeler Sonuç olarak adlandırılan beşinci bölümde verilmiştir. Tez içinde referans verilen kaynaklar, Kaynaklar olarak verilen altıncı bölümde sıralanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, tez çalışması öncesinde yapılan literatür taraması sonucunda tez konusuyla ilgili EMA, EMA kirlilik çalışmaları ve SRM 3006 cihazıyla ilgili önceki çalışmalar özetlenmiştir.

İnce (2007) tarafından yapılan tez çalışmasında, Ankara ilinde EMR- 300 cihazı ile radyo ve TV vericileri ve baz istasyonlarının olduğu yerlerde ölçümler yapılmış olup elde edilen ölçüm sonuçları normal yaşamın olduğu bölgelerle kıyaslandığında değerlerin yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca tezde EMA'lara karşı alınması gereken önlemlere de değinilmiştir.

Uygunol (2009) tarafından yapılan tez çalışmasında, coğrafi bilgi sistemi (CSB) yardımıyla EMA kirliliğinin tespiti amaçlanmıştır. Konya ili Selçuklu, Karatay ve Meram merkez ilçelerinde bulunan GSM baz istasyonlarının oluşturduğu EMA değerlerinin ölçümü neticesinde elde edilen veriler CBS ortamına aktarılıp bölgenin EM kirlilik haritası çıkarılmıştır.

Cansız (2010) tarafından yapılan tez çalışmasında, Diyarbakır il merkezinde Yüksek frekanslı EMA ölçümünde Narda firmasına ait olan NBM 520 geniş bantlı EMA ölçer cihazı ve düşük frekanslı EMA ölçümünde ise yine Narda firmasına ait olan EHP-50C E ve H ölçer cihazı kullanılarak mobil ve manuel ölçümler alınmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ICNIRP'nin kabul etmiş olduğu referans limitler ile karşılaştırılıp dijital uydu haritası üzerinde gösterilmiştir.

Semerci (2011) tarafından yapılan tez çalışmasında, Samsun ilinde EMR 300 Geniş Bant EMA şiddeti Ölçüm Cihazı ile telekomünikasyon cihazlarından kaynaklı EMA şiddeti tespiti için ölçümler gerçekleştirilmiş olup elde edilen ölçüm sonuçları sınır değerler ile karşılaştırıldığında ölçüm değerlerinin sınır değerlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Sorgucu (2011) tarafından yapılan tez çalışmasında, Erciyes Üniversitesi'nde yaygın olarak kullanılan GSM 900 ve GSM 1800 haberleşme sistemlerinden kaynaklanan EM kirliliğin ölçülmesi için 80 ayrı noktada Spectran HF-6065 Marka Spektrum Analizör

cihazı ile ölçümler yapılmış olup elde edilen veriler grafikler ve tablolar haline getirilerek sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Yaman (2011) tarafından yapılan tez çalışmasında, hastane ortamında Chauvın Arnoux 43 (C.A. 43) alan şiddeti ölçüm cihazı kullanılarak EMA ölçümleri gerçekleştirilmiş olup elde edilen ölçümlerde hastanenin bazı servislerinin belirlenen sınır değerlerinin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Polat (2013) tarafından yapılan tez çalışmasında, Karaman ili merkez ilçesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi ve Mersin Üniversitesi Çiftlikköy yerleşkesinde EMR-300 cihazı ile 100 KHz ile 3 GHz frekans aralığında Drive test yöntemi kullanılarak 2 gün boyunca ölçümler yapılmış olup yapılan ölçümler mapinfo programı yardımı ile haritalandırılmıştır. Ayrıca çıkan sonuçlar ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Dilek (2014) tarafından yapılan tez çalışmasında, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki EM kirliliği incelemek için 21 farklı noktada günün farklı zaman aralıklarında SRM 3006 ve üç eksenli bir anten ile ölçümler gerçekleştirilmiş olup elde edilen ölçümler ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerleri (ICNIRP ve BTK tarafından ilan edilen standart değerleri) ile karşılaştırıldığında EM kirlilik seviyesinin tehlikeli bir düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Sarıkahya (2014) tarafından yapılan tez çalışmasında, Ankara ilinde bir okulda EMA kirliliği analizini araştırmak üzere Spectran HF 60105 cihazıyla yaygın olarak kullanılan RF EMA kaynaklarının etkisini görmek için ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler limit değerlerin altında çıkmıştır ancak mikrodalga fırınlarda 0-1 cm mesafede yapılan ölçümde EMA şiddeti 162 V/m çıkmıştır.

Keysan (2015) tarafından yapılan tez çalışmasında, Balıkesir ili şehir merkezi ve Balıkesir Üniversitesi Çağış yerleşkesinin 100 KHz – 3 GHz frekans aralığındaki

EMA haritalarını oluşturmak amacıyla drive test yöntemi ile BTK onaylı EMR-300 ölçüm cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ayrıca bu ölçümler ulusal ve uluslararası elektromanyetik radyasyon (EMR) maruziyet limit değerleri ile karşılaştırılmış olup sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Cansız (2016) tarafından yapılan tez çalışmasında, drive test yöntemi ile Diyarbakır il merkezinde FM, TV3, TV4-5, GSM 900, GSM 1800 ve UMTS bantlarının ana yollardaki RF EMA maruziyet seviyeleri SRM 3006 ve üç eksenli bir anten ile ölçümler gerçekleştirilmiş olup elde edilen verilerle Diyarbakır il merkezinde EM kirlilik seviyesi haritalandırılmıştır. Ayrıca çıkan sonuçlar ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Karadeniz (2016) tarafından yapılan tez çalışmasında, Adıyaman il merkezinde Atatürk Bulvarı boyunca 24 farklı noktada E, H ve güç yoğunluklarını(S) ölçmek için TES-593 EMA ölçer ile Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü cihazı kullanılmıştır. Her bir noktada gece ve gündüz olmak üzere 2 ölçüm yapılmıştır. Elde edilen ölçümler BTK, ICNIRP ve IEEE/FCC gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından belirlenen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Polat (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında, Sinop il merkezinin 50-3500 MHz bant aralığındaki EMA kirliliği analizini yapmak için 480836 model EMR ölçüm cihazı ile 46 farklı noktada 30 gün boyunca gece ve gündüz olmak üzere her noktada 60 ölçüm gerçekleştirilmiş olup elde edilen ölçüm sonuçları BTK tarafından belirlenen sınır değerlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Balcı (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında, Edirne merkez ilçe ve bağlı köylerde bulunan ilkokullarda, 700 MHz – 9,4 GHz aralığındaki tüm EMA değerlerini ölçümünü yapabilen Spectran HF 60100 V4 Analyzer cihazı ve Hyper LOG 60100 Anten yardımı ile ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Polat (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında, Sinop il merkezinde 46 farklı noktada 30 gün boyunca gece ve gündüz olmak üzere 60 adet ölçüm 50-3500 MHz frekans

aralığını kapsayan geniş bant ölçümü gerçekleştiren Extech 480836 cihazıyla yapılmıştır. Ölçüm yapılan noktalar harita üzerinde belirtilerek değerlere göre EM kirlilik ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Elde edilen veriler BTK tarafından belirlenen sınır değerlerin üzerinde olmadığı tespit edilmiştir.

Çelik (2019) tarafında yapılan tez çalışmasında, Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binaları ve Görükle yerleşkesi içerisindeki fakülte ve bölümleri kapsayacak şekilde 5 gün boyunca SRM 3006 EMA ölçüm cihazı ile ölçümler yapılmış olup elde edilen veriler grafikler ve tablolar haline getirilerek sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Akın (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Ağrı il merkezindeki liselerde kullanılan Akıllı tahtaların oluşturduğu EMA maruziyet düzeylerini tespit etmek için anlık ve sürekli olarak geniş bir frekans aralığında ölçüm alabilen el tipi Aaronia Spectran Analyzer HF – 6085 marka spektrum analizörü cihazı ile ölçümler yapılmış olup elde edilen ölçümler ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerler ile karşılaştırıldığında herhangi bir aşmanın olmadığı tespit edilmiştir.

Ibrahım (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Bursa Uludağ Üniversitesi`nin merkez yerleşkesinde, 9 kHz ila 6 GHz frekans aralığında yüksek frekanslı EMA'ların ölçümü yapabilen SRM-3006 (SRM) cihazı kullanılmıştır. Bölgedeki baz istasyonlarında yapılan EM kirlilik ölçümleri sonucunda; BTK sorumluluğunda uygulanan ICNIRP tarafından düzenlenen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Aygün (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Samsun ilinde bulunan 21 adet devlet hastanesinde kısa ve uzun süreli E şiddeti ölçümleri için PMM 8053 ve bant seçici E şiddeti ölçümleri için ise SRM-3006 cihazları kullanılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları ArcGIS programı ile haritalara aktarılmıştır. Sonuç olarak ölçülen değerler BTK'nin yönetmeliğinde belirlenen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Memişoğlu (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Rize il merkezindeki anaokulları ve kreşlerdeki EMA seviyeleri tespit etmek için SRM 3006 cihazı ve üç eksenli bir anten kullanılmıştır. 22 farklı temel eğitim okulunda günün farklı zaman dilimlerinde yapılan ölçümler tablolar ve grafik haline getirilerek BTK tarafından ilan edilen standart değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda belirlenen değerleri aşan bir durumun olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca EMA kirliliğine maruz kalmamak için önerilere de yer verilmiştir.

Gürğan (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, bilimsel bir kaynak oluşturmak amacıyla Konya ilinde alışveriş merkezleri, hastaneler, otobüs durakları gibi insanların yoğun olarak bulunduğu yerlerde Narda EMR-300 ölçüm cihazı ile ölçümler yapılmış olup elde edilen ölçümler ulusal ve uluslararası limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tez de EM kirliliğe karşı alınabilecek bireysel ve kamu tedbirlerine de yer verilmiştir.

Özsaatçi (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Kahramanmaraş sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde, frekans aralığı 1MHz-9.4GHz olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir Spektrum Analizörü ve Narda NBM-550 geniş bant ölçer ile EF-0691 probe (100Khz-6GHz) olmak üzere iki farklı EMA ölçer cihazı ile 13 farklı noktada aynı gün içerisinde öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere iki ölçüm yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Öztürk (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Marmara Üniversitesi Başıbüyük yerleşkesindeki SRM 3006 cihazı ile farklı hava şartlarında EMA kirliliğini analiz etmek için 19 farklı noktada ölçümler yapılmış olup ölçümlerde edilen veriler ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Öztürk (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında, Munzur Üniversitesi Aktuluk yerleşkesinde 10 Mhz-8 Ghz bant aralığında çalışan Extech 480846 cihazı kullanılarak 14 farklı noktada hafta içi ve hafta sonu olarak ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler

neticesinde elde edilen değerler ICNIRP ve ulusal kuruluş olan BTK tarafından belirlenen limit değerlerle karşılaştırıldığında belirlenen sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Sayi (2020) tarafından yapılan tez çalışmasında, Bayburt ili Demirözü ilçesine bağlı Beşpınar Beldesi'nin merkezinde ve belde çevresinde SRM-3006 cihazı kullanılarak 11 farklı nokta 4 farklı zaman diliminde ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde zaman zaman yüksek değerler çıkmasına rağmen ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından belirlenen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Demiröz (2020) tarafından yapılan bu tez çalışmasında, Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesinde bulunan Mahir Ünal Caddesi'nde 6 farklı noktada hafta içi 5 gün olmak üzere E, H ve S ölçümleri Narda NBM-550 ve frekans aralığı 1 MHz-9.4 GHz olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü kullanılmıştır. Ölçümlerden elde edilen değerlerin tümü E, H ve S gibi değerleri BTK ve ICNIRP gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından tanımlanan limit değerleri ile karşılaştırıldı ve ölçüm sonuçlarının sınır değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında Diyarbakır il merkezindeki ve Dicle Üniversitesi'ndeki E değerleriyle noktasal tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu tematik haritaları çıkarılmıştır. 2010 yılında Diyarbakır ilindeki yapılan önceki çalışmalar ile güncel çalışmalar karşılaştırılmıştır. Diyarbakır il merkezinin en büyük AVM'lerinin birinde ölçümler alınmıştır. Elde edilen tüm ölçümler ICNIRP ve BTK gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından belirlenen limit değerler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu kısımda, EMA'lar ile ilgili genel bilgiler, ölçümlerde kullanılan SRM-3006 cihazı ve üç eksenli anteni, SRM-3006 cihazıyla nasıl bir ölçüm yöntemi kullanıldığı, SRM-3006 cihazı ile hangi frekans aralıklarının ölçüldüğü ve hangi bantların ölçüldüğü, elde edilen bulguların nasıl haritalandırıldığı, uluslararası kuruluşların EMA sınır değerleri ve BTK'nin ülkemiz için belirtmiş olduğu sınır değerleri anlatılmıştır.

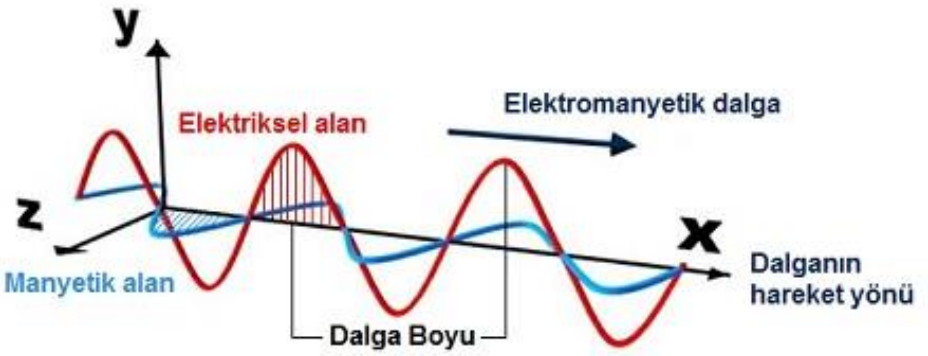
3.1 Elektromanyetik Alanlar ve Dalgalar

Yüklü bir parçacık hareket ettiği zaman, zamana göre değişen bir E oluşturmaktadır. Zamanla değişen E ise H'nin oluşmasına sebep olmaktadır. Zamanla değişen H'lerde E'nin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde birbirlerine bağlı olan E ve H'ler EMA'ı oluşturmaktadır.

Birbirine ve ilerleme yönüne dik iki düzlemde hareket eden E ve H'lerden oluşan dalgalara elektromanyetik dalgalar (EMD) denir. EMD, birbirine dik olarak titreşerek hareket eden H ve E bileşenlerinden oluşmaktadır. EMD formu temsili olarak Şekil 3.1'de gösterilmektedir. EMD'nin ayırt edici özellikleri dalga boyları ve frekanslarıdır. (Memişoğlu, 2019)

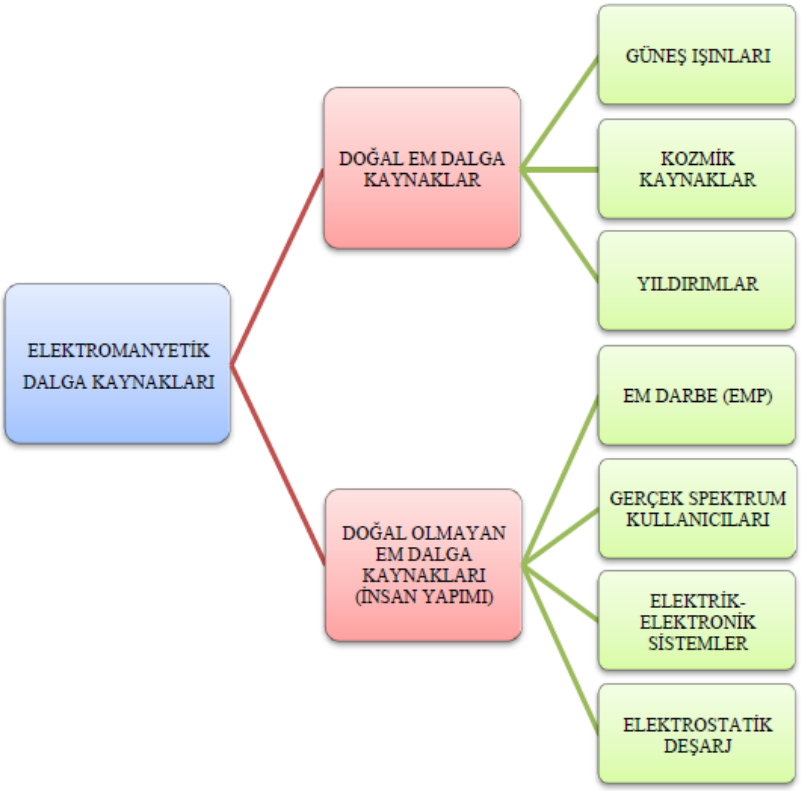
Bütün EMD'ler normal harmonik dalgaların özelliklerini gösterir. EMD'ler Maxwell denklemleriyle ifade edilir. EMD'lerin uzaydaki hızı ışık hızına ancak uzay dışındaki hızı yayıldıkları ortamların dielektrik ve manyetik geçirgenlik verilerine göre değişkenlik gösterir. Bu değişkenlik EMD hızının ışık hızından daha küçük olmasına sebep olur ve *v* ile gösterilir (Memişoğlu, 2019).

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi E ve H bileşenleri birbirine ve ilerleme yönüne dik bir şekilde hareket etmektedir.



Şekil 3.1 Elektromanyetik dalga formu (Memişoğlu, 2019)

EMD'ler, doğal ve doğal olmayan (insan yapımı) kaynaklar aracılığıyla yayılır ve hayatımızda önemli bir rol oynar. Radyo frekansı (RF) alanındaki EMD'ler iletişim, radyo ve televizyon yayıncılığı için kullanılır. Doğal ve doğal olmayan EMD kaynakları Şekil 3.2'de gösterilmektedir. EMD kaynakları da elektromanyetik girişim (EMI) kaynaklarıdır (Yaman, 2011).



Şekil 3.2 Elektromanyetik dalga kaynakları (Yaman, 2011)

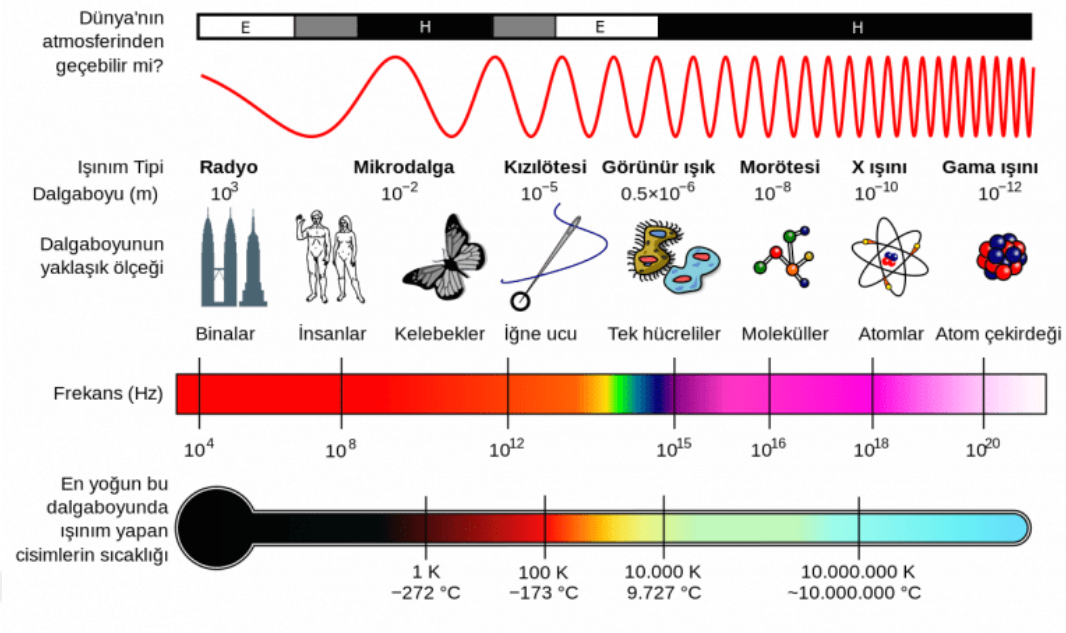
Şekil 3.2'de verilen doğal olmayan (insan yapımı) EM enerji kaynaklarının bazıları şunlardır;

- Elektrik akımı taşıyan yer altı ve yer üstü elektrik hatları,
- TV ve Bilgisayarlar,
- Elektrikli ev aletleri (Elektrikli süpürge, saç kurutma makinesi, v. b.)
- Mikrodalga fırınlar,
- Radyo ve TV vericileri,
- Tıbbi cihazlar,
- Telsiz haberleşme sistemleri,
- Hücresel telefon sistemleri (Baz istasyonları ve GSM telefon cihazları)

Yukarıda belirtilen sistemler ve cihazlar EMD yayan EM enerji kaynaklarıdır. Evlerdeki elektrik tesisatı ve güç iletim hatlarının neden olduğu alanlar 50 Hz'lik olduğundan dolayı bu alanlar çok düşük frekanslı (ELF) alanlar olarak adlandırılır (Yaman, 2011).

