



**BAZ İSTASYONU ÖLÇÜMLERİNİN GERÇEK ZAMANLI VE KONUM TABANLI OLARAK  
KAYDEDİLMESİNE YÖNELİK BİR ARAYÜZ GELİŞTİRİLMESİ**

**Ahmet BiBi**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2018**

Ahmet BİBİ tarafından hazırlanan “BAZ İSTASYONU ÖLÇÜMLERİNİN GERÇEK ZAMANLI VE KONUM TABANLI OLARAK KAYDEDİLMESİNE YÖNELİK BİR ARAYÜZ GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Mehmet DEMİRTAŞ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....



**Başkan:** Doç. Dr. Sinan KIVRAK

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

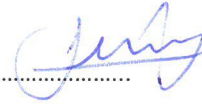
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....



**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN

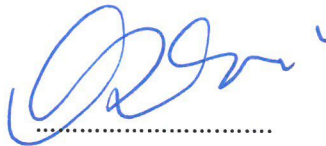
Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....



Tez Savunma Tarihi: 03/01/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ  
Bilişim Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



İmza

Ahmet BİBİ

29/01/2018

**BAZ İSTASYONU ÖLÇÜMLERİNİN GERÇEK ZAMANLI VE KONUM TABANLI OLARAK  
KAYDEDİLMESİNE YÖNELİK BİR ARAYÜZ GELİŞTİRİLMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ahmet BİBİ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ  
Ocak 2018**

**ÖZET**

Hücreli sistemlerle sunulan teknoloji çeşitliliğine bağlı olarak kullanıcı sayısının her geçen gün artması, sunulan hizmetlerin gerekli ve yeterli kalitede olabilmesi için baz istasyonu sayısının artmasını kaçınılmaz yapmaktadır. Bu artışın neticesinde, gerekli kapsamanın sağlanabilmesi için baz istasyonları çatı, bina yüzeyi, teras, aydınlatma direği vb. yaşam alanlarına yakın yerlere kurulmaktadır. Her bir baz istasyonu aynı zamanda bir elektromanyetik (EM) alan kaynağıdır. EM alanlarla ilgili ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından sınır değerleri belirlenmiştir. EM alan seviyelerinin sınır değerlere uygunluğu Türkiye’de ve dünyada ilgili kuruluşlar tarafından ölçümler yapılarak denetlenmektedir. Türkiye’de EM alan ölçüm işlemleri resmi olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve BTK tarafından yetkilendirilen Ölçüm Yetki Belgeli Kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Resmi ölçüm ve kontroller haricinde belirli bir bölgede EM alan seviyelerinin haritalandığı akademik çalışmalar da mevcuttur. Hem yasal hem de akademik çalışmalarda amaç EM alan yoğunluk seviyesinin ölçülmesi, limit değerlere uygunluğunun belirlenmesidir. Bu ölçümlerin belirlenen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Örneğin her bir ölçümün 6 dakika yapılması bir standarttır. Yapılan denetim ölçümlerinde ve EM alan kirlilik haritası çalışmalarında, genellikle ölçüm cihazına ek olarak harici bir konum belirleme cihazı (GPS) kullanılmakta, ölçüm verileri, ölçüm zamanı ve konum verileri manuel olarak kaydedilerek birleştirilmektedir. Dolayısıyla ölçüm yapılan konum verisi ile ölçüm değerinin aynı anda elde edilebilmesi bu amaçlarla yapılan ölçüm işlemlerinde büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu çalışma ile EM alan ölçüm ve denetimlerinin ulusal ve uluslararası mevzuata uygun şekilde gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. EM alan kirlilik haritaları ile ilgili yapılacak çalışmalarda gerekli olan konum-zaman ve ölçüm verileri tek bir arayüz ile elde edilmiş ve kaydedilmiştir. Geliştirilen Android uygulaması ile gerçek zamanlı-konum tabanlı ölçüm işlemi gerçekleştirilmektedir.

|                   |                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bilim Kodu        | : 92404                                                                                     |
| Anahtar Kelimeler | : Baz istasyonu ölçümü, elektromanyetik alan kirlilik haritası, elektromanyetik alan ölçümü |
| Sayfa Adedi       | : 56                                                                                        |
| Danışman          | : Doç. Dr. Mehmet DEMİRTAŞ                                                                  |