3.2 Elektromanyetik Spektrum

EM spektrum Şekil 3.3'te de görüldüğü gibi radyo dalgası, mikro dalga, kızıl ötesi, görünür ışık, mor ötesi, x ışınları ve gama ışınlarının tümünü gösterir. EM spektrum, EMD'lerin enerjisine, dalga boyuna ve frekansına göre sınıflandırılabilen bir temsil şeklidir. EM spektrumda, frekans ne kadar yüksekse, enerji o kadar yüksek ve dalga boyu o kadar kısadır. Frekans ne kadar düşük ise enerji o kadar düşük ve dalga boyu o kadar uzundur. EM spektrum, gama ışınları ve kozmik ışınlar gibi yüksek frekanslı ışınlardan radyo dalgaları gibi düşük frekanslı ışınlara kadar tüm EMR içerir (Aygün, 2019).



Şekil 3.3 Elektromanyetik spektrum (Sarıkahya, 2014)

EM spektrum, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan EMD bölgelerine ayrılmıştır. Aralarındaki temel fark taşıdıkları enerjidir. İyonlaştırıcı radyasyon, iyonlaştırıcı olmayan radyasyondan daha fazla enerji taşır. İyonlaştırıcı olmayan EMD'ler arasında radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi ışınlar ve görünür ışık bulunurken, iyonlaştırıcı EMD'ler arasında ultraviyole ışınlar, x-ışınları ve gama ışınları bulunur (Aygün, 2019).

3.2.1 İyonlaştırıcı radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı malzemede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyondur. İyon oluşumu veya iyonlaşma, herhangi bir maddede veya insanlar dahil tüm organizmalarda meydana gelebilir. Bu nedenle iyonlaştırıcı radyasyon önleyici tedbirler alınmazsa tüm canlılara zarar verebilir.

3.2.2 İyonlaştırmayan radyasyon

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun enerjisi, iyonlaştırıcı radyasyondan çok daha küçüktür; bir maddeden geçerken yüklü iyonlar oluşturmak yerine moleküllerin döngüsel, titreşimli veya elektron değerini değiştirebilir. Radyo dalgaları, mikro

dalgalar, kızıl ötesi ışınlar, görülebilir ışık iyonlaştırmayan radyasyon çeşitleridir (Aygün, 2019).

3.2.2.1 Radyo dalgaları

Radyo dalgalarının frekansı 3 kHz ile 300 GHz arasındadır ve dalga boyu 1 mm ile 100 km arasındadır. EM spektrumda en geniş yelpazeyi kapsar. Işık hızında hareket ederler. Yıldırımın yaydığı dalgalar doğal radyo dalgalarıdır. Mobil radyo iletişimi, radyo ve televizyon, radar ve navigasyon sistemleri, uydu iletişimi, bilgisayar ağı sistemleri gibi birçok uygulama yapay radyo dalgalarının kaynaklarıdır (Aygün, 2019).

3.2.2.2 Mikrodalgalar

En kısa radyo dalga boyuna sahipler. Mikrodalga frekansları genellikle 300-300.000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalga frekanslar; radarlarda, mikrodalga fırınlarda, cep telefonlarında, WLAN, bluetooth kulaklıklarda, güvenlik sistemlerinde kullanılır. "Mikrodalgalar" terimi, EMD'nin dalga boyunun 1 metreden az olduğu frekansları tanımlar. Dalga boyu 1 cm'den (30-300 GHz aralığında) az olan frekanslara "milimetre" dalgalar da denir. Dalga boyu 1 mm'den (300-3000 GHz) az olan frekanslara "submilimetrik" dalgalar denir (Memişoğlu, 2019).

3.2.2.3 Kızıl ötesi ışınlar

Dalga boyu 0,7 ile 300 mikrometre arasında ve frekansı 1 ile 430 THz arasında olan ve çoğu iyonlaştırıcı olmayan bir radyasyon türüdür. Deri ve gözler, kızılötesi ışınları ısı olarak alır ve işçiler bu ışınların etkilerini ısı ve acıyı hissederek görürler. Kızılötesi ışık kaynaklarının örnekleri fırınlar, ısı lambaları ve kızılötesi lazerlerdir (Aygün, 2019).

3.2.2.4 Görülebilir ışık

İnsan gözüyle görülebilen 400-700 nm aralığında bulunan bu tip iyonlaştırıcı olmayan radyasyon, gözle tespit edilebilmektedir. Görünür ışığa aşırı maruz kalmak gözlere ve cilde zarar verebilir (Aygün, 2019).

3.2.2.5 Mor ötesi ışınlar

Dalga boyları 400 nm'nin üzerinde başlayan mor ötesi ışınları çoğunlukla iyonlaştırıcı olmayan radyasyondur. Bununla birlikte, yüksek bir foton enerji aralığına sahip olduğu için, biyolojik molekülleri elektronik olarak uyarma ve bu uyarım sonucunda ortaya çıkan istenmeyen reaksiyonları oluşturma yeteneği, iyonlaşma olmaksızın biyolojik sistemlerde bir miktar iyonlaştırıcı radyasyon tehlikesine neden olmaktadır. Mor ötesi ışık kaynakları güneş, siyah ışıklar, kaynak arkları ve ultraviyole lazerdir. Cıva, ark lambalarından elde edilen ultraviyole ışınları kliniklerde, gıda endüstrisinde virüsleri ve bakterileri öldürmek için kullanılmaktadır (Aygün, 2019).

3.3 Elektromanyetik Dalganın Maddelerle Etkileşimi

EMD'ler, yayıldıkları ortamda çeşitli engellerle karşılaşırlar. Bu engellere rağmen EMD'ler hareket etmeye devam edecek. Ancak EMD'ler, bu engellerle etkileşimlerine göre durum değiştirirler. Bu etkileşimleri şunlardır: yansıma, kırınım, kırılma ve saçılma. Bu engellerin temsilcileri Şekil 3.4'te gösterilmektedir (Yaman, 2011).

3.3.1 Yansıma

Işığın aynadan yansıması gibi EMD'ler de çeşitli malzemelerden yansır. Toplam yansıma durumunda, E şiddeti değeri alıcı noktada sönümlemeye veya güçlü radyasyona neden olacaktır.

3.3.2 Kırınım

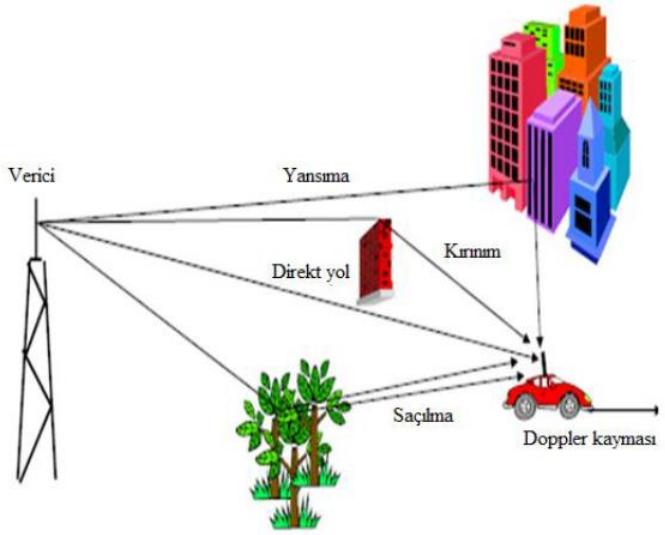
EMD'ler yayılırken önlerine herhangi bir madde çıkınca kırımıma uğrarlar. EMD'ler, dalga duvarının önündeki engellerden belirli bir oranda güç kaybederek yayılır.

3.3.3 Kırılma

EMD'ler, havanın yoğunluğuna bağlı olarak hareket yönünde yüzeye paralel olma eğilimindedir. Çok yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama giren bir dalga, hareket yönünden uzaklaşacaktır. Bükülme yüzeye tam olarak paralel olduğunda, dalga artık yatay olarak polarize olmuştur. Düşük frekanslarda bu bükülme daha küçük olduğu için EMD'ler daha uzun süre hareket edebilir.

3.3.4 Saçılma

İletişim ortamında bir alıcıya vericiden doğrudan gelen bileşen ile birlikte yansıma ve kırılma yoluyla oluşan bileşenlerde gelir. Saçılma, belirli bir vericiden gelen sinyallerin çeşitli nesneler ve yüzeyler üzerinde rastgele yönlerde dağıtılmasını ifade eder. Ortamdaki birçok rastgele konumdaki nesnelerden ve yüzeylerden saçılan sinyaller ortama yayıldığında, ortamdaki yapı karmaşık hale gelir. Şekil 3.3'te görüldüğü bu durum gösterilmiştir. Bu durumda, bu etkiden dolayı, verici tarafından iletilen sinyal gücü ile alıcıya ulaşan sinyal gücü arasında bir fark olacaktır. Alınan sinyal, yansıma, kırınım ve saçılma etkileri ile tahmin edilenden daha güçlü veya daha zayıf olabilir.



Şekil 3.4 Elektromanyetik dalga yayılımı gösterimi (Yaman, 2011)

3.4 Maxwell Denklemleri

Maxwell'in oluşturduğu denklemler; EM teorinin gelişmesini sağlamıştır aynı zamanda haberleşmenin de gelişmesini sağlamıştır. James Clerk Maxwell'in tarafından formüle edilen bu denklemlere Maxwell denklemleri denilmiştir.

Maxwell denklemlerinin diferansiyel formu aşağıdaki denklemlerle gösterilir.

$$\nabla x \boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \tag{3.1}$$

$$\nabla x \boldsymbol{H} = \boldsymbol{J} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \tag{3.2}$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{D} = \rho_V \tag{3.3}$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0 \tag{3.4}$$

$\boldsymbol{H}$, manyetik alan şiddetini; $\boldsymbol{D}$, elektrik akı yoğunluğunu; ρ yük yoğunluğunu ifade ederken v ise hacmi simgeler, yani ρ_V hacim yük yoğunluğunu ifade etmektedir (Cansız, 2016).
Yukarıdaki denklemler Maxwell denklemleri olarak tanımlanmaktadır. 3.3 nolu denklemde p_V'nin serbest yüklerin hacim yoğunluğu olduğunu bilmek gerekir. Ayrıca 3.2 nolu denklemde **J**'nin ise hem konveksiyon akımdan $(p_v U)$ hem de iletkenlik akımından(σE) oluşacak serbest akım yoğunluğu olduğunu bilmek gerekmektedir. Bu yasalar EM teorinin temelini oluşturmaktadır.

EM teori, elektrik ve manyetik kökenli etkileşimleri birleştirerek EM etkileşme adının verildiği ve bu etkileşmeyi içeren olayları inceleyen ve 1894'de James Clerk Maxwell'in geliştirdiği bilim dalıdır. 19. Yüzyıla kadar ayrı bir bilim dalı olan optik, ışığın bir EMD olduğu kanıtlanınca, EM teorinin kapsamına girmiştir.

3.5 Elektromanyetik Dalga Denklemi

EMD denklemi, EMD'lerin ortamda yayılmasını tanımlar. Dalganın zamanla değişen kısmını pozisyon değiştiren kısım ile birleştiren ikinci dereceden bir kısmi diferansiyel denklemdir.

E fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\boldsymbol{E}_{(\boldsymbol{r},\boldsymbol{t})} = \boldsymbol{E_0}\cos(\mathrm{wt} - \mathbf{kr}) \tag{3.5}$$

3.5 nolu denklemde $\boldsymbol{E_0}$ E'nin en büyük değeri (dalga genliği) ifade etmektedir ve k=2π/λ dalga sayısıdır.

Alan denklemlerinin zamansal ve uzamsal ilişkisi, bir dizi denklem aracılığıyla birbiriyle ilişkilidir. E ile ifade edilen denklemin homojen formu 3.5 nolu denklem ile gösterilmiştir.

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial t^2}\right)\boldsymbol{E} = \left(\nabla^2 - \mu\varepsilon\frac{\partial}{\partial t^2}\right)\boldsymbol{E} = 0 \tag{3.6}$$

Bu açıdan, bir dalganın yayılma hızı, zamana bağlı kısmının konum kısmına oranı olarak tanımlanır ve 3.6 nolu denklem ile gösterilmiştir.

$$v = 1 \,/\, \sqrt{\varepsilon/\mu} \tag{3.7}$$

3.7 nolu denklemde ε ve μ, ortamın elektrik ve manyetik geçirgenliğidir. EMD'ler, ışık hızında uzayda dolaşırlar. EMD'nin diğer ortamlardaki hızı yayıldıkları ortamların dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerine bağlıdır ve ışık hızından daha düşüktür. Boşluğa ait değerlerle bu hız *c* ışık hızına eşittir (Memişoğlu, 2019).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = 3.10^8 m\ /\ s \tag{3.8}$$

$$c = \frac{E_0}{B_0} \ ; E_0 \text{ ve } B_0 \text{ alanların maksimum şiddetleri} \tag{3.9}$$

$$c = \frac{w}{k} \tag{3.10}$$

3.10 nolu denklemde w açısal frekans ve k dalga sayısı ve c de ışık hızını tanımlar.

3.6 Elektromanyetik Alan Kavramları

3.6.1 Elektromanyetik girişim

EMI, elektrik sinyalleri üzerindeki yüksek frekanslı sinyallerin çakışması veya üst üste binmesidir. Elektronik ekipmanın bozulmasına, arızalanmasına sebep olan, radyo frekansları ya da doğal parazit etkileri olarak tanımlanır. Elektronik sistemlerin ortaya çıkmasıyla, EMI giderek daha önemli hale geldi. Elektronik devreler hemen hemen her yerde EMI sorunlarını ortaya çıkarmıştır. EMI örneklerini yaşantımızda görmek mümkündür. Bilgisayar monitörünün veya televizyonun yakınında bırakılan telefonun aranmasıyla ekranda meydana gelen parazitlik en iyi örneklerden biridir (Memişoğlu, 2019).

3.6.2 Elektromanyetik uyumluluk (EMC)

Elektrikle çalışan bir sistem veya cihazın çalışırken istenmeyen bir frekans aralığı oluşturmamak veya EM girişime neden olan dalgaları yaymadan çalışabilmek aynı zamanda cihazın kendi iç ünitelerinden gelebilecek istenmeyen girişimlere karşı korumalı olması durumuna EMC denilmektedir.

EMC, EM enerjinin üretilmesi, alınması ve iletilmesi durumunda sağlanan tüm etkilerdir ve herhangi bir EMI'ya neden olmaz. Standartların oluşması nedeniyle EMC, elektronik ürünlerin satışı için çok önemli bir standarttır. Ürün herhangi bir

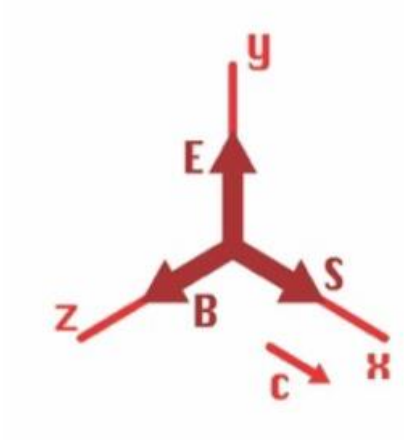
ülkenin / bölgenin EMC gereksinimlerini karşılamıyorsa, ürün o ülke / bölgede satılamaz. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte EMC, elektronik sistemlerin veya ekipmanların tasarımında diğer tasarım standartları kadar önemli hale gelmiştir. 1996'dan beri EMC standartları, elektronik cihazlar için zorunlu standartlar haline gelmiştir (Memişoğlu, 2019).

3.6.3 Elektromanyetik enerji

EMD, ısı, ışık ve parçacık gibi özelliklere sahiptir. Bu EMD'ler, çevremizde sürekli olarak bulunur ve çok çeşitli dalga boylarını kapsar, uzayda yayılarak hareket eden bu dalgalar karşılaştıkları nesnelere enerji aktarırlar. EMD'ler enerjisini paketler halinde taşır ve dalga frekansı yükseldikçe dalga boyu kısalır alanda yayılan enerji yükselir.

$$E = h \cdot f = h \cdot c \,/\, \lambda \tag{3.10}$$

Poynting vektörü; bir EMD'nin akış yönüne dik olan birim yüzeyden geçişine denilmektedir. 'S' ile gösterilir. Birimi $J \,/\, s \cdot m^2$ 'dir. Poynting vektörünün büyüklüğü, birim yüzey başına düşen gücü ifade eder. Poynting vektörünün yönü, dalganın yayılma doğrultusundadır. Şekil 3.5.'de gösterilmiştir (Memişoğlu, 2019).



Şekil 3.5 Elektromanyetik dalganın enerji yayılımı (Memişoğlu, 2019)

Potnting vektörü, güç akı yoğunluğu olarak ifade edilmektedir. E ve H şiddetine bağlı olarak formülüze edilmesi 3.11, 3.12, 3.13 nolu denklemler ile gösterilmiştir.

$$S = ExH \tag{3.11}$$

$$H = E \,/\, 377 \tag{3.12}$$

$$S = E \cdot H = E^2 \,/\, 377 \tag{3.13}$$

Poynting vektörünün bu denklemleri, zamanın her anında uygulanabilir ve enerjinin birim yüzeyden anlık geçme hızını ifade etmektedir.

EMD'nin boşlukta yayılmasına karşı gösterilen direnç 3.14 nolu denklemde 'Zo' olarak gösterilmiştir. Skaler değeri 377 dir. Bir başka deyişle dalga empedansı "Z" ile gösterilir ve birimi ohm (Ω)'dur. Serbest uzayın bağıl manyetik geçirgenliği ve bağıl dielektrik katsayısı bir olduğu için dalga empedansı;

$$Z = Z_0 = (\mu_0 / \varepsilon_0)^{1/2} = 120\pi = 377\Omega \quad (3.14)$$

olarak ifade edilmektedir (Memişoğlu, 2019).

3.6.4 Özgül soğurma oranı

Canlı bir vücut tarafından EMD'lerden emilen enerji, "Özgül Soğurma Oranı" (SAR) ile verilmektedir. SAR, insan vücudunun kilogram başına soğutulacak ortalama enerji miktarını temsil eder. SAR değerinin formülüze edilmiş hali 3.15 nolu denklemde verilmiştir.

$$SAR = \sigma E^2/p \ \ [W/kg] \quad (3.15)$$

σ: iletken EB/μ $[S/m]$

E: Elektrik alan $[V/m]$

p: Yoğunluk $[kg/m^3]$

SAR değeri doğrudan ölçülemeyen bir parametre olduğu için, bir E'ına dönüştürülebilen direkt E'nı veya güç akısı yoğunluğu veya H değerini ölçmek yeterlidir. Burada güç akısı yoğunluğu, EMD'nin akış yönüne dik olarak birimin yüzeyinden geçen enerji akısını temsil eder ve eşitlik 3.16 nolu denklemde hesaplanır.

$$S = EB/\mu \ [W/m^2] \quad (3.16)$$

Normal ağırlıktaki bir insan vücudunda yapılan çalışmalarda, vücut sıcaklığındaki her (1 ° C' lik) artış için SAR = 4 W / kg gerektiği bulunmuş ve bu sıcaklık artış ölçüsü esas alınarak bir sınır değer belirlenmiştir.

Uzmanlar, 1.0 SAR'dan yüksek bir değerin yüksek risk taşıdığını söylüyor. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yasal SAR değeri sınırı 1,6 W / kg'dır. 1,6 W / kg değer sınırını aşan telefonların satışı yasaktır. Avrupa'da belirlenen üst sınır 2,0 W / kg'dır. Ülkemizde değer 2,0 W / kg olarak belirlenmiştir (Memişoğlu, 2019).

3.7 Elektromanyetik Alan Kaynakları

EMA kaynaklarını doğal ve yapay olmak üzere iki başlıkta incelenmek gerekir. Doğal EM kaynaklar arasında; güneş, yıldız ışımaları, yıldırım, şimşek sayılabilir. Doğal olmayan EM kaynaklara örnek olarak; elektrik akımı taşıyan bütün kablolar, uzayda bulunan uydular, yer altı kabloları, yer üstü kabloları, elektrik ile çalışan ev aletleri (armatürler, ütü, saç kurutma makinesi, elektrikli süpürge, fırınlar, televizyonlar vb.), radyo, telsizler, cep telefonları, mobil haberleşme sistemleri (baz istasyonları) olarak verebiliriz. Elektromanyetik alan kaynakları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Elektromanyetik alan kaynakları (Memişoğlu, 2019)

Tablo 3.1'de radyo, ütü, buzdolabı, mikser, tost makinesi, saç kurutma makinesi, tv, kahve makinesi, süpürge, fırın, ampul gibi elektrikli cihazların E şiddeti değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2'de elektrikli battaniye, tüplü televizyon, monitör, 400.000 V hat (100 m), müzik seti, 90.000 V hat (90 m), ekmek kızartma makinesi, tıraş makinesi, buzdolabı gibi elektrikli cihazların H şiddeti değerleri verilmiştir.

Tablo 3.1 Bazı elektrikli cihazların E şiddeti (Aygün, 2019)

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

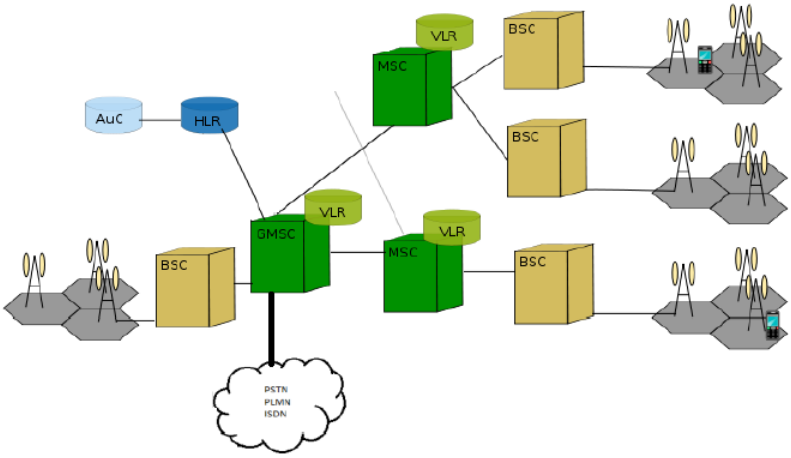
Tablo 3.2 Bazı elektrikli cihazların H şiddeti (Aygün, 2019)

Elektrikli Cihazların H Şiddeti	**mT**
Elektrikli Battaniye	36
Tüplü Televizyon	20
Monitör	14
400.000 V Hat (100m)	12
Müzik Seti	10
90.000 V Hat (30m)	10
Ekmek Kızartma Makinesi	8
Tıraş Makinesi	5
Buzdolabı	3

3.7.1 Mobil haberleşme sistemleri

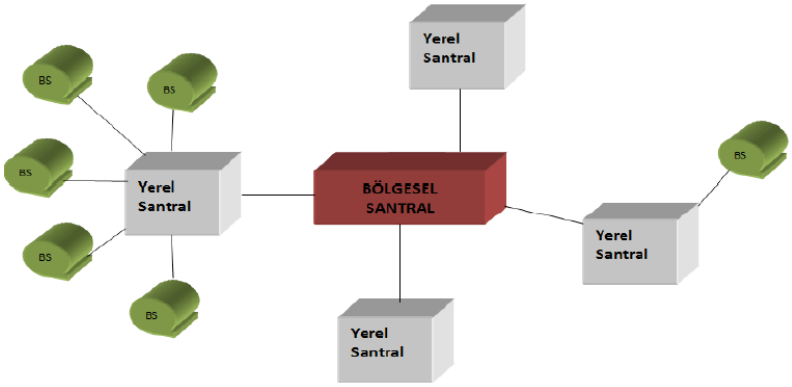
Mobil haberleşmeyi anahtarlama ve transmisyon olarak incelemek gerekmektedir. Transmisyon, sinyalin bir yerden başka bir yere iletilmesi işlemidir. Anahtarlama ise sinyalin nereye gitmesi gerektiğine karar verme ve gideceği yöne yönlendirme işlemi yapan elemanlardır. Şekil 3.7'de bir GSM sinyalinin yolculuğu gösterilmiştir.

Sistemde, her hücrede sabit bir Alıcı-Verici Baz İstasyonu (BTS), BTS'lerin bağlı bulunduğu Baz İstasyonu Kontrol Merkezi (BSC), BSC'lerin bağlı olduğu Mobil Anahtarlama Merkezi (MSC) bulunmaktadır. MSC'lerin bünyesinde HLR, VLR, AUC, bulunmakta ve G-MSC'ler hücresel ağın diğer şebekelerle ara yüzünü oluşturmaktadır (Gürbüz, 2012).



Şekil 3.7 GSM sinyal yolculuğu (Gürbüz, 2012)

Mobil haberleşmenin network yapısını genel hatlarıyla incelersek Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Mobil iletişim ağ yapısı (Gürbüz, 2012)

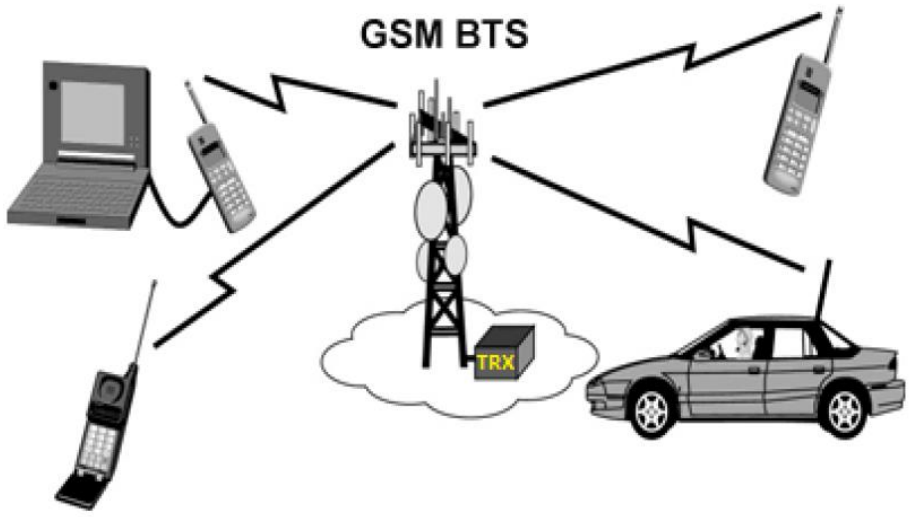
Mobil cihazdan gelen sinyal ilk olarak baz istasyonu aracılığıyla yerel bir santrale yönlendirilir. Oradan alan bölgesel santralleri kullanılarak mobil cihazın bulunduğu baz istasyonuna gönderilir. Bu süreçte, hareket sırasında sinyal iletimi ve kontrolü ile değiş tokuş edilen sistem (hedef mobil cihazın yerini tespit etmek, bir arama yapmak ve mobil cihazı bir baz istasyonundan diğerine aktarmak (handover) gibi) temel ağ olarak adlandırılır. Mobil cihaz ile baz istasyonu arasındaki radyo iletişim ara yüzü, fiziksel kanal yapısı, saha planlaması ve optimizasyonu gibi konuların tümü, radyo erişim ağı aracılığıyla tamamlanır. Bir ağ içinde sinyalleri kablolu veya kablosuz olarak etkili bir şekilde ileten bir sisteme ulaştırma şebekesi (transport network, transmission) denir (Gürbüz, 2012).

3.7.2 GSM şebeke elemanları

GSM şebekesinde kullanılan elemanlar ve temel fonksiyonlar aşağıda özetlenmiştir.

3.7.2.1 Baz istasyonu

Baz istasyonu (BTS), mobil istasyonun (telefonun) şebekeye ara yüzüdür. Şekil 3.9'da ağ yönetimi gösterilmiştir. Her cep telefonu bir tane verici ile iletişim kurmak zorundadır. Günümüzde baz istasyonları farklı yönlere doğru çevirerek değişik güçlerde yayın yapmasını sağlayan antenler kullanılmaktadır.



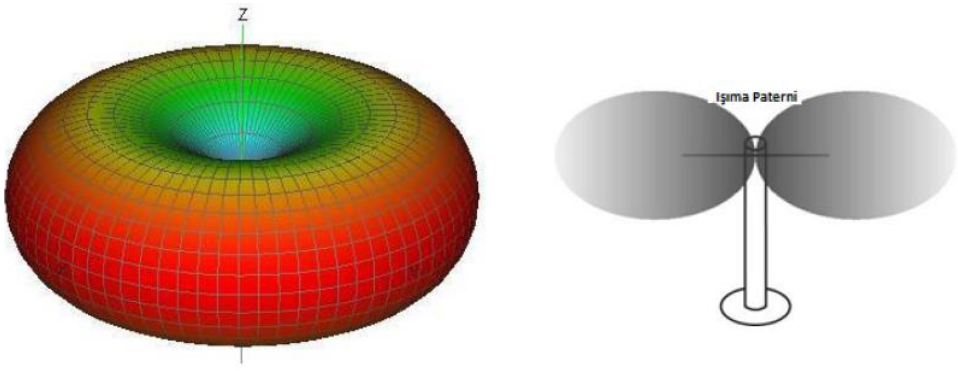
Şekil 3.9 Ağ yönetimi (Gürbüz, 2012)

3.7.2.2 Anten

EMD'leri alır ve yayar. Akım değişimini EMD'ye dönüştürür boyut ve şekli gönderilen sinyalin kullanım amacına ve frekansına göre değişir. Antenin verici ve alıcı özellikleri aynıdır. Buna antenlerin karşılıklılık (reciprocity) özelliği denir. İki yönlü iletişimde, iletim ve alım için aynı anten kullanılır. Işıma Örüntüsü (Radiation Pattern), sabit bir mesafe boyunca anten radyasyon gücünün (EMA şiddetinin) açısal değişimini gösteren bir grafiktir. Anten ışıma modeli üç boyutludur, ancak pratikte genellikle yatay ve dikey düzlemlerde iki boyutlu bir kesit olarak çizilir. Anten bir verici veya alıcı olarak çalıştığında, ışıma örüntüsü aynıdır. Radyasyon modelinin boyutu önemli değil. Önemli olan, her yönde ışıma modelinin oluştuğu nokta ile antenin konumu arasındaki bağıl uzaklıktır. Antenin ışıma örüntüsü, antenin uzak alan alanındaki EMA yoğunluğunun ölçülmesiyle elde edilir. Antene veya herhangi bir ışıma elemanına yakın alan olarak tanımlanır ve uzak alan olarak tanımlanır. Yakın alan, E ve H bileşenlerinin düzlem dalgaların özelliklerini göstermediği, daha fazla reaktif enerjinin biriktiği alandır. Uzak alan, düzlem dalga yaklaşımının gerçekleştirilebildiği alandır. Yakın alan ve uzak alan tanımı, frekans, anten boyutu ve diğer parametreler gibi anten tipi ve etkileşimine göre belirlenir (Docplayer, 2021).

3.7.2.3 Dipol anten

Kazancı ve yönü olan düz metal iletken antendir (Eski tip TV antenleri). İzotropik antene kıyasla 2,15 dB (2.15 dBi) kazancı vardır. Anten doğrultusunda sıfır, anten doğrultusuna dik noktalarda en yüksek seviyesindedir. Şekil 3.10'da dipol anten ve ışıma diyagramı gösterilmiştir.

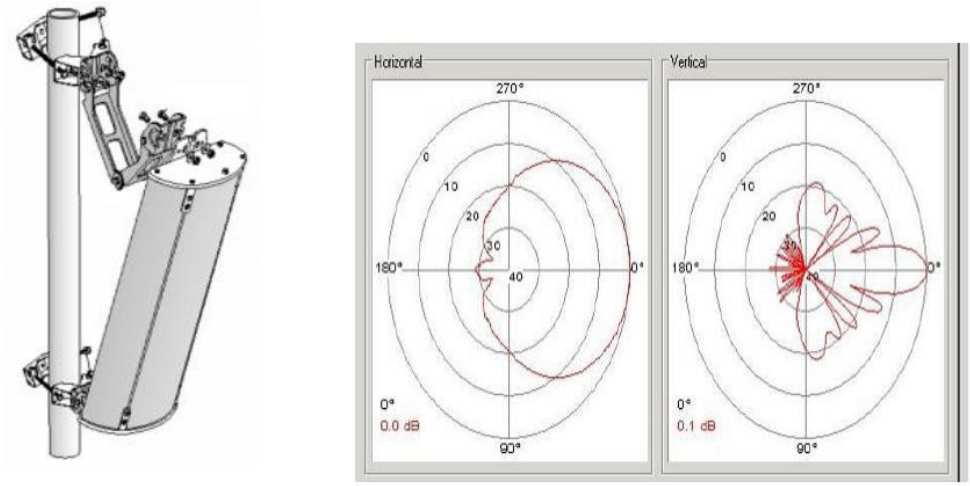


Şekil 3.10 Dipol anten ve ışıma diyagramı (Gürbüz, 2012)

Dipol anten EM ışınım yaparken etrafında üç alan oluşturmaktadır. Birinci alan reaktif yakın alanı, ikinci alan ışıma yakın alanı (Fresnel) ve üçüncü alan uzak alan (Fraunhofer) olarak isimlendirilmiştir.

3.7.2.4 Sektör anten

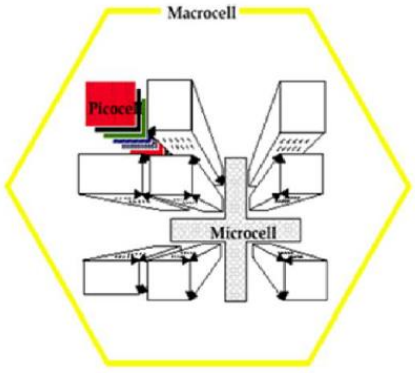
Kazancı ve yönü vardır. GSM baz istasyonları için tercih edilmiştir. Şekil 3.11'de sektör anten ve ışıma diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Sektör anten ve ışıma diyagramı (Gürbüz, 2012)

3.7.2.5 Site ve hücre

Site (saha), bir baz istasyonu anten sistemi tarafından radyo kapsaması verilen en temel birimdir. Bir site ya da birden fazla hücreden (cell) oluşmaktadır. Trafik yoğunluğuna, coğrafi koşullara, nüfusa göre seçilen bu hücreler çeşitli isimler alırlar. Bunlar; Makrocell, Mikrocell ve Picocell'dir. Şekil 3.12'de hücre yapısı gönderilmiştir.



Şekil 3.12 Hücre yapısı (Gürbüz, 2012)

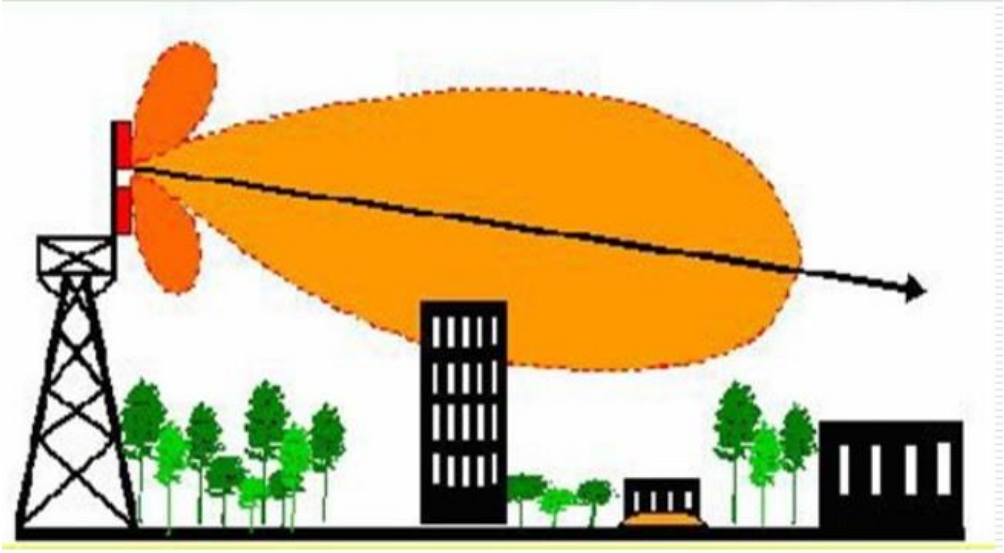
GSM sistemi antenin güç düzeyine bağlı üç tip hücre bulunmaktadır.

Makroseller: Makroseller sistemin ana yapısını oluştururlar. 35 km'lik bir mesafe de etkinlik gösterirler. İnsan yaşamının az olduğu alanları kapsar.

Mikroseller: Ana ağın etkinliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Şehir içerisinde insan nüfusunun daha seyrek olduğu alanı kapsar.

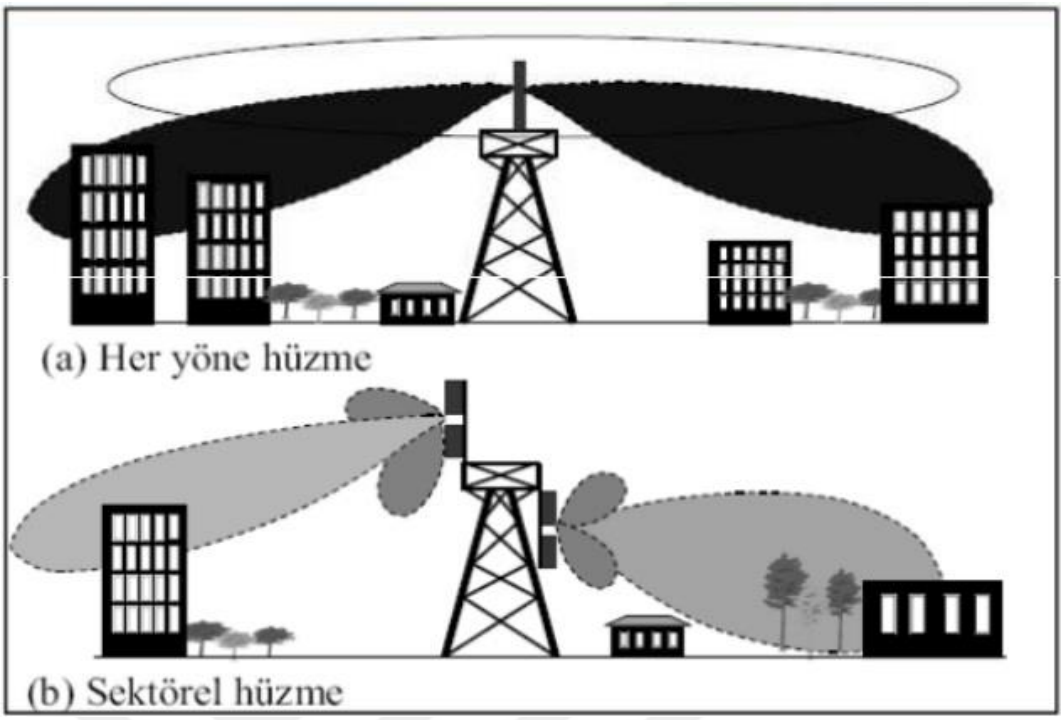
Pikoseller: Bina içerisine yerleştirilen ve birkaç watt güçle çalıştırılan baz istasyonlarıdır. Dar alanlar, sokaklar, tüneller gibi çok düşük şiddetleri kullanılır (Sayi, 2020).

Binanın çatısına kurulan baz istasyonu, dört metre uzunluğunda beyaz kutu şeklinde bir cihaz olup, iki çubuk anten, bir anten ve bir çanak antenden oluşmaktadır. Baz istasyonunun günlük anten çıkış mesafesi hesaplanırken, antenin güvenlik mesafesi belirlenmelidir. Antenin günlük mesafesi içinde okul, ev, parkların bulunmamasına ve anten kurulumunda insanların yaşam alanlarına dikkat edilmektedir (Sayi, 2020). Şekil 3.13'te güvenlik mesafesi ve şekil 3.14'te antenleri geniş huzmeli ve bir alana yönelmiş sektörel hüzme gösterilmiştir.



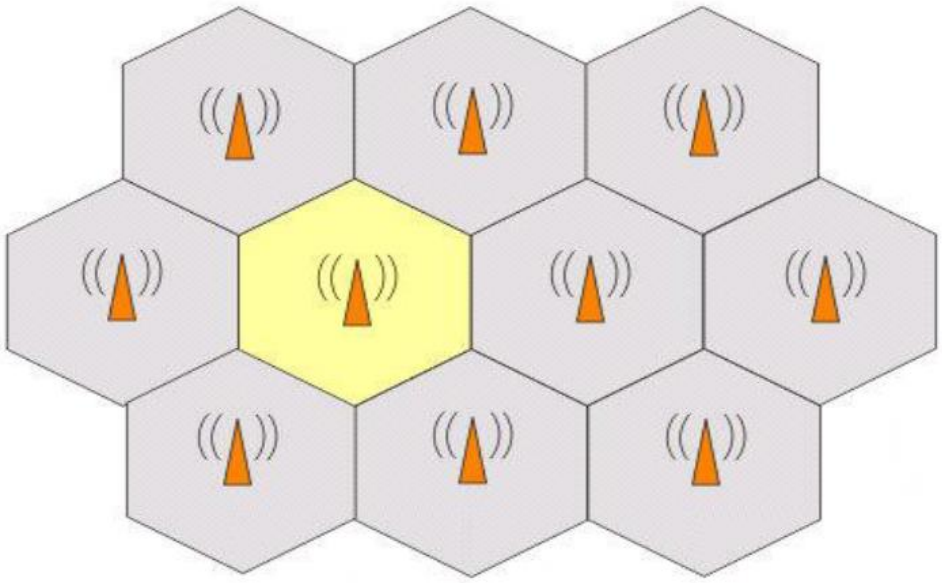
Şekil 3.13 Güvenlik mesafesi (Slideplayer, 2021)

Antenler geni huzmeli veya belli bir alana yönelmiş sektörel huzmeli olabilir.