DEVELOPING AN INTERFACE FOR REGISTRATION OF REAL-TIME AND LOCATION-  
BASED SURVEYS OF BASE STATION  
(M. Sc. Thesis)

Ahmet BiBi

GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF INFORMATICS  
January 2018

ABSTRACT

Depending on the variety of technologies offered with cellular systems, the number of users increases day by day, and the number of base stations is inevitably increased to be able to provide the required services. Because of this increase, base stations can be install places close to our living areas such as on the top of the roofs, building surface and terrace. Each base station is also an electromagnetic (EM) field source. Limit values have been determined by national and international organizations related to EM fields. The compliance of the EM field levels with the limit values is audited by measurements made by relevant organizations in Turkey and in the world. Measurement procedures for EM in Turkey are officially carried out by Information and Communication Technologies Authority (ICTA) and Certified Measurement Organizations authorized by ICTA. In addition to formal measurements and controls, there are also academic studies where EM field levels are mapped in an area. In both legal and academic studies, the aim is to measure the intensity level of the EM field, to determine compliance with the limit values, and to perform these measurements in accordance with the specified standards. For example, each measurement takes 6 minutes is a standard. In addition to the measuring device, an external positioning device (GPS) is used in measurements made for audit and EM field level mapping purposes, and the measurement data, measurement time and position data are obtained and recorded manually. Thus, obtaining the measurement data and the position data at the same time will provide great convenience on the measurement jobs which is done for this purpose. With this study, it has been shown that the EM field measurement and control can be carried out in compliance with national and international regulations. The position, time and the measurement data required for EM field pollution map studies are obtained and recorded using a single interface. Real time-position based measurement is performed with the developed Android application.

|              |                                                                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Science Code | : 92404                                                                                             |
| Key Words    | : Base station measurements, electromagnetic field pollution map, electromagnetic field measurement |
| Page Number  | : 56                                                                                                |
| Supervisor   | : Assoc. Prof. Dr. Mehmet DEMİRTAŞ                                                                  |

## TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen ve yönlendirmeleriyle tezin şekillenmesine büyük katkıda bulunan danışmanım Doç. Dr. Mehmet DEMİRTAŞ'a şükranlarımı sunarım. Çalışmama boyunca benden desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca tez yazım sürecinde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve varlığı bana en büyük hediye olan sevgili Eşime ve aileme teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|                                                                  | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                       | iv    |
| ABSTRACT .....                                                   | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                                   | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....                                       | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                         | x     |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                    | xi    |
| 1. GİRİŞ.....                                                    | 1     |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                        | 5     |
| 3. ELEKTROMANYETİK ALANLAR.....                                  | 9     |
| 3.1. Temel Kavramlar .....                                       | 9     |
| 3.1.1. Alan ve dalga kavramı .....                               | 9     |
| 3.1.2. Elektromanyetik ışıınım .....                             | 10    |
| 3.1.3. Elektromanyetik alan kaynakları.....                      | 11    |
| 3.1.4. Elektromanyetik dalgaların haberleşmede kullanılması..... | 12    |
| 3.1.5. Baz istasyonu kaynaklı elektromanyetik dalgalar .....     | 13    |
| 3.2. Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi.....              | 13    |
| 3.3. Hücresel Sistemler ve Baz İstasyonları.....                 | 14    |
| 3.4. Baz İstasyonu Kurulum Yerleri .....                         | 20    |
| 3.5. Baz İstasyonu Ölçümleri.....                                | 21    |
| 3.5.1. Limit değerler ve ölçüm gerekliliği.....                  | 21    |
| 3.5.2. Yasal çerçeve ve uluslararası kuruluşlar .....            | 23    |
| 3.5.3. Ölçüm cihazları.....                                      | 26    |
| 3.5.4. Ölçüm yöntemleri .....                                    | 27    |

**Sayfa**

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6. Elektromanyetik Alan Kirlilik Haritaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)..... | 31 |
| 4. GELİŞTİRİLEN MODEL.....                                                           | 33 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                           | 45 |
| KAYNAKLAR .....                                                                      | 47 |
| EKLER.....                                                                           | 51 |
| EK-1. Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları .....                          | 52 |
| EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları.....                   | 53 |
| EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları.....                   | 54 |
| EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları.....                   | 55 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                       | 56 |