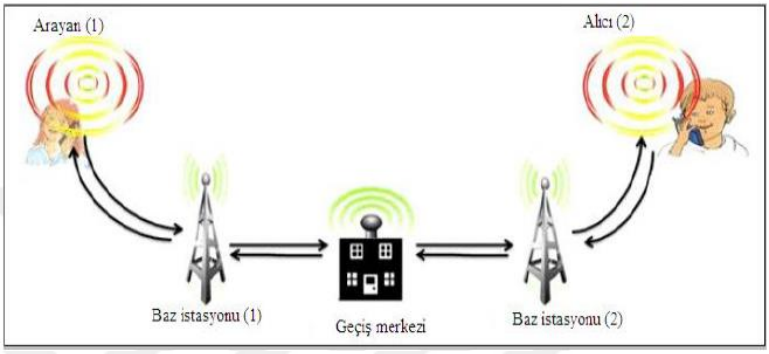
Şekil 3.14 Antenleri geniş huzmeli ve bir alana yönelmiş sektörel hüzme (Elektrik Mühendisleri Odası, 2021)

Baz istasyonu ve cep telefonu, aramanın yapıldığı bölgeyi bir hücre olarak kullanır. Her hücrenin bir baz istasyonu vardır. Şekil 3.15'te baz istasyonunun hücre yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Baz istasyonunun hücre yapısı (Aygün, 2019)

Baz istasyonları birbiriyle ağa bağlıdır. GSM sistemi ile baz istasyonu arasındaki iletişim EMD'ler aracılığıyla gerçekleştirilir. Baz istasyonundan yayılan EMA, baz istasyonunun kullanım yoğunluğuna göre değişmektedir. Baz istasyonunun kapasitesi sınırlıdır ve daha fazla telefon etkinleştirildiğinde telefonların kapsama alanında olmadığı görülmektedir. Şekil 3.16'da baz istasyonlarının çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Baz istasyonlarının çalışma prensibi (Aygün, 2019)

3.7.2.6 Cep telefonları

Cep telefonlarından ses dalgaları ve görüntü dalgaları alışverişi yapabilen düşük güçlü radyo istasyonlarıdır. Cep telefonları, sinyal göndermek için radyo frekansı (RF) kullanır. Bu iletişim EMD'lerle sağlanır. Ancak bu dalgalar insan vücudunun, özellikle de beynin ısısının yükselmesine neden olur. Artan sıcaklık beyne ve dokulara zarar verebilir. Sonuç olarak, belirli standartlar getirildi ve standartların dışında ekipman satışı yasaklandı. Bu standart, SAR olarak adlandırılır. SAR, insan vücudunun ortalama olarak kilogram başına soğutacağı enerji miktarını gösterir. (İnce, 2007) Şekil 3.17'de bir insan üzerindeki cep telefonu kullanımının ısı değişimine ait görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.17 Cep telefonu kullanımının ısı değişimine ait görüntüsü (Aygün, 2019)

1988'de yapılan bir araştırmaya göre, radyo operatörleri, bilgi işlem personeli, elektrik santralleri ve trafo merkezlerindeki çalışan işçiler ve film projektörlerinin Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, depresyon ve nöro dejeneratif hastalık riskinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

1994 yılında Finlandiya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan araştırmaya göre, EMA'lara maruz kalan kişilerin Alzheimer hastalığına yakalanma riskinin kadınlardan 3,4 kat, erkeklerden 4,9 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü, 16 yaşın altındaki çocukların gerekmedikçe günde en fazla 10 dakika cep telefonlarını kullanmalarını önermektedir (Aygün, 2019).

1. nesil mobil telefon teknolojisi (1G)

Analog bir sistem olan 1G 1980 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Frekans bandı 450 MHz'dir.

2. nesil mobil telefon teknolojisi (2G)

Çoklu erişim teknolojine sahip 2G 1991 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Frekans bandı olarak 450 MHz, 900 MHz veya 1500 MHz'lerini kullanmıştır. Türkiye bu teknoloji ile mobil telefon teknolojiyle tanışmıştır.

3. nesil mobil telefon teknolojisi (3G)

Bölgelere göre farklı frekans bandı, kanal teknolojisi ve çoklama yöntemi kullanan 3G ülkemize 2009 yılında kullanılmaya başlanmıştır. UMTS sistemler olarak bilinen 3G frekans bandı 2100 MHZ 'i kullanmıştır. Bu frekans bandı veri aktarımını çok hızlandırmıştır. Görüntülü konuşma, telemedikal, mobil TV gibi birçok uygulamanın hayatımıza girmesini sağlamıştır. 3G teknolojisi sayesinde cep telefonları görüşme yapmanın yanı sıra adres bulmak, video izlemek, görüntülü konuşmak gibi uygulamaları kullanmamıza olanak sağlamıştır.

4. nesil mobil telefon teknolojisi(4G)

Tamamen sayısal sistemlerden oluşan 4G teknolojisi 2016 yılında ülkemizde kullanılmaya başlanmıştır. LTE sistemler 4G teknolojisi frekans bandı olarak 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz'lerini kullanmaktadır. Ortogonal frekans bölmeli çoklu erişim (OFDMA), çoklu giriş ve çoklu çıkış (MIMO) ve tek taşıyıcı frekans bölmeli çoklu erişim (SC-FDMA) radyo teknolojilerini kullanarak 21 Mbit/s hızlardan 672 Mbit/s veri hızlarına ulaşabilmektedir.

5. nesil mobil telefon teknolojisi(5G)

5G teknolojisinin çoklu kullanıcılı MIMO teknolojisine sahip olacağı öne sürülmektedir. Beşinci nesil mobil teknolojileri konusunda araştırma ve çalışmalar devam etmektedir (Polat A. Ö., 2013). Şekil 3.18'de cep telefon teknolojisinin tarihsel gelişimi verilmiştir.



Şekil 3.18 Cep telefon teknolojisinin tarihsel gelişimi (Blog İkizoğlu, 2021)

3.7.3 TV ve radyo vericileri

Televizyon ve radyo vericileri RF üzerinden yayın yaparlar. Kapsamı genişletmek için yüksek RF gücü gerekir. Televizyon ve radyo verici antenlerden yayılan radyo frekansı enerjisi, sürekli ve güçlü bir kaynaktır. Yayılan enerji saha tipine, kullanılan antene, antene sağlanan güce, antenin yüksekliğine ve antene olan mesafeye göre değişiklik gösterir. Şehir içinde kalan FM ve TV vericileri Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19 Diyarbakır içerisindeki FM ve TV vericileri

İnsanların maruz kalmasını en aza indirmek için radyo ve televizyon verici antenler yerleşim alanlarından uzağa kurulmalıdır. Ancak nüfus artışına bağlı olarak verici alanları yerleşim alanlarında kalmaktadır. Araştırmaya göre, vericinin yakınında ölçülen değer uluslararası standartlara göre belirlenen sınır değerden düşük olsa bile, uzun süreli maruz kalma bir tehlike oluşturabilir. Olası risklerin bilimsel örneklerini vermek gerekirse, Dr. Dr. W. Morton'un 1982 yılında yaptığı araştırmaya göre Oregon radyo antenlerine yakın evlerde kanser arttığını belirttiler. 1981'de Dr. B. Anderson ve A. Henderson tarafından yapılan bir çalışmada, televizyon ve radyo antenleri kanser riskini % 37,5 orada artırdığını belirttiler (Aygün, 2019).

3.8 Elektromanyetik Alan Sınır Değerleri

Teknolojinin modern yaşama getirdiği kolaylık nedeniyle yüksek gerilim hatları, radyo ve televizyon vericileri ve baz istasyonları çevrede EM kirliliğe neden olabilmekte ve EMA'lar ortaya çıkmaktadır. Cep telefonu aynı zamanda önemli bir EMR yayıncısı olmasına rağmen, kişilerin kişisel tercihlerle görüşme yapma gerekliliği neticesinde ortaya çıkan risk kişiye özgü kalmaktadır. Ancak diğer teknolojik ürünler ve EMD yayan ekipmanlar, teknolojinin topluma sağladığı yaşam kalitesi ve iletişim nedeniyle cep telefonlarından farklıdır. Diğer bir deyişle, insanlar cep telefonlarını kullanmayabilirler, bu nedenle cep telefonlarının yaydığı mikrodalgalardan kendilerini uzak tutabilirler. Ancak teknik düzenlemelere uymayan

baz istasyonları, trafolar ve yüksek gerilim hatları evine yakın yerleştirilirse kişi sürekli olarak yüksek yoğunluklu EMA'lara maruz kalabilir ve bu da sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, her ülke, insanları EMR'den korumak için kendi standartlarına göre sınırlar koymuştur. Sınır değerler, AB üye ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri dahil dünyanın birçok ülkesinde / bölgesinde uygulanmaktadır. Bu sınır değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Komite tarafından da tanınan ICNIRP tarafından belirlenir ve günün 24 saati piyasaya maruz kalmayı kabul eder. Sınır değer, yayılan radyasyonun frekansına bağlıdır ve her frekans farklıdır. Komite, 900 MHz frekansında E kuvvetini 41,25 V / m ve H kuvvetini sınır değeri 0,111 A / m olarak belirlemiştir (2100 MHz frekansı için bu değerler 61 V / m ve 0,16 A / m). Bununla birlikte, daha sonra açıklanacağı üzere, EMR'nin ürettiği ısı artışına dayanan ICNIRP sınırının, uzun süreli EMR'ye maruz kalma için yeterli güvenliği sağlayamayacağı tartışılmıştır. Bu nedenle, bazı kuruluşlar, önleyici tedbirler ilkesine dayanan sıcaklık etkileri dışındaki biyolojik etkileşim parametrelerine dayalı sınırlar önermektedir (Çerezci vd., 2012).

3.8.1 ICNIRP ve BTK sınır değerleri

ICNIRP yönergeleri, genel halk maruziyeti ve mesleki maruziyet için referans seviyeleri belirler. Çocukların ve yaşlıların genel kamu sınıfına ait olduğu ve meslek sınıfının E, H ve EMA alanlarına girmek için dikkatli ve özel kıyafetler giydiği düşünüldüğünde, doğal olarak genel halk sağlığı için belirlenen referans seviyesi daha düşük olacaktır.

1998'de ICNIRP tarafından belirlenen mesleki maruziyet için EM limit değerleri Tablo 3.3'de yer almaktadır. Bunun 1998'de ICNIRP tarafından belirlenen halk sağlığı için EM limit değerleri Tablo 3.4'de gösterilmektedir.

Diyarbakır il merkezinde yapılan 797 ölçüm, Dicle Üniversitesi yerleşkesinde yapılan 196 ve AVM'de yapılan 80 ölçüm sonucunda elde edilen tüm E değerleri hem ICNIRP hem de BTK'nin belirlemiş olduğu sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.3 1998'de ICNIRP tarafından belirlenen mesleki maruziyet için elektromanyetik limit değerleri (Öztürk, 2019)

Frekans Aralığı	**Elektrik Alan(V/m)**	**Manyetik Alan(A/m)**	**ManyetikAkı Yoğunluğu(μT)**	**Güç Yoğunluğu(W/ m^2)**
1 Hz'e kadar	-	1,63x 10^5	2x 10^5	-
1-8 Hz	20000	1,63x $10^5/f^2$	2x $10^5/f^2$	-
8-25 Hz	20000	2x $10^4/f$	2,5x $10^4/f$	-
0,025-0,82kHz	500 / f	20 / f	25 / f	-
0,82-65 kHZ	610	24,4	30,7	-
0,065-1 MHz	610	1,6 / f	2,0 / f	-
1-10 MHz	610 / f	1,6 / f	2,0 / f	-
10-400 MHz	61	0,16	0,2	10
400-2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	f / 40
2-300 GHz	137	0,36	0,45	20

Tablo 3.4 1998'de ICNIRP tarafından belirlenen halk sağlığı için elektromanyetik limit değerleri (Öztürk, 2019)

Frekans Aralığı	**Elektrik Alan*(V/m)***	**Manyetik Alan*(A/m)***	**Manyetik Akı Yoğunluğu(μT)**	**Güç Yoğunluğu*(W/ m^2)***
1 Hz'e kadar	-	3,2x 10^4	4x 10^5	-
1-8 Hz	10000	3,2x $10^4/f^2$	4x $10^4/f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025-0,82kHz	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	$87f^{1/2}$	0,73 / f	0,92 / f	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	f / 200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Ülkemizde bu sınır değerler, ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerlere göre BTK tarafından belirlenmektedir. ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerin %70'ini hesaplayarak ortamın izin verilen E yoğunluk değerini ve hesaplama ile belirlenen sınır değerin %20'sini hesaplayarak cihaz tarafından verilen E şiddet değerini ortaya çıkarılmıştır. Ortam ve bireysel ekipman için belirlenen sınır değerler Tablo 3.5'te, hücresel sistemlerin BTK yönetmenliğine göre limit değerleri ise Tablo 3.6'da verilmiştir (Aygün, 2019).

Tablo 3.5 Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler (BTK, 2018)

Frekans Aralığı *(MHz)*	**E Şiddeti *(V/m)***	
	Tek Cihaz Limit Değeri	**Ortam Limit Değeri**
0.010-0.15	19,3	65,25
1,15-1	19,3	65,25
1-10	$19{,}3f^{1/2}$	$65{,}25f^{1/2}$
10-400	6.2	21
400-789	$0.305f^{1/2}$	$1.03f^{1/2}$
790-2000	$0.275f^{1/2}$	0,96
2000-94000	12,3	42,93

Tablo 3.6 Hücresel sistemlerin BTK yönetmenliğine göre limit değerleri (Sayi, 2020)

	E-Alan Şiddeti (V/m)	
Frekans aralığı (MHz)	**Tek cihaz limit değeri**	**Ortam limit değeri**
GSM 900 (900 MHz)	8,25	28,00
GSM 1800 (1800 MHz)	11,66	40,72
UMTS 2100 (2100 MHz)	12,30	42,93
Wİ-Fİ (2450 MHz)	12,30	42,93
LTE (2600 MHz)	12,30	42,93

3.9 Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihazın Genel Bilgileri

Diyarbakır il merkezinin yaşam alanlarının yoğun olduğu bölgelerde E haritasının çıkarılması için mobil ölçümlerde kullanılan cihaz şekil 3.20'de gösterilen Narda SRM 3006'dır.



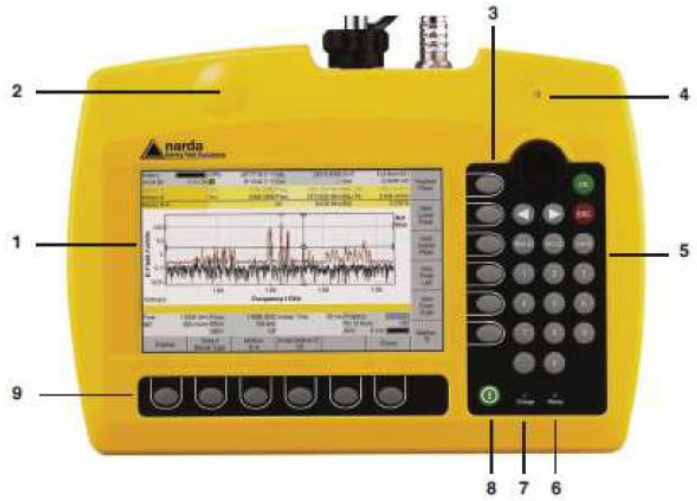
Şekil 3.20 SRM–3006 cihazı (Narda, 2010)

SRM 3006 cihazı 9 kHz ile 6 GHz frekans aralığındaki EMA'ların ölçümlerini yapmamızı sağlayan bir ölçüm cihazıdır. Bu cihaz dijital sinyal işleme hem de analog sinyal işlemeyi birlikte kullanır. Radyo yayınları, TV, mobil iletişim (GSM) ve WLAN gibi EMA'ların mutlak ve sınır değerlerinin ölçümlerinde kullanılması için pratik bir ölçüm aracıdır.

SRM–3006 ölçüm cihazı; SRM–3006 ana birimi ve üç eksenli antenden oluşur. Ana birime üç eksenli antenin yanı sıra farklı uygulamalarda kullanılmak üzere tek eksenli antenler de takılabilmektedir. Tek eksenli antenler ve üç eksenli antenler ana birime doğrudan takılabilir veya özel bir RF kablosu bağlanabilir (Narda, 2010).

3.9.1 Cihazın kontrol panelleri

Şekil 3.21'de SRM 3006 cihazının kontrol panelleri gösterilmiştir. Tablo 3.7'de SRM 3006 cihazının parça işlev açıklamaları verilmiştir.



Şekil 3.21 SRM 3006 cihazının kontrol panelleri

Tablo 3.7 SRM 3006 cihazının parça işlev açıklamaları

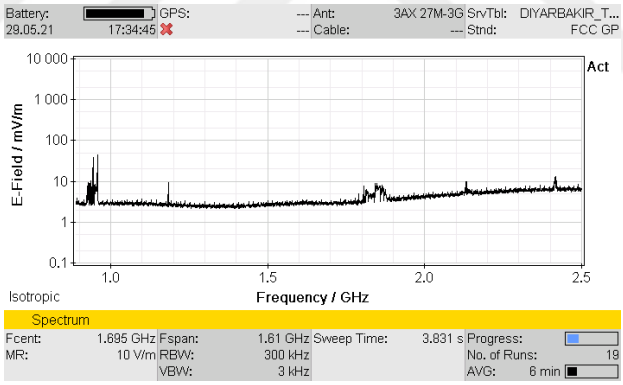
No.	Parça İşlev	Açıklama
1	**LCD panel**	Yüksek çözünürlüklü likit kristal ekran.
2	**GPS alıcı**	GPS alıcı anten alanı.
3	**Dikey tuşlar**	Duruma göre, çalışma modu ve işlev seçimi, ayar değişimi.
4	**Mikrofon**	Sesli komutların kaydedilmesi.
5	**Tuş takımı**	Gezinme, ayar değiştirme, değer girme, teyit ve iptal girişleri
6	**Durum ekranı**	Yeşil LED: kullanıma hazır
		Kırmızı LED: cihaz açılıyor
7	**Şarj sinyali**	Kırmızı LED: Batarya şarj oluyor
		Yeşil LED: Şark işlemi sona erdi veya
		AC adaptör / şarj cihazı cihazın şarj soketine hâlâ bağlı.
8	**Açma/kapama**	Cihazın açık ve kapalı konumlara geçirilmesi
9	**Yatay tuşlar**	Duruma göre, işlev seçimi, ayar değişimi.

SRM 3006 ölçüm sistemi SRM ana birimi ve üç eksenli antenden oluşur. SRM–3006 özellikle açık alanlarda ve erişilmesi güç veya zor ölçüm yerlerinde kullanılmak üzere

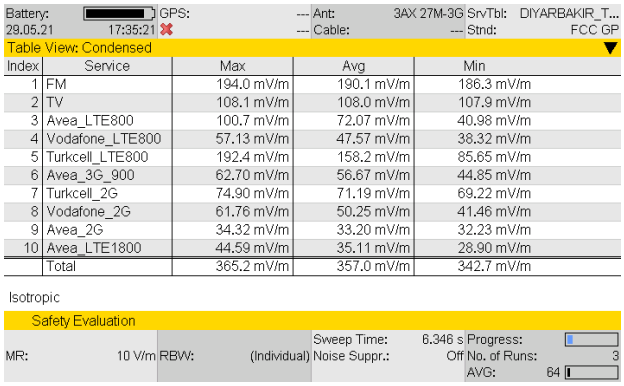
tasarlanmış bir alan ölçüm cihazıdır. Bu nedenle cihazın işlevleri pratik bir şekilde taşınabilecek şekilde düşünülmüştür.

3.9.2 Cihazın ekran görünümleri

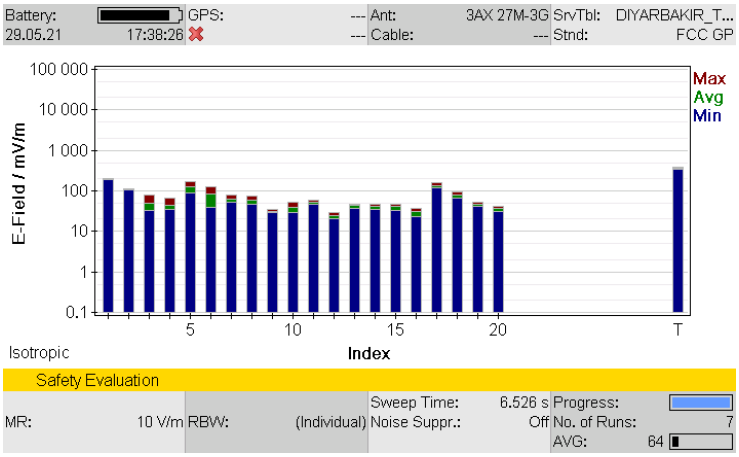
- Spektrum Görünümü: Bu görünümde elde ettiğimiz sonuçlarda her pik bir kaynaktan gelen sinyali temsil eder. Şekil 3.22'de SRM 3006 cihazının spektrum görünümü verilmiştir.
- Data Tablosu Görünümü: Bu görünümde elde ettiğimiz sonuçlar sayısal değerlerin sıralanması şeklindedir. Şekil 3.23'de SRM 3006 cihazının data tablosu görünümü verilmiştir.
- Bar Grafiği Görünümü: Elde ettiğimiz verilerin sonuçlarını sütun şeklindeki grafik ile gösterilmesine sütun grafiği denir. Bu tip grafikte gösterilmek istenen değerler sütun veya çubuklarla ifade edilir. Şekil 3.23'te SRM 3006 cihazının bar grafiği görünümü verilmiştir.



Şekil 3.22 SRM 3006 cihazında spektrum görünümü



Şekil 3.23 SRM 3006 cihazında data tablosu



Şekil 3.24 SRM 3006 cihazında bar grafiği

3.9.3 Cihazın anten çeşitleri

SRM-3006 cihazı ortaya çıkan alan kuvvetini belirlemek için Tablo 3.8'de kullanılabilecek antenlerin tipleri belirtilmektedir.

Tablo 3.8 SRM-3006 anten çeşitleri

Tip	**Alan Tipi**	**Frekans Aralığı**
Üç Eksenli	E-Alan	420 MHz – 6 GHz
Üç Eksenli	E-Alan	27 MHz – 3 GHz
Tek Eksenli	E-Alan	27 MHz – 3 GHz
Tek Eksenli	E-Alan	9 kHz – 300 MHz
Üç Eksenli	H-Alan	9 kHz – 250 MHz
Tek Eksenli	H-Alan	9 kHz – 300 MHz

Diyarbakır il merkezinde yaptığımız mobil ölçümlerde Üç Eksenli E-Alan 27 MHz – 3 GHz frekans aralığına sahip anten kullanılmıştır. Şekil 3.25'te üç eksenli E anteni gösterilmektedir.



Şekil 3.25 Üç eksenli E anteni (Narda, 2021)

Üç eksenli anten ile SRM-3006 cihazının bağlamak için bağlantı kablosu kullanılmıştır. 1,5 metre uzunluğundaki bu bağlantı kabloları 9 *kHz* ile 6 *GHz* frekans aralığındaki değerleri ölçmek için kullanılır (Narda, 2010).

3.10 Mobil Ölçüm Yöntemi ile Elektrik Alan Ölçümleri

Diyarbakır il merkezinde ve Dicle Üniversitesi Kampüsünde yapılan ölçümlerde SRM-3006 cihazın üç eksenli E anteni kullanılmıştır. Bir vakum sayesinde şekil 3.26'de görüldüğü gibi arabanın üzerine monte edilerek sabitlenmiştir. Bağlantı kablosuyla cihaz ve anten arasında bağlantı kurulmuştur.



Şekil 3.26 Mobil ölçüm aracı

Ölçümler, Dicle Üniversitesi yerleşkesinde ve Diyarbakır il merkezinde nüfusun yoğun olduğu ana ve ara yollarda gerçekleştirilmiştir. Ölçümde kullanılacak olan SRM-3006 cihazının 6 saniyede 1 ölçüm olmak üzere anlık ölçüm alınmasını için gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Drive test aracının hızı ortalama 40 km hızla ilerlemesi sağlanmıştır. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 12.03.2021 tarihinde saat 15:00-17:00 saatleri arasında, 14.04.2021 tarihinde saat 15:30-18.30 sularında Diyarbakır il merkezinde ölçüm yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Diyarbakır il merkezindeki ve Dicle Üniversitesi yerleşkesindeki mobil ölçüm yöntemi ile elde edilen datalar sonucunda oluşturulan noktasal tematik haritalarının, kontur haritalarının ve üç boyut tematik haritalarının değerlendirilmesi anlatılmıştır. Diyarbakır ilinin en işlek caddelerinden biri olan Ekinciler Caddesi'nde 2010 yılında alınan E ölçümleri ile 2021 yılı güncel E ölçümleri karşılaştırılmıştır. Bunun yanında Diyarbakır'ın en büyük AVM'lerinden birinden birinde ölçümler yapılmıştır. Tüm ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerinin altında olup olmadığı tespit edilmiştir.

4.1 Elektromanyetik Alan Ölçümlerinin Sayısal Haritalanması

Drive test yöntemi ile Diyarbakır il merkezinde 797 adet nokta ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 196 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında Diyarbakır il merkezinde alınan ölçümler ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde alınan ölçümler olarak 2 kısımda incelenecektir.

Diyarbakır il merkezinde ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde alınan tüm mobil ölçümler uzak alan bölgesinde yapılmıştır. Bu tez çalışmasında, RF EMA maruziyet seviyesi olarak *E* değeri ölçülmüştür. Daha önce de bahsedildiği gibi SAR ve diğer bazı temel kısıtlamaların ölçümlerinde karşılaşılan zorluklarından dolayı uygulamada *E* değerini ölçmek daha kolaydır (Cansız, 2016).

Diyarbakır il merkezinde yapılan mobil ölçümlerde her noktanın maksimum anlık E değerleri ve (FM, TV, LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600) dokuz bandın maksimum anlık E değerleri eşzamanlı olarak kayıt altına alınmıştır. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde yapılan mobil ölçümlerde her noktanın maksimum anlık E değeri ölçülmüştür. Cihazın aldığı ölçümler Narda 3006 SRM Tools yazılımı sayesinde bilgisayar ortamına yüklenmiştir. Bilgisayar ortamına yüklenen bu veriler matlab yazılımı kullanılarak mapinfo programına yüklenmiştir. (Matlab, 2014) Mapinfo programına yüklenen veriler neticesinde Diyarbakır il merkezinde ve Dicle Üniversitesi yerleşkesinde alınan ölçümlerle, noktasal tematik haritalar, kontur haritalar ve üç boyutlu tematik haritalar oluşturulmuştur (Mapinfo, 2018).

4.2 Diyarbakır İl Merkezinde Yapılan Mobil Ölçüm

SRM-3006 cihazı ile Diyarbakır il merkezinde 14.04.2021 tarihinde saat 15:30-18.30 sularında drive test yöntemi uygulanarak alınan mobil ölçümlerde FM, TV, LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600 olmak üzere dokuz bandın maksimum anlık E değerleri eşzamanlı olarak kayıt altına alınmıştır.

Kaydedilen 797 ölçüm değeri Narda 3006 SRM Tools yazılımı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen veriler matlab programı kullanılarak enlem, boylam ve maksimum E değeri olarak tablo şeklinde mapinfo programına yüklendi. Robots.txt dosyası mapinfo programına yüklenen veriler kullanılarak Diyarbakır il merkezinde güzergâh, nokta tematik harita, kontur haritalar ve üç boyutlu haritalar oluşturulmuştur. Şekil 4.1'de, Diyarbakır şehir merkezindeki ölçüm güzergahını göstermektedir. Şekil 4.1'de kırmızı ile gösterilen ölçüm güzergahı, Diyarbakır şehir merkezindeki ana yollar, en işlek bulvarlar ve caddeler dikkate alınarak belirlenmiştir. Her kırmızı nokta, ölçümün gerçekleştirildiği yerleri temsil eder. Bu ölçümlerde Diyarbakır il merkezinde drive test yöntemi ile ölçülen bantlar, her bant için yapılan ölçüm sayısı, bantların frekans aralıkları ve E şiddeti dağılımının ölçülen en yüksek ve ortalama değerleri gösterilmiştir. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi Diyarbakır il merkezinde yapılan ölçümlerde FM, TV, LTE800, 2G, LTE1800, 3G, LTE2100, WLAN, LTE2600 bantları arasında en yüksek E şiddeti değeri 3G bandında 4,96885 V/m olarak kaydedilmiştir. Tüm bantlar arasında en düşük değer, WLAN bandının en düşük değeri olan 0,1973 V/m'dir. 27 MHz – 3000 MHz'de en yüksek E şiddeti değeri 6.943 V/m olarak ölçülmüştür. Bu değerler, ölçüm güzergahı üzerinde farklı koordinatlarda ölçülmüştür. Bu değerler ve ölçüm yapılan diğer lokasyonlardaki E şiddeti değerleri mapinfo programı kullanılarak Diyarbakır ilinin Google Map uydu görüntüsü üzerinde nokta tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu harita olmak üzere üç farklı şekilde görsel olarak gösterilmiştir. Böylece ölçülen frekans bantlarının E şiddeti dağılımı haritalarda net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 4.1 Diyarbakır il merkezinde ölçüm alınan güzergâh

4.3 Ölçülen RF EMA Bantları ve Frekans Aralıkları

Diyarbakır il merkezinde mobil yöntem ile ölçülen RF bantları, her bir bant için yapılan ölçüm sayısı, bantların frekans aralıkları ve ölçüm sonucunda en yüksek çıkan değerler Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Diyarbakır il merkezinde ölçüm yapılan RF EMA bantları ve frekans aralıkları

Service Adı	**Ölçüm Sayısı**	**Min.Frekans (MHz)**	**Max.Frekans (MHz)**	**Max. E. (V/m)**	**Avg. E. (V/m)**
FM	797	88	108	4.648	0.2903
TV	797	470	790	1.686	0.2026
LTE 800	797	791	821	3.766246	0.5507
2G	797	935,1	1820	4.562419	0.7053
LTE 1800	797	1820,1	1879,9	3.962747	0.6395
3G	797	2110	2160	4.96885	0.8489
LTE 2100	797	2160	2170	4.135	0.1848
WLAN	797	2400	2483	0.1973	0.1447
LTE 2600	797	2620	2670	3.194840	0.3803
Total E	797	27	3000	6.943	1.7824

Dicle üniversitesi yerleşkesinde mobil yöntem ile yapılan ölçüm sayısı, frekans aralığı ve ölçüm sonucunda en yüksek çıkan değer Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

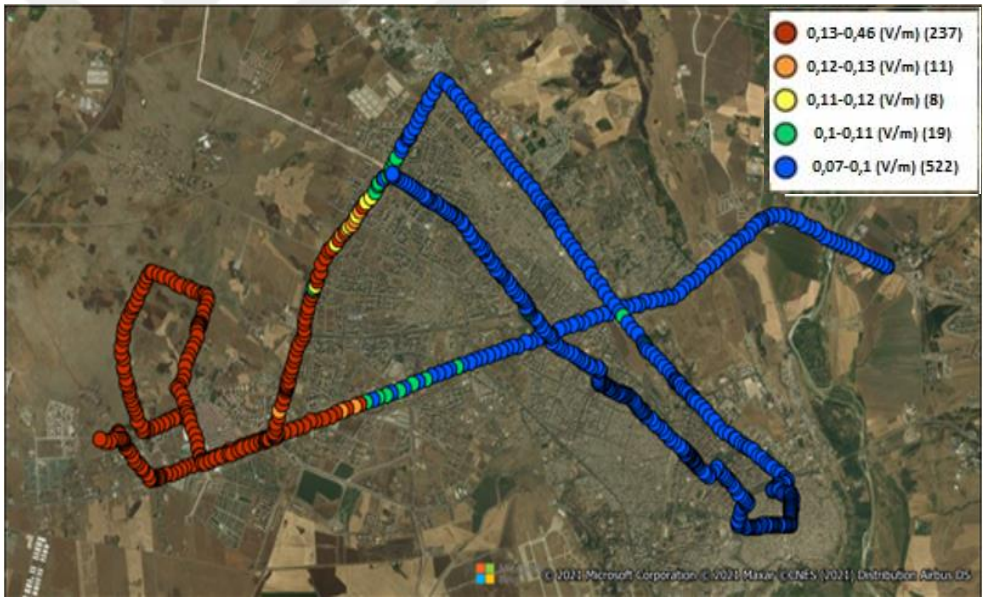
Tablo 4.2 Dicle Üniversitesi'nde ölçüm yapılan frekans aralıkları

Servis Adı	**Ölçüm Sayısı**	**F min**	**F max**	**En yüksek çıkan değer*(V/m)***
Toplam E	196	27 MHz	3000 MHz	4.642 *V/m*

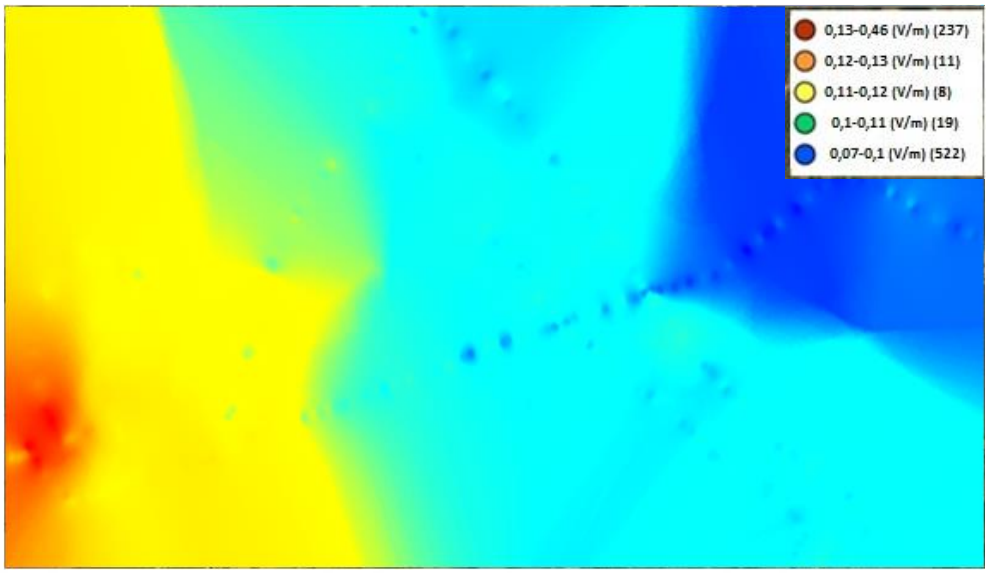
4.3.1 FM bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde FM bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. 88 MHz – 108 MHz frekans aralığını kapsayan FM bandındaki E şiddeti dağılımını göstermektedir. FM bandında E şiddeti en yüksek olan yerler kırmızı ile gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, kırmızı bölge, Talaytepe adlı bölgede FM alıcı/verici istasyonunun neden olduğu belirli bir bölgede yoğunlaşmıştır. FM bandındaki E şiddeti istasyondan uzaklaştıkça büyük oranda azalmaktadır. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 4.648 *V/m* olduğu tespit edilmiştir.

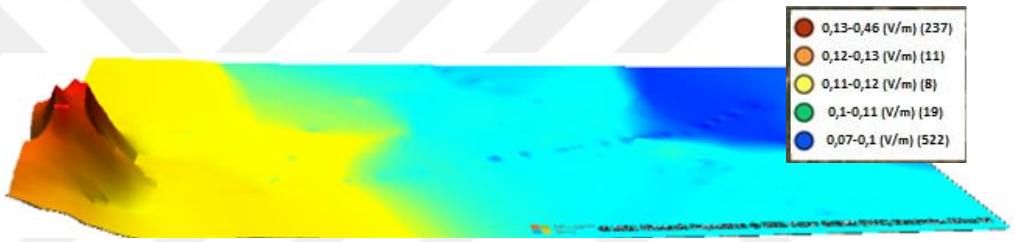
FM bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.2'de, FM bandının kontur haritası şekil 4.3'de ve FM bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.2 FM bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.3 FM bandının kontur haritası



Şekil 4.4 FM bandının üç boyutlu tematik haritası

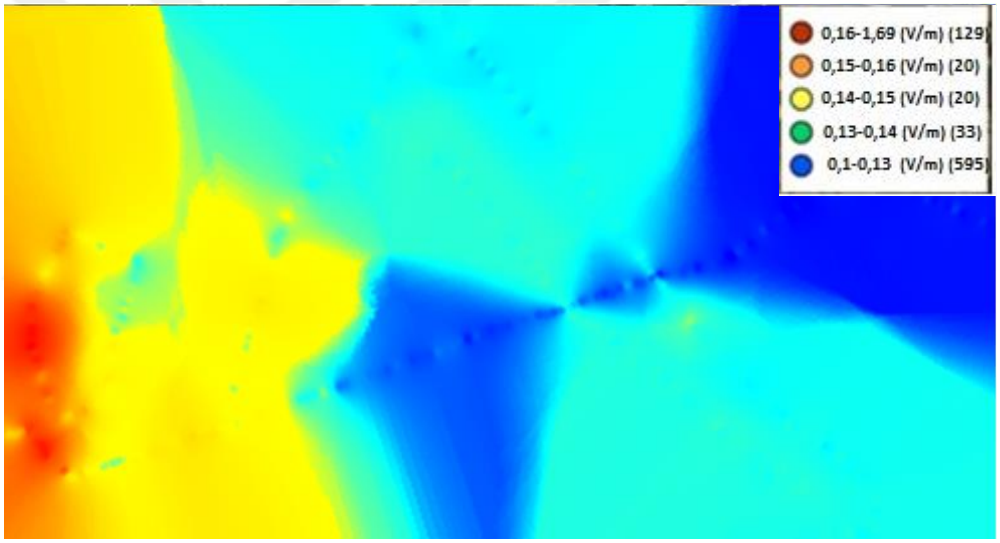
4.3.2 TV bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde TV bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. Şekil 4.5'te 470 MHz – 790 MHz arasındaki TV frekans bandında ölçülen E şiddeti dağılımı haritalarda gösterilmektedir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 1.686 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. FM bandında olduğu gibi TV bandında da E şiddetinin Talaytepe tepesinde yoğunlaştığı görülmektedir.

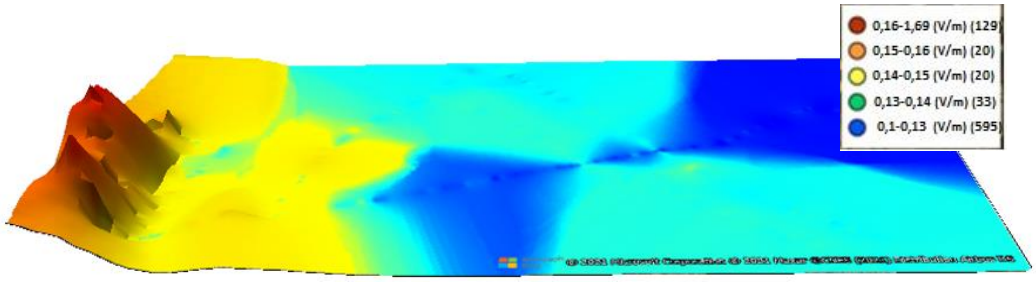
TV bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.5'te, TV bandının kontur haritası şekil 4.6'de ve TV bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.7'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 TV bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.6 TV bandının kontur haritası



Şekil 4.7 TV bandının üç boyutlu tematik haritası

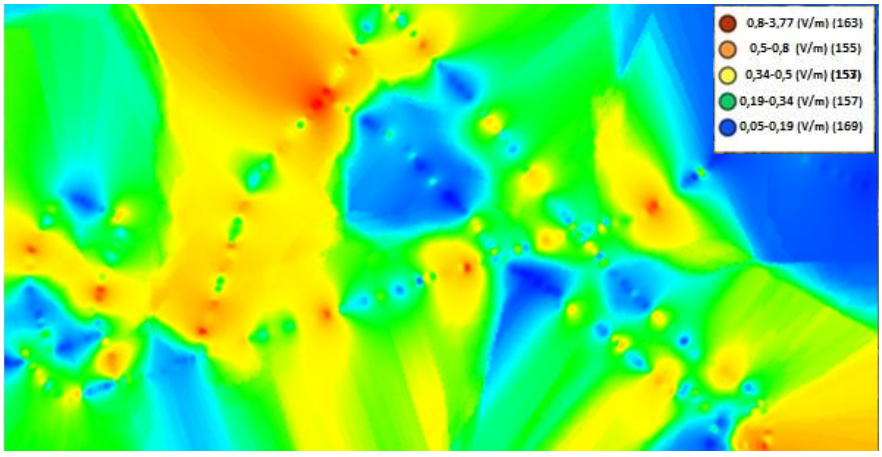
4.3.3 LTE800 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde LTE800 bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. Şekil 4.8'te 791 MHz – 821 MHz frekansı arasındaki LTE800 bandının E yoğunluğunu göstermektedir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 3.766246 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.10'da LTE800 bandındaki E yoğunluğunun özellikle Mahabad Bulvarı'nda, Urfa Caddesi üzerinde ve Sur ilçesinde Gazi Caddesi'nde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu büyük ölçüde insan nüfusundan dolayı bu caddelerdeki baz istasyonlarından kaynaklanmaktadır.

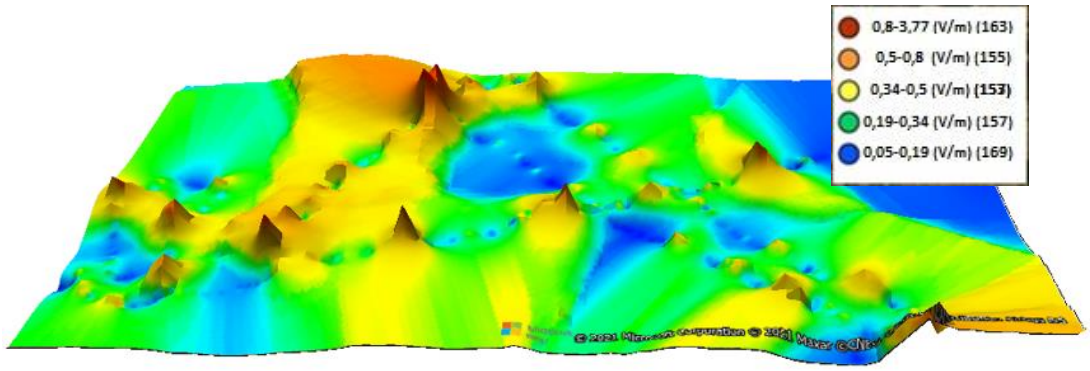
LTE800 bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.8'de, LTE800 bandının kontur haritası şekil 4.9'de ve LTE800 bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.10'te gösterilmiştir.