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

| <b>Çizelge</b>                                                                               | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 3.1. ICNIRP'ın belirlediği frekansa bağlı genel halk maruziyeti limit değerleri..... | 22           |
| Çizelge 4.1. Ölçüm Portalı sisteminden elde edilen veri örnekleri .....                      | 42           |



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                    | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. Elektrik (a) ve manyetik (b) alanda q yükünün hareketi .....                  | 10    |
| Şekil 3.2. Enine EM dalgaların yayılımı.....                                             | 10    |
| Şekil 3.3. Tipik bir kablosuz haberleşme sistemi.....                                    | 12    |
| Şekil 3.4. Bir baz istasyonunun kapsama alanının temsili gösterimi .....                 | 15    |
| Şekil 3.5. Baz istasyonlarından oluşan hücresele haberleşme sistemi gösterimi .....      | 15    |
| Şekil 3.6. Tipik bir BTS gösterimi .....                                                 | 18    |
| Şekil 3.7. Hücresele ağı sistemi .....                                                   | 18    |
| Şekil 3.8. İzotropik antenin temsili iç yapısı .....                                     | 26    |
| Şekil 3.9. ECC/REC/(02)04 tavsiyesinde “Yaklaşım 1” .....                                | 28    |
| Şekil 3.10. ECC/REC/(02)04 tavsiyesine göre ölçüm noktaları.....                         | 29    |
| Şekil 3.11. Ölçümlerde kullanılan genel düzenek örneği .....                             | 30    |
| Şekil 4.1. Baz istasyonu sektör yönleri ve yönetmeliğe göre temsili ölçüm noktaları..... | 33    |
| Şekil 4.2. Ölçüm Portalı uygulaması için sistem tasarımı .....                           | 34    |
| Şekil 4.3. Ölçüm Portalı uygulamasının giriş ekranı görüntüsü .....                      | 37    |
| Şekil 4.4. Ölçüm Portalı uygulamasında yeni kullanıcı kaydı oluşturulması .....          | 37    |
| Şekil 4.5. Ölçüm Portalı uygulamasında ölçüm ekranı .....                                | 38    |
| Şekil 4.6. (a) Optik/USB dönüştürücüsü, (b) OTG kablosu .....                            | 40    |
| Şekil 4.7. NBM-550 ölçüm cihazının Android telefona bağlanması ve sistemin çalışması ..  | 41    |
| Şekil 4.8. Ölçülen değerlerin değişim aralığı .....                                      | 42    |
| Şekil 4.9. Ölçüm Portalı sisteminin web arayüzü .....                                    | 43    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler               | Açıklamalar                                     |
|------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>A/m</b>             | Manyetik alan birimi (amper bölü metre)         |
| <b>B</b>               | Manyetik akı yoğunluğu                          |
| <b>E</b>               | Elektrik alan                                   |
| <b>E<sub>E</sub></b>   | Elektrik alan kuvveti                           |
| <b>f</b>               | Frekans                                         |
| <b>F<sub>M</sub></b>   | Manyetik alan kuvveti                           |
| <b>GHz</b>             | Gigahertz (10 <sup>9</sup> Hertz)               |
| <b>H</b>               | Manyetik alan                                   |
| <b>q</b>               | Elektrik yükü (Coulomb)                         |
| <b>S</b>               | Güç yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )               |
| <b>v</b>               | Hız (m/sn)                                      |
| <b>V/m</b>             | Elektrik alan birimi (volt bölü metre)          |
| <b>W/kg</b>            | Özgül soğurma oranı birimi (watt bölü kilogram) |
| <b>W/m<sup>2</sup></b> | Güç yoğunluğu birimi (watt bölü metrekare)      |
| <b>Watt</b>            | Güç birimi                                      |
| <b>1N</b>              | Birinci Nesil (1G-First Generation)             |
| <b>2N</b>              | İkinci Nesil (2G-Second Generation)             |
| <b>3N</b>              | Üçüncü Nesil (3G-Third Generation)              |
| <b>4N</b>              | Dördüncü Nesil (4G-Fourth Generation)           |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklamalar</b>                                                                                                     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ANSI</b>        | Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü<br>(American National Standards Institute)                                       |
| <b>Bİ</b>          | Baz istasyonu                                                                                                          |
| <b>BSC</b>         | Baz istasyonu denetleyicisi<br>(Base Station Controller)                                                               |
| <b>BSS</b>         | Baz istasyonu alt sistemi<br>(Base Station