Şekil 4.8 LTE800 bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.9 LTE800 bandının kontur haritası

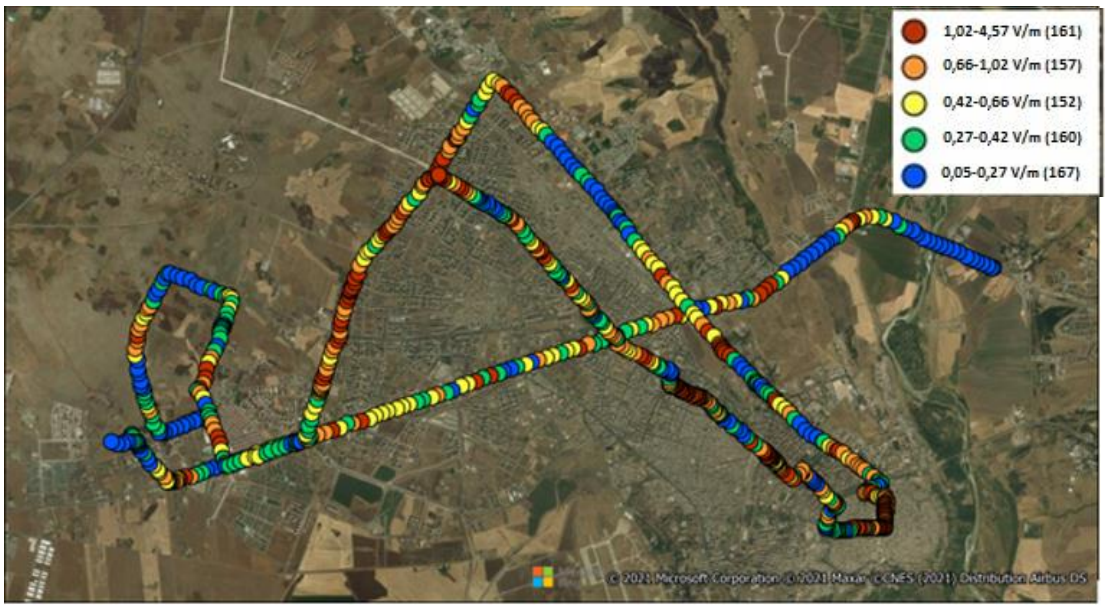


Şekil 4.10 LTE800 bandının üç boyutlu tematik haritası

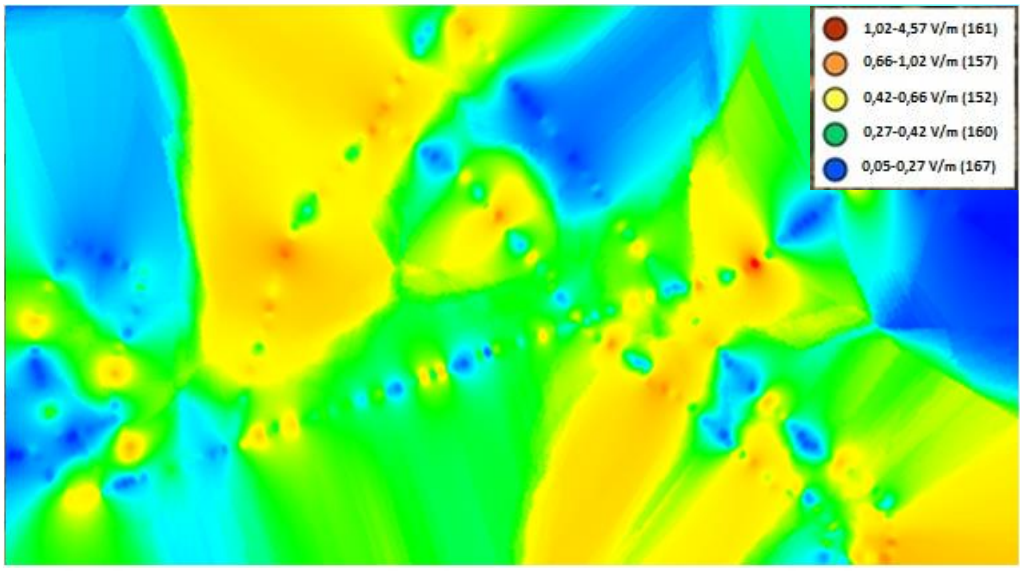
4.3.4 2G bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde 2G bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. Şekil 11'de, 935,1 MHz – 1820 MHz arasındaki 2G bandının E yoğunluğunu göstermektedir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 4.562419 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 13'te göre 2G bandındaki E şiddeti özellikle Seyrantepe mahallesi, Turgut Özal Bulvarı, Mahabad Bulvarı ve Gazi Caddesi'nde yoğunlaşmaktadır.

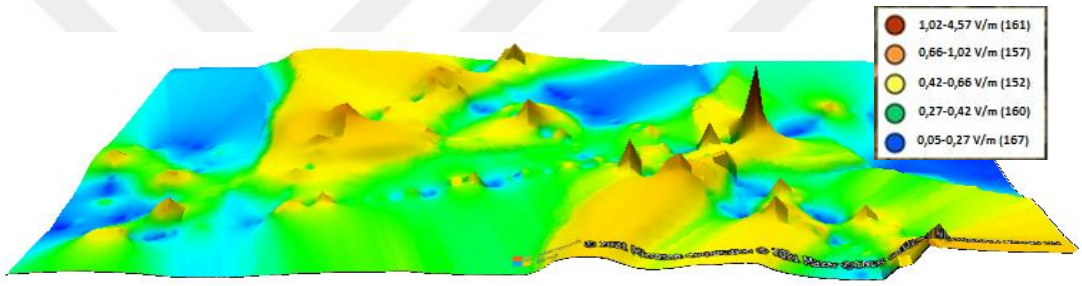
2G bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.11'de, 2G bandının kontur haritası şekil 4.12'de ve 2G bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.11 2G bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.12 2G bandının kontur haritası



Şekil 4.13 2G bandının üç boyutlu tematik haritası

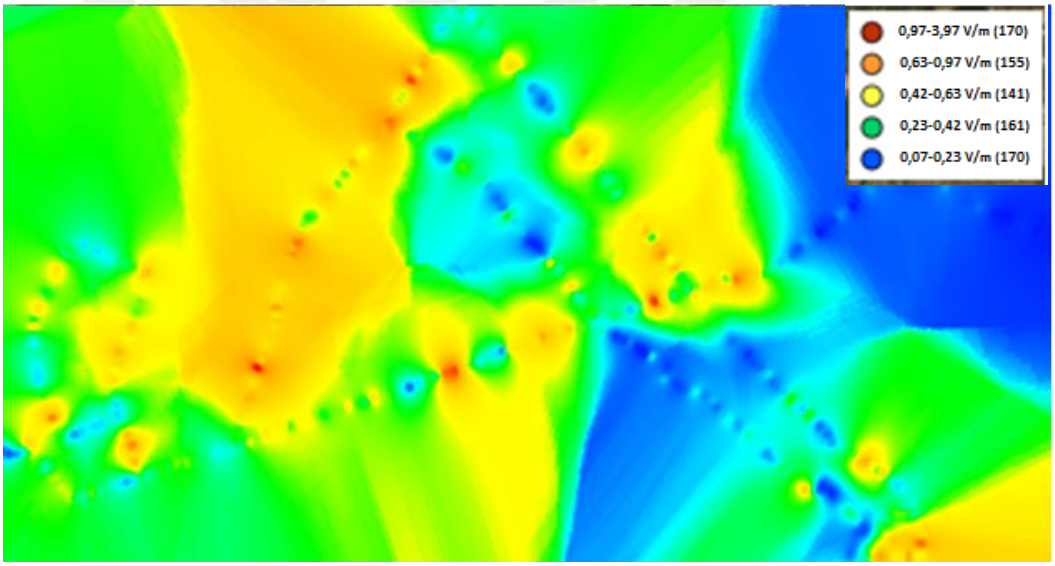
4.3.5 LTE1800 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde LTE1800 bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. 1820,1 MHz – 1879,9 MHz frekans aralığındaki LTE1800 bandının E şiddeti dağılımını gösteren haritalar Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 3.962747 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 16'ya göre LTE1800 bandındaki E şiddeti özellikle Mahabad Bulvarı, Şanlıurfa Caddesi, Seyrantepe Semti ve Gazi Caddesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

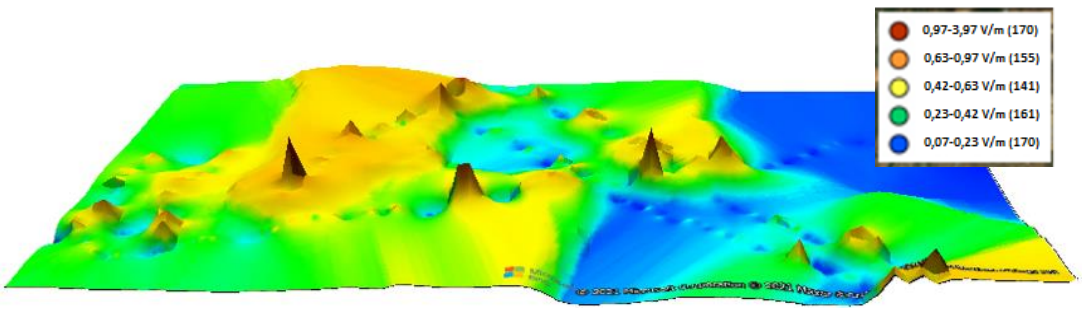
LTE1800 bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.14'te, LTE1800 bandının kontur haritası şekil 4.15'te ve LTE1800 bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.14 LTE1800 bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.15 LTE1800 bandının kontur haritası



Şekil 4.16 LTE1800 bandının üç boyutlu tematik haritası

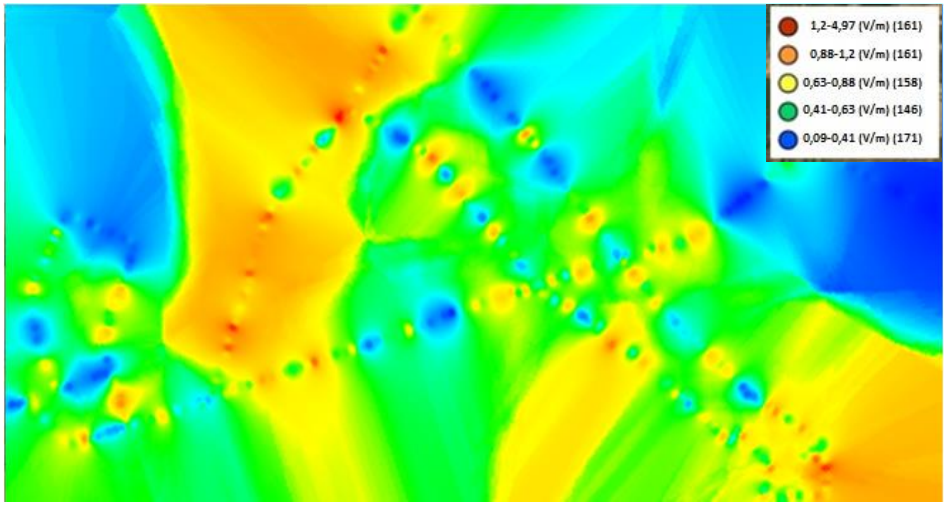
4.3.6 3G bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde 3G bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. Şekil 4.17'de, 2110 MHz – 2160 MHz frekans aralığındaki 3G bandının E şiddeti dağılım haritalarını göstermektedir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 4.968850 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.19'da görüldüğü gibi 3G bandındaki E şiddeti özellikle Mahabad Bulvarı ve Gazi Caddesi'nde yoğunlaşmaktadır.

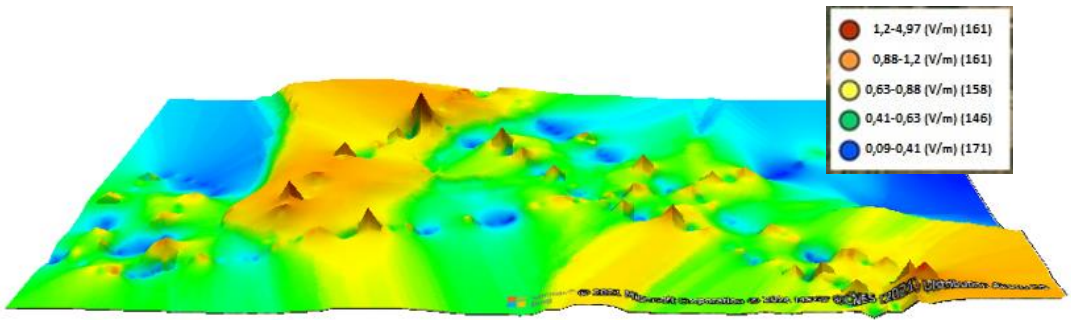
3G bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.17'de, 3G bandının kontur haritası şekil 4.18'te ve 3G bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.19'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 3G bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.18 3G bandının kontur haritası

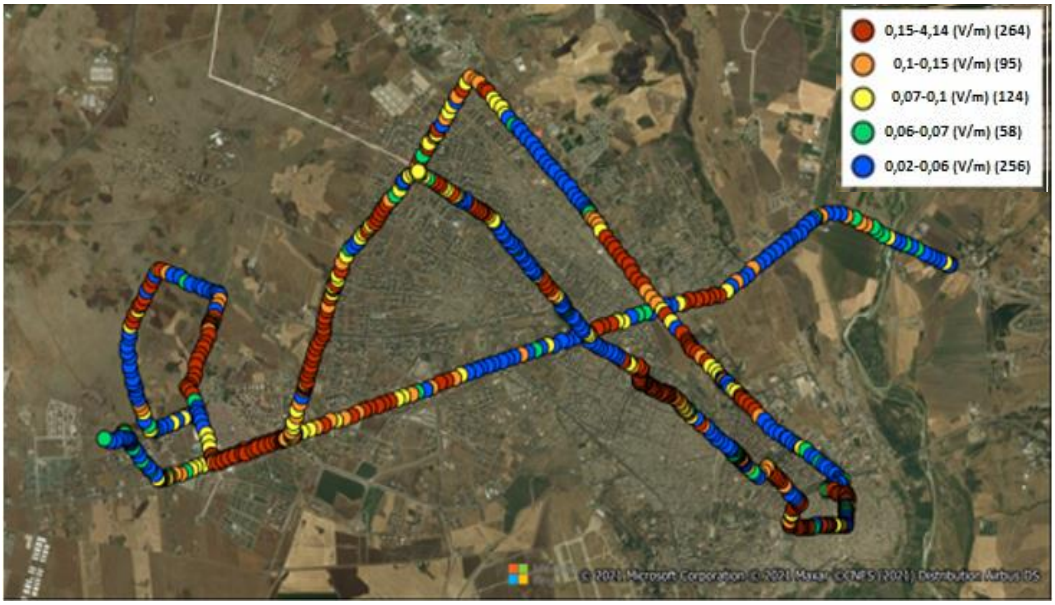


Şekil 4.19 3G bandının üç boyutlu tematik haritası

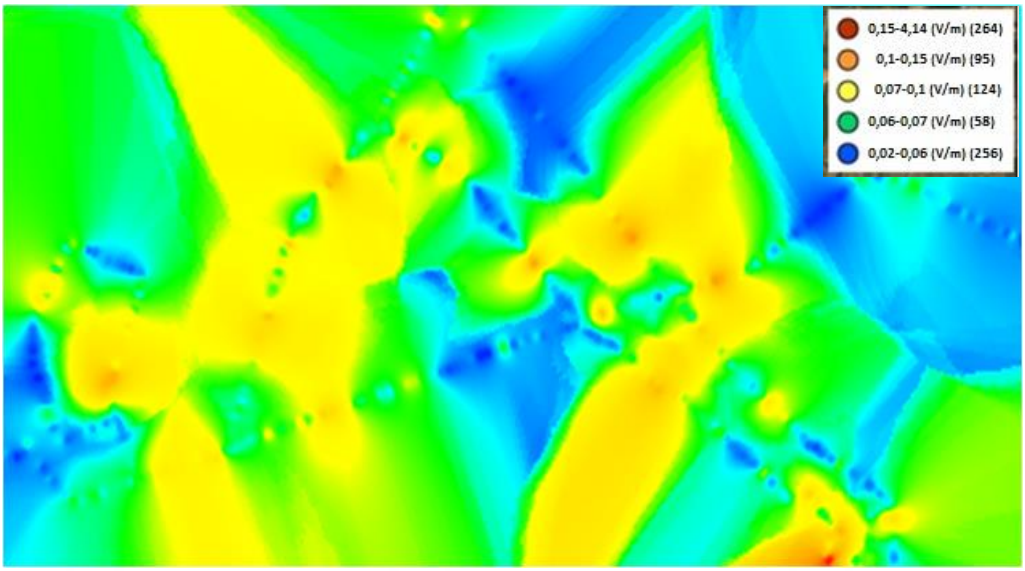
4.3.7 LTE2100 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde LTE2100 bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. 2160 MHz – 2170 MHz frekans aralığını kapsayan LTE2100 bandının E şiddeti dağılım haritaları Şekil 4.20'de gösterildiği gibidir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 4.135 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.22'de görüldüğü gibi LTE2100 bandındaki E şiddeti nispeten düzgün bir dağılıma sahiptir. Sur ilçesinde ölçülen tepe değeri 3.194840 V/m olarak ölçülmüştür.

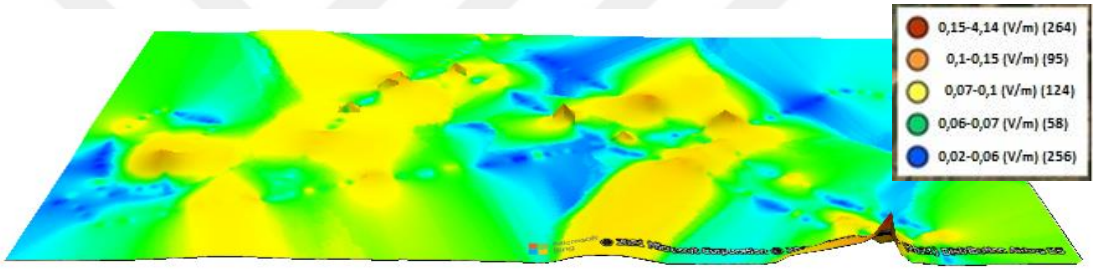
LTE2100 bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.20'de, LTE2100 bandının kontur haritası şekil 4.21'de ve LTE2100 bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 LTE2100 bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.21 LTE2100 bandının kontur haritası



Şekil 4.22 LTE2100 bandının üç boyutlu tematik haritası

4.3.8 WLAN bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

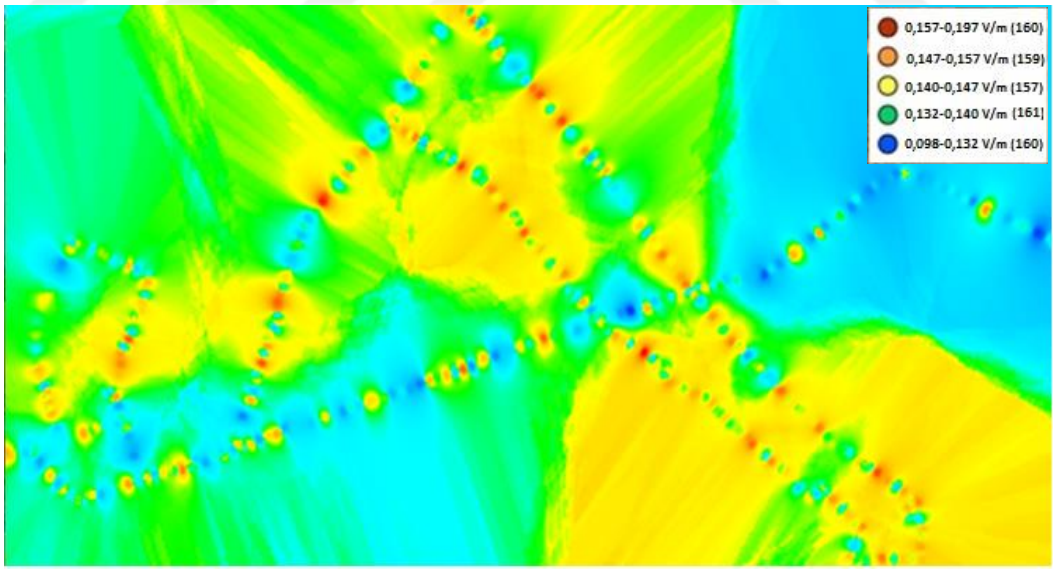
Mobil ölçümlerde WLAN bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. 2400 MHz – 2483 MHz frekans aralığını kapsayan WLAN bandının E şiddeti dağılım haritaları Şekil 4.23'te gösterilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 0.197300 *V/m* olduğu tespit edilmiştir.

WLAN, bir veya birden fazla cihazın kablosuz iletişim ile birbirine bağlanmasını sağlayan bir bilgisayar ağıdır. Mobil haberleşme sistemlerine göre daha az güçle çalıştığı için sebep olduğu E şiddeti daha düşüktür. Şekil 4.25'te görüldüğü gibi WLAN bandındaki E şiddeti ölçüm güzergahı üzerinde daha homojen bir dağılım göstermektedir. Bu nedenle, Tablo 4.1'de gösterildiği gibi, maksimum E yoğunluğu WLAN'da en düşüktür.

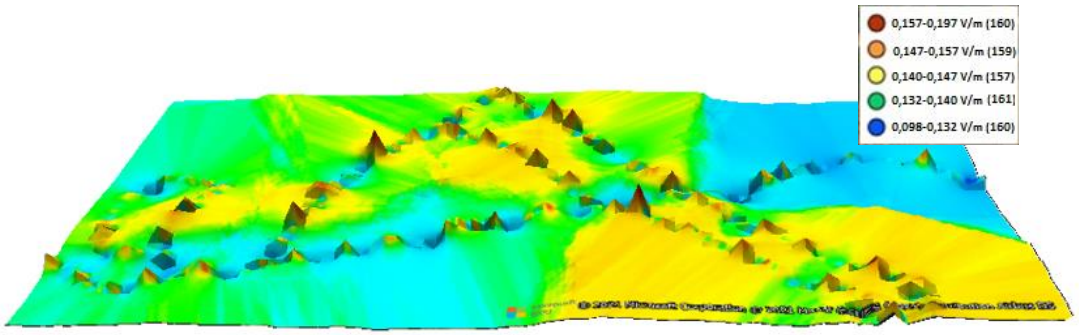
WLAN bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.23'te, WLAN bandının kontur haritası şekil 4.24'te ve WLAN bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23 WLAN bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.24 WLAN bandının kontur haritası

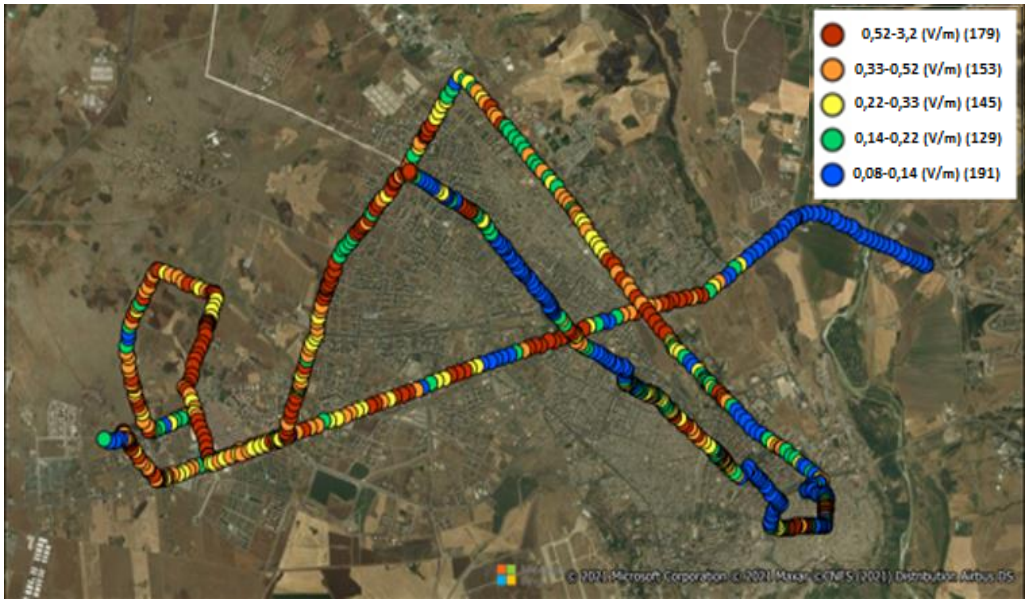


Şekil 4.25 WLAN bandının üç boyutlu tematik haritası

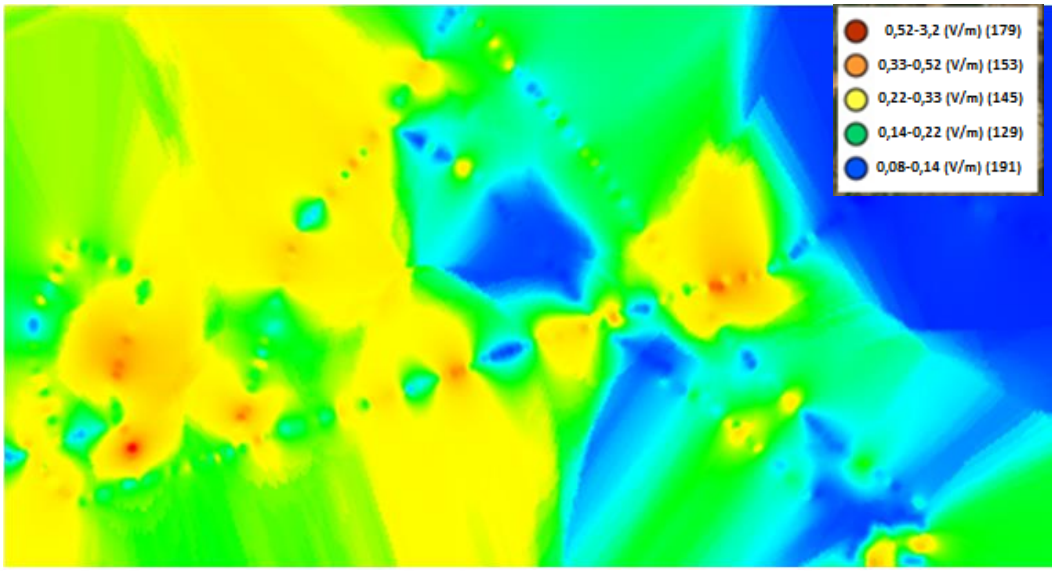
4.3.9 LTE2600 bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde LTE2600 bandı için 797 adet ölçüm alınmıştır. Şekil 4.26'da 2620 MHz – 2670 MHz frekans aralığındaki LTE2600 bandının E şiddeti dağılım haritalarını göstermektedir. Şekil 4.28'de görüldüğü gibi LTE2600 bandındaki E şiddeti özellikle Şanlıurfa Caddesi ve Mahabad Bulvarı'nda yoğunlaşmaktadır. Ölçülen maksimum E şiddeti 3.194840 V/m'dir.

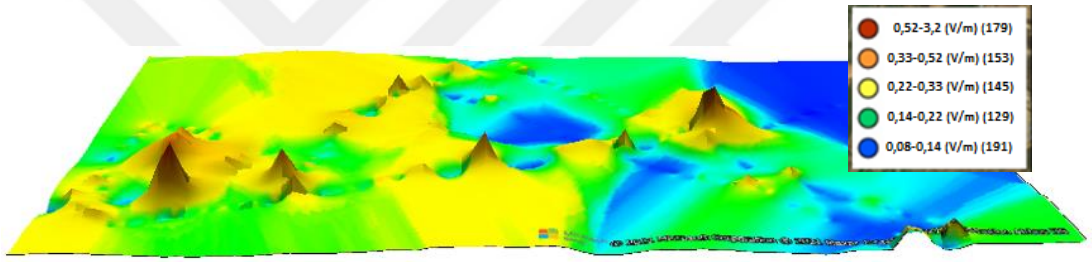
LTE2600 bandının ait mobil ölçüm değerlerinin noktasal tematik haritası şekil 4.26'da, LTE2600 bandının kontur haritası şekil 4.27'de ve LTE2600 bandının üç boyutlu tematik haritası şekil 4.28'te gösterilmiştir.



Şekil 4.26 LTE2600 bandının noktasal tematik haritası



Şekil 4.27 LTE2600 bandının kontur haritası



Şekil 4.28 LTE2600 bandının üç boyutlu tematik haritası

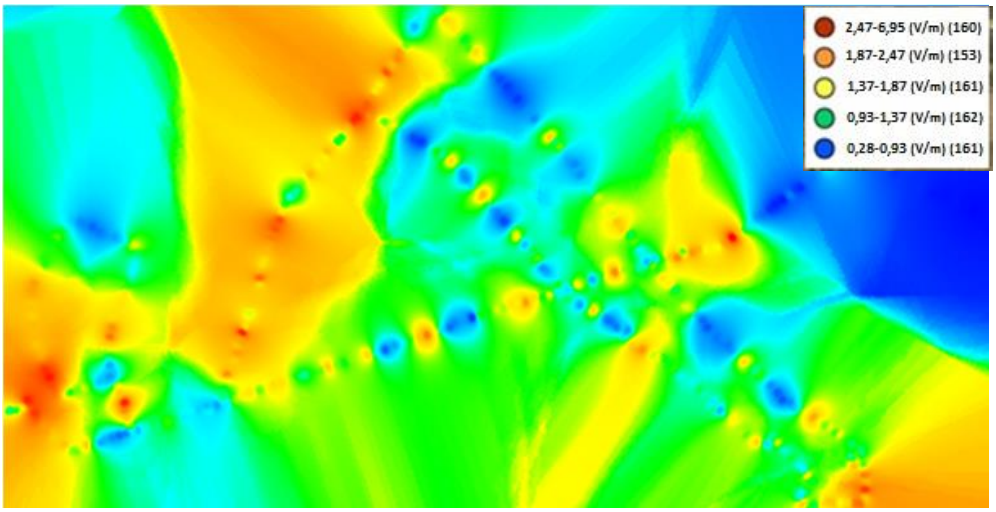
4.3.10 Toplam elektrik alan bandının noktasal tematik, kontur ve üç boyutlu haritaları

Mobil ölçümlerde toplam E için 797 adet ölçüm alınmıştır. 27 MHz – 3000 MHz frekans aralığını kapsayan Toplam bandın E şiddeti dağılım haritaları Şekil 4.29'da gösterilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda maksimum değer 6.943 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.29'da görüldüğü gibi 27 MHz – 3000 MHz frekans aralığındaki E şiddeti Talaytepe Bulvarı, Mahabad Bulvarı'nda, Gazi Caddesi, Şanlıurfa Caddesi ve Seyrantepe Semti'nde yoğunlaşma noktaları bulunmaktadır. Özellikle şekil 4.30'daki kontur haritada ve şekil 4.31'deki üç boyutlu tematik haritada E yoğunluğunun oldukça yoğun olduğu bölgeler açıkça görülmektedir.



Şekil 4.29 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin noktasal tematik haritası

SRM-3006 cihazı kullanılarak drive test yöntemi ile elde dilen maksimum anlık toplam E değerleri tematik olarak gösterilmek üzere 5 ayrı renkte ve grupta sınıflandırılmıştır. 0,28-0,93 *V/m* arasında olan değerler 161 adet olmak üzere mavi renk olarak sınıflandırılmıştır. Bu grup en küçük E değerlerinin kapsamaktadır. 0,93-1.373 *V/m* arasında olan değerler 162 adet olmak üzere yeşil renk olarak sınıflandırılmıştır. 1,37-1,87 *V/m* arasında olan değerler 161 adet olmak üzere sarı renk olarak sınıflandırılmıştır. 1,87-2,47 *V/m* arasında olan değerler 153 adet olmak üzere turuncu renk olarak sınıflandırılmıştır. 2,47-6,95 *V/m* arasında olan değerler 160 adet olmak üzere kırmızı renk olarak sınıflandırılmıştır.



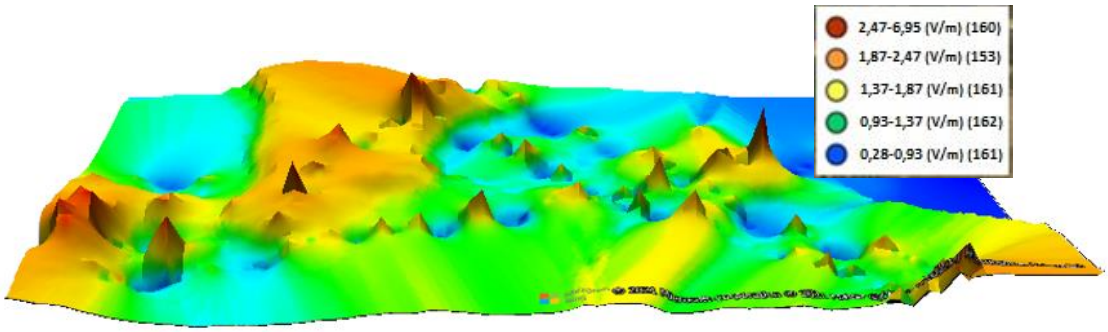
Şekil 4.30 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin kontur haritası

Diyarbakır il genelinde alınan sonuçlar neticesinde toplam E'nin en yüksek çıktığı yedi nokta şekil 4.31'de gösterilmiştir. Barış Mahallesi'ndeki birinci noktanın E değeri 5.445 *V/m*'dir. Bu noktanın yüksek çıkma sebebi o mahallede bulunan radyo ve TV antenleridir. Fırat Bulvarı'ndaki ikinci noktanın E değeri 5.441 *V/m*'dir. Bu noktanın yüksek çıkma sebebi o noktada baz istasyonları ve kullanıcı sayısının fazla olmasındır. Silvan Bulvarı'ndaki üçüncü noktanın E değeri 5.293 *V/m*'dir. Bu noktanın yüksek çıkma sebebi kullanıcı sayısının fazla olmasıdır. Sur Mahallesi Ulu Cami civarında bulunan dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci noktalarının yüksek çıkma nedeni ise nüfus yoğunluğu ve çevredeki baz istasyonlarının etkisidir. Dördüncü noktanın E değeri 5.360 *V/m*, beşinci noktanın E değeri 5.442 *V/m*, altıncı noktanın E değeri 6.943 *V/m* ve yedinci noktanın E değeri 5.822 *V/m*'dir.



Şekil 4.31 Elektrik alan maruziyet seviyelerinin en yüksek yedi noktası

Anlık ölçülen toplam E değerlerinin mapinfo programı yardımıyla oluşturulan üç boyutlu tematik harita Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Üç boyutlu tematik harita incelendiğinde şekil 4.31'de belirtilen yedi noktanın yüksek bir tepe oluşturduğu açık bir şekilde görülmektedir. Aynı şekilde bu yedi noktanın şekil 4.30'da da yüksek çıktığı ve kırmızı renkte olduğu görülmektedir. Ayrıca tematik haritalar incelendiğinde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde E değerlerinin nüfusun az olduğu yerlere nazaran daha yüksek çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.32 Toplam elektrik alan üç boyutlu tematik haritası

4.4 Diyarbakır Ekinciler Caddesi Elektrik Alan Karşılaştırması

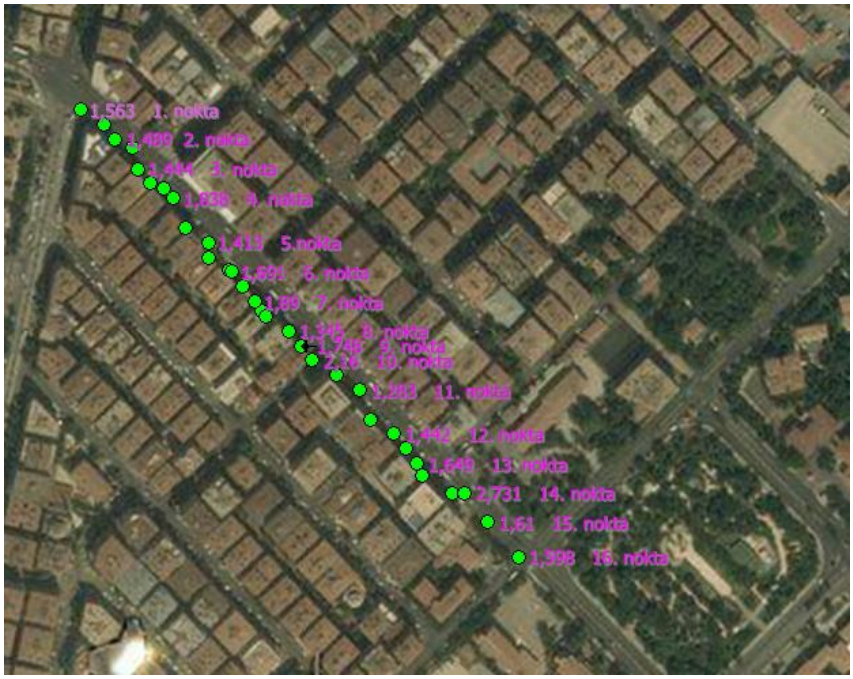
2010 yılında Mustafa Cansız tarafından Diyarbakır il merkezinde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bir bölge olan Ekinciler Caddesi'nde Narda NBM 520 cihazı ve Narda EF 0391 E-field 100 Khz-3 Ghz Probe ile manuel olarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.33'te gösterilmiştir (Cansız, 2010). Aynı cadde üzerinde 14.04.2021 tarihinde SRM 3006 cihazı ile yaptığımız mobil ölçümlerde elde edilen sonuçlar ise şekil 4.34'te gösterilmiştir.

Cadde boyunca farklı zamanlarda alınan bu iki ölçüm karşılaştırıldığında E değerlerinim iki kata yakın bir artış olduğu şekil 4.35'te açıkça görülmektedir. 16 noktanın E değerleri şekil 4.35'te tek tek belirtilmiş olup 14 noktada artma olduğu açıkça görülmektedir.

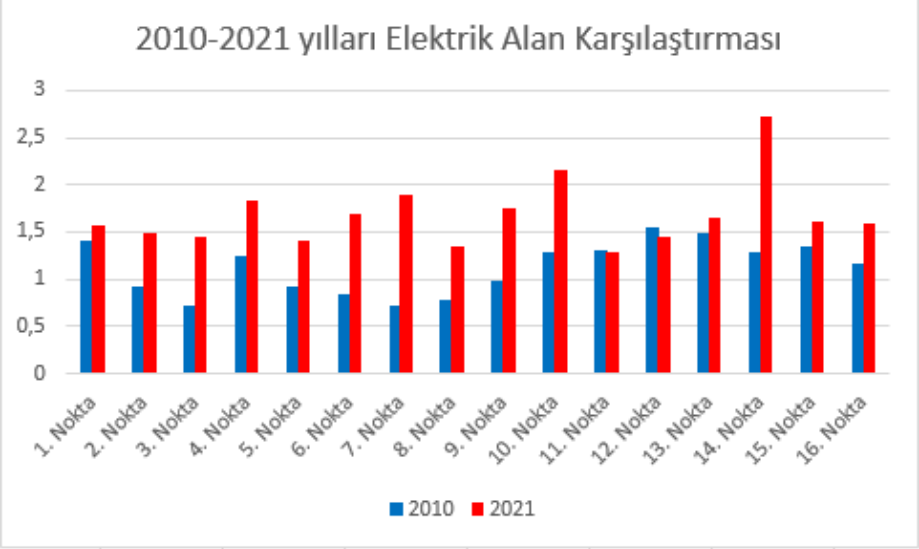
Bu durumun sebebi Ekinciler Caddesi'nde baz istasyon sayısının ve cep telefonu kullanan kişi sayısının artmasıdır. Ayrıca baz istasyonlarının 3G den 4,5 G ye geçişinden dolayı antenlerin yaydığı E şiddeti artmıştır. Sonuç olarak çevremizdeki E kaynakları ve E şiddeti gün geçtikçe arttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.33 Ekinciler Caddesi'nde manuel yöntem ile ölçümü 2010 yılında alınmış elektrik alan haritası (Cansız, 2010)



Şekil 4.34 Ekinciler Caddesi'nde mobil yöntem ile 2021 yılında ölçümü alınmış elektrik alan haritası



Şekil 4.35 Ekinciler Caddesi'nde 2010-2021 yılları elektrik alan karşılaştırması

4.5 Alışveriş Merkezi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyarbakır il merkezindeki en büyük alışveriş merkezlerinin (AVM) birinde 7.12.2021 tarihinde 13:00-14:00 saatleri arasında ölçüm alınmıştır. Bodrum, Zemin, 1.kat ve 2. Kat olan AVM'nin her katında 20 adet ölçüm alınmıştır. Alınan ölçüm değerleri bodrum kat tablo 4.3'te, zemin kat tablo 4.4'te, 1.kat tablo 4.5'te ve 2.kat tablo 4.6'da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde en yüksek değerin zemin katta olduğu ve değerinin 0.7185 *V/m* olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar ICNIRP ve BTK'nin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında ise herhangi bir aşmanın olmadığı hatta sınır değerin çok altında kaldığı görülmüştür.

Tablo 4.3 AVM bodrum kat ölçümleri

Service Adı	**Ölçüm Sayısı**	**Min.Frekans (MHz)**	**Max.Frekans (MHz)**	**Max. E. (V/m)**	**Avg. E. (V/m)**
FM	20	88	108	0.0825	0.0782
TV	20	470	790	0.1015	0.0998
LTE 800	20	791	821	0.0333	0.0200
2G	20	935,1	1820	0.1608	0.0506
LTE 1800	20	1820,1	1879,9	0.1501	0.0424
3G	20	2110	2160	0.1239	0.0515
LTE 2100	20	2160	2170	0.0339	0.0285
WLAN	20	2400	2483	0.1501	0.1215
LTE 2600	20	2620	2670	0.0672	0.0482
Total E	20	27	3000	0.3858	0.2576

Tablo 4.4 AVM zemin kat ölçümleri

Service Adı	Ölçüm Sayısı	Min.Frekans (MHz)	Max.Frekans (MHz)	Max. E. (V/m)	Avg. E. (V/m)
FM	20	88	108	0.0784	0.0616
TV	20	470	790	0.1020	0.1004
LTE 800	20	791	821	0.1055	0.0422
2G	20	935,1	1820	0.2587	0.1010
LTE 1800	20	1820,1	1879,9	0.2627	0.0909
3G	20	2110	2160	0.2403	0.1096
LTE 2100	20	2160	2170	0.0691	0.0373
WLAN	20	2400	2483	0.2310	0.1240
LTE 2600	20	2620	2670	0.1721	0.0661
Total E	20	27	3000	0.7185	0.4123

Tablo 4.5 AVM birinci kat ölçümleri

Service Adı	Ölçüm Sayısı	Min.Frekans (MHz)	Max.Frekans (MHz)	Max. E. (V/m)	Avg. E. (V/m)
FM	20	88	108	0.0839	0.0793
TV	20	470	790	0.1043	0.1014
LTE 800	20	791	821	0.0466	0.0403
2G	20	935,1	1820	0.3057	0.0819
LTE 1800	20	1820,1	1879,9	0.2161	0.0787
3G	20	2110	2160	0.3344	0.0898
LTE 2100	20	2160	2170	0.0725	0.0333
WLAN	20	2400	2483	0.1589	0.1196
LTE 2600	20	2620	2670	0.1317	0.0421
Total E	20	27	3000	0.6553	0.3503

Tablo 4.6 AVM ikinci kat ölçümleri

Service Adı	Ölçüm Sayısı	Min.Frekans (MHz)	Max.Frekans (MHz)	Max. E. (V/m)	Avg. E. (V/m)
FM	20	88	108	0.0844	0.0812
TV	20	470	790	0.1041	0.1026
LTE 800	20	791	821	0.0466	0.0339
2G	20	935,1	1820	0.2478	0.1261
LTE 1800	20	1820,1	1879,9	0.5079	0.1306
3G	20	2110	2160	0.2508	0.1197
LTE 2100	20	2160	2170	0.1390	0.0555
WLAN	20	2400	2483	0.2748	0.1425
LTE 2600	20	2620	2670	0.1907	0.0953
Total E	20	27	3000	0.5178	0.3738

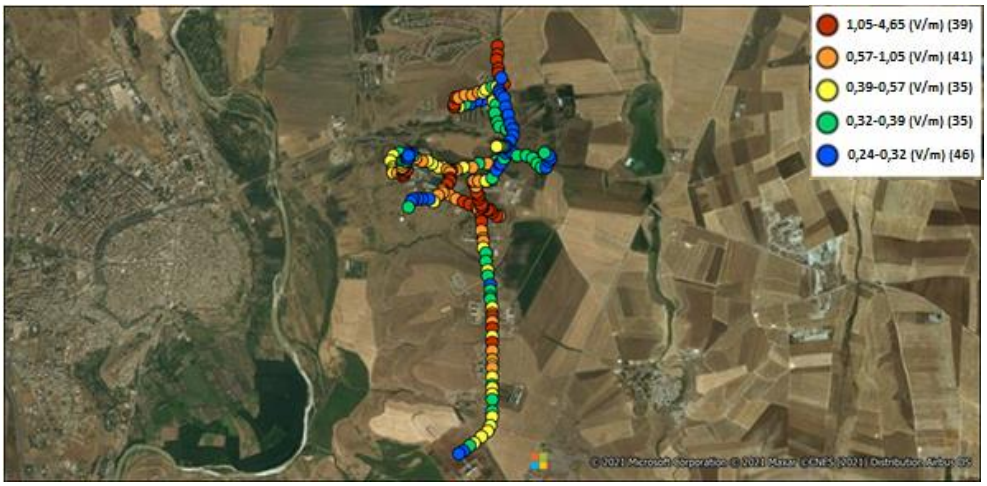
4.6 Dicle Üniversitesi Yerleşkesinde Yapılan Mobil Ölçüm

SRM-3006 cihazı ile Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 12.03.2021 tarihinde saat 15:00-17:00 saatleri arasında drive test yöntemi uygulanarak alınan mobil maksimum anlık E değerleri kayıt altına alınmıştır. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde ölçüm yapılan güzergâh şekil 4.35'te gösterilmiştir. 196 noktadan alınan ölçümlerin maksimum anlık toplam *E* değerleri sayısal uydu haritası üzerinde gösterilmek üzere tematik harita oluşturmak için yine mapinfo programı kullanılmıştır. Dicle Üniversitesi'nde ölçüm alınan güzergâh şekil 4.36'da, maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin noktasal tematik haritası şekil 4.37'de, maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin kontur haritası şekil 4.38'de, toplam elektrik alan üç boyutlu tematik haritası şekil 4.39'da gösterilmiştir.

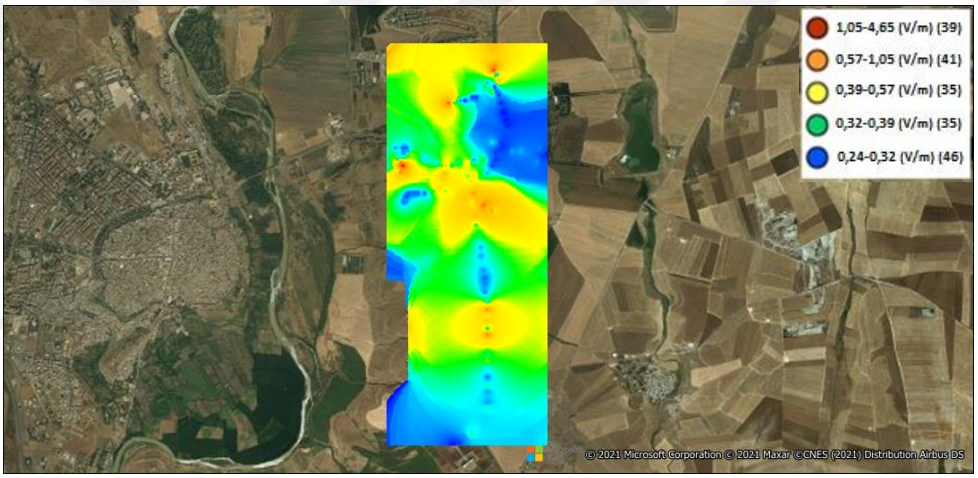
Maksimum anlık E değerlerinin noktasal tematik haritaları ve üç boyutlu haritaları mapinfo programı yardımıyla harita üzerinde gösterilmiştir. Üç boyutlu haritalarda E değerlerinin yüksek olduğu noktalar tepeler şeklinde görülmektedir. Ölçülen en yüksek değer hastane civarında 4.642 V/m çıkmıştır Üç boyutlu haritalara bakınca Dicle Üniversitesi yerleşkesinde E değerlerinin en yüksek çıkan noktaları kolaylıkla fark edilebilir.



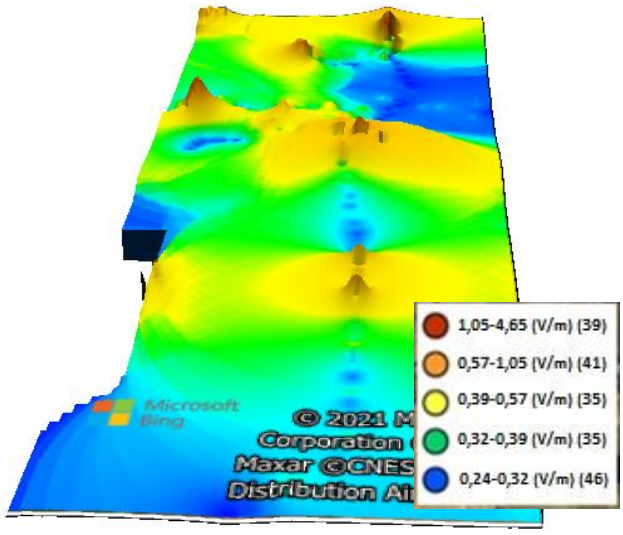
Şekil 4.36 Dicle Üniversitesi'nde ölçüm alınan güzergâh



Şekil 4.37 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin noktasal tematik haritası



Şekil 4.38 Maksimum anlık toplam elektrik alan maruziyet seviyelerinin kontur haritası



Şekil 4.39 Toplam elektrik alan üç boyutlu tematik haritası

Şekillerde görüldüğü gibi 4.642 V/m olarak en yüksek değer insan popülasyonunun çok olduğu hastane bölgesinde çıkmıştır. İkinci en yüksek bölge ise lojman bölgesinde ve öğrenci merkezi bölgelerinde çıkmıştır. En düşük çıkan E bölgesi ise insan popülasyonunun az olduğu Ziraat Fakültesi yolu olarak görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Diyarbakır il merkezinde ve Dicle Üniversitesi yerleşkesindeki E değerlerini SRM-3006 cihazı ile drive test yöntemi kullanılarak mobil ölçümler alınmıştır. Diyarbakır il merkezinde 797 adet mobil ölçüm, Dicle Üniversitesi yerleşkesinde 196 ölçüm mobil ölçüm alınmıştır. Ölçümlerin eğitim ve sosyal faaliyetlerinin yoğun olduğu zaman dilimlerinde alınmasına dikkat edilmiştir. Diyarbakır il merkezinde mobil ölçümlerde FM, TV, LTE 800, 2G, LTE 1800, 3G, LTE 2100, WLAN, LTE 2600 bantlarındaki E şiddeti değerleri ile 27 MHz – 3 GHz frekans aralığının tamamındaki toplam E şiddeti ayrı ayrı ölçülmüştür. Dicle Üniversitesi'nde ise 27 MHz – 3 GHz frekans aralığının tamamındaki toplam E şiddeti ölçülmüştür. Diyarbakır il merkezinde toplam E şiddetinin en yüksek değeri 6.943 *V/m* olarak ölçülmüş ve Dicle Üniversitesi'ndeki toplam E şiddetinin en yüksek değeri ise 4.642 *V/m* olarak ölçülmüştür. Bu değerin ICNIRP ve BTK tarafından belirlenen sınır değerler ile karşılaştırılmış olup herhangi bir aşmanın olmadığı tespit edilmiştir.

Diyarbakır il merkezi ve Dicle Üniversitesi yerleşkesi ölçümlerinin sonuçları mapinfo programı yardımıyla noktasal tematik harita, kontur harita ve üç boyutlu tematik harita olarak gösterilmiştir. İl merkezinde toplam E'nin en yüksek çıktığı bölgeleri incelendiğimizde yedi noktanın 5 V/m'nin üzerinde çıktığı görülmüştür. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde toplam elektik alanın en yüksek çıktığı bölgeleri incelendiğimizde yedi noktanın 4 V/m'nin üzerinde çıktığı görülmüştür. Bu noktalar noktasal tematik haritada, kontur haritada ve üç boyutlu tematik haritada kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Diyarbakır il merkezinde yapılan ölçümler sonucunda; FM bandı için en yükse anlık E değeri 4.648 *V/m,* TV bandı için ölçülene en yüksek E değerinin 1.686 *V/m,* LTE 800 bandı için ölçülen en yüksek E değerinin 3.766246 *V/m,* 2 G bandı için ölçülen en yüksek E değeri değerinin 4.562419 *V/m*, LTE 1800 bandı için ölçülen en yüksek E değerinin 3.962747 *V/m*, 3 G bandı için ölçülen en yüksek E değeri değerinin 4.96885 *V/m*, LTE 2100 bandı için ölçülen en yüksek E değeri değerinin 4.135 *V/m,* WLAN bandı için ölçülen en yüksek E değeri değerinin 0.1973 *V/m*, LTE 2600 bandı için ölçülen en yüksek E değeri değerinin 3,19484 *V/m*, toplam E değeri değerinin 6.943

V/m olduğu tespit edilmiştir. Dicle Üniversitesi yerleşkesinde yapılan ölçümler sonucunda en yüksek E değeri değerinin 4.642 *V/m* olduğu tespit edilmiştir.

Diyarbakır il merkezinde ölçülen değerler Tablo 3.4'teki ICNIRP tarafından belirlenen halk sağlığı için EM limit değerleri ile karşılaştırıldığında; FM bandı için 28 V/m, TV bandı için 28 V/m, 900 MHz için 41 V/m, 1800 MHz için 58 V/m, 3 G için 63 V/m, 2100 MHz 63 V/m, WLAN için 68 V/m, LTE 2600 için 70 V/m, 2-300 GHz arasındaki değerler için ise 61 V/m değerlerini aşmadığı görülmektedir.

Aynı şekilde Diyarbakır il merkezinde ölçülen değerler Tablo 3.5'te BTK'nın bir ortam için belirlediği limit değerleri ile karşılaştırıldığında; FM bandı için 21 V/m, TV için 22 V/m, 900 MHz için 28 V/m, 1800 MHz için 40,72 V/m, 2100 MHz için 42,93 V/m, 2450 MHz için 42,93 ve 2600 MHz için 42,93 olan değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.

Her ne kadar yapılan ölçüm sonucunda en yüksek çıkan noktalar ICNIRP ve BTK'nin limit değerleri altında kalmış olsa da sürekli bir maruziyet söz konu olduğu zaman insan vücudu direncine bağlı olarak EMA kaynaklı baş ağrısı, stres gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bağışıklık sistemi düşük olan yaşlılar ve çocukların EMA değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde sürekli bir maruziyet durumunun bulunmaması gerekmektedir. Huzur evi, anaokulu, ilk okul, kreş gibi yapılar yapılırken bu durumun kesinlikle göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu tip yapıların yapılırken tez çalışmamızda çıkardığımız tematik haritalar incelenip EMA maruziyetinin en az olduğu yerlerin tercih edilmesi daha doğru olacaktır.

Ayrıca 2010 yılında Diyarbakır il merkezinin en yoğun caddesi olan Ekinciler Caddesi'nden alınan ölçüm sonuçları ile 2021 yılında alınan ölçüm sonuçları karşılaştırılmış olup elde edilen bulgular neticesinde arada geçen zaman süresince E değerlerinde iki kata yakın bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak çevremizdeki E kaynakları ve E şiddeti gün geçtikçe arttığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca Diyarbakır il merkezindeki en büyük AVM'lerinden birinde yapılan ölçümlerde en yüksek değer 0.7185 *V/m* çıktığı, ICNIRP ve BTK'nin belirlediği sınır değerleri aşmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak bu çalışmanın günümüzde haberleşme ve yayın araçları tarafından çok yoğun olarak kullanılan EMD yoğunluğunun, bu iş için yetkilendirilmiş kurumların (BTK) belirlediği sınır değerlerine uyup uymadığı ve nerelerde yoğunluk olduğu gibi sorular, buralarda yaşayan ve sağlığına önem veren her kesimden insanın aklına gelebilmektedir. Bu çalışma aynı zamanda bu tür sorulara bir cevap niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akın, O. (2019). *Ağrı İl Merkezinde Bulunan Liselerde Elektromanyetik Alan Ölçümünün Yapılması.* Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ağrı, Türkiye.

Aygün, T. (2019). *Samsun İlindeki Hastanelerde Kısa Ve Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri Ve Değerlendirmeler.* Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Samsun, Türkiye.

Balcı, D. K. (2017). *Edirne Merkez İlçede Bulunan İlkokullarda Elektromanyetik Kirlilik.* Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi: Edirne, Türkiye.

Cansız, M. (2010). *Diyarbakır İl Merkezinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması Ve Durum Değerlendirilmesi.* Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Diyarbakır, Türkiye.

Cansız, M. (2016). *Diyarbakır İl Merkezi'Nde Elektromanyetik Alan Maruziyet Seviyelerinin Ölçümü, Haritalandırılması Ve İstatistiksel Analizi.* İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Malatya, Türkiye.

Çelik, B. (2019). *Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Binalarında Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Oluşturulması.* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Bursa, Türkiye.

Çerezci, O., Kartal, Z., Pala, K., Türkkan, A. (2012). *Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri*, Nilüfer Belediyesi, Bursa, Türkiye

Demiröz, Y. (2020). *Kahramanmaraş 'In Türkoğlu İlçesinde Elektromanyetik Kirlilik Düzeyinin Ölçümü Ve Bazı Duvar Kağıtlarının Soğurma Ve Yansıma Kapasitelerinin Araştırılması.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Kahramanmaraş, Türkiye.

Dilek, B. (2014). *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Alanının Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması.* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Rize, Türkiye.

Gürbüz, Ö. (2012). *Hücresel Sistemlere Kıyasla Orta Gerilim Enerji Merkezleri Ve İletim Hatlarındaki Elektromanyetik Alan Değerlerinin İncelenmesi Ve Olumsuz Etkilerini Azaltmaya Yönelik Çözüm Önerileri.* Bilgi Teknolojileri Ve İletişim Kurumu (Teknik Uzmanlık Tezi): Diyarbakır, Türkiye.

Gürğan, D. (2019). *Konya İçin Elektromanyetik Radyasyon Seviyelerinin Ölçülmesi Ve Değerlendirilmesi.* Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü: Konya, Türkiye.

Ibrahım, M. M. (2019). *Bursa Uludağ Üniversitesi Merkez Yerleşkesinde Farklı Frekans Bantlarının Elektromanyetik Alan Kirliliğine Etkisinin Analizi.* Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Bursa, Türkiye.

İnce, T. (2007). *Elektromanyetik Kirlilik.* Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara, Türkiye.

Karadeniz, Ş. (2016). *Adıyaman İl Merkezinde Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Kahramanmaraş, Türkiye.

Keysan, A. (2015). *Balıkesir İli Şehir Merkezi Ve Balıkesir Üniversitesi Çağış Yerleşkesi' Nin Elektromanyetik Alan Haritası.* Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Balıkesir, Türkiye.

Memişoğlu, K. (2019). *Rize İl Merkezinde Bulunan Temel Eğitim Müdürlüğüne Bağlı Okullarda Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Belirlenmesi.* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Rize, Türkiye.

Narda, 2010. Narda SRM 3006 Kullanma Kılavuzu, Almanya,

Özsaatci, G. (2019). *Avşar Kampüsünde Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi Ve Haritalandırılması.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Kahramanmaraş, Türkiye.

Öztürk, A. E. (2019). *Munzur Üniversitesi Aktuluk Yerleşkesinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması Ve Değerlendirilmesi.* Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Tunceli, Türkiye.

Öztürk, İ. (2019). *Marmara Üniversitesi Başıbüyük Yerleşkesi'Ndeki Elektromanyetik Alan Kirliliğinin Farklı Hava Koşullarına Göre Analizi Ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi.* Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul, Türkiye.

Polat, A. Ö. (2013). *Karaman İli Şehir Merkezi Ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'Nin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması.* Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Mersin, Türkiye.

Polat, B. (2017). *Sinop İl Merkezinin Elektromanyetik Alan Kirlilik Haritasının Çıkarılması.* Sinop Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü: Sinop, Türkiye.

Sarıkahya, N. M. (2014). *Yaygın Olarak Kullanılan RF Elektromanyetik Alan Kaynaklarının Elektromanyetik Kirlilik Analizi.* Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara, Türkiye.

Sayi, B. C. (2020). *Bayburt İli Demirözü İlçesi Beşpınar Beldesi'Nin Elektromanyetik Kirlilik Yönünden İncelenmesi.* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Rize, Türkiye.

Semerci, M. (2011). *Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklı Elektromanyetik Alan Şiddeti Ölçüm Yöntemleri: Samsun İl Merkezi Saha Çalışması.* Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Samsun, Türkiye.

Sorgucu, U. (2011). *Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Gsm900 Ve Gsm1800 Şebekelerinin Oluşturduğu Elektromanyetik Kirliliğin Ölçülmesi Ve Değerlendirilmesi.* Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Kayseri, Türkiye.

Uygunol, O. (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Gsm Baz İstasyonlarında Elektromanyetik Alan Kirliliğinin Tespiti Ve Konya Örneği.* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Konya, Türkiye.

Yaman, E. (2011). *Hastane Ortamında Elektromanyetik Alan Etkilerinin Ölçüm Yoluyla Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Trabzon, Türkiye.

Blog İkizoğlu. (2021). *http://blog.ikizoglu.com/2019/02/hello-5g/* (Erişim Tarihi: 21 Haziran 2021)

Docplayer. (2021). *https://docplayer.biz.tr/7053192-2-antenler-ve-yayilma-antennas-and-propagation.html.* (Erişim Tarihi: 2 Aralık 2021)

ElektrikMühendisleriOdası.(2021).*https://www.emo.org.tr/ekler/c5adfdaecbb93a6_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7.* (Erişim Tarihi: 21 Haziran 2021)

Narda. (2021). *https://www.narda-sts.com/en/selective-emf/srm-3006-field-strength-analyzer/.* (Erişim Tarihi: 22 Haziran 2021)

Slideplayer. (2021). *https://slideplayer.biz.tr/slide/1911433/* (Erişim Tarihi: 12 Haziran 2021)

Matlab. (2014) Version 7.10.0 (R2014a). *Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.*

Mapinfo, (2018) Mapinfo Professional Version 17.0. *Release Notes 69.*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Soyad, Ad	ÖNLÜ, Mehmet Veysel

Eğitim Bilgileri		
Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü	2009
Lise	Diyarbakır Süleyman Demirel Lisesi	2004

İş Deneyimi		
Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
(2011-2014)	Diyarbakır Karakaya Barajı	Mühendis
(2014-Halen)	Diyarbakır Sosyal Güvenlik İl Müdürlüğü	Mühendis

Yabancı Dil
İngilizce

Yayınlar
1. Mapping of electric field intensity distribution in the 27 MHz - 3000 MHz frequency range in Diyarbakir city center

Özel İlgiler
Kitap okumak-Seyahate çıkmak.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Mehmet Veysel ÖNLÜ		
Öğrenci No	19805010		
Ana Bilim Dalı	Elektrik Elektronik Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. M. Bahaddin KURT		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Diyarbakır il merkezindeki yoğun yaşam ortamlarında yüksek frekanslı elektromanyetik alanların ve kaynaklarının araştırılması		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	90		
Raporlama Tarihi	28/01/2022		
Benzerlik Oranı (%)	21		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 90 sayfalık kısmına ilişkin, 28/01/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 21 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Mehmet Veysel ÖNLÜ
Tarih:
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. M. Bahaddin KURT İmza:

Tarih:

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ İmza:

Tarih: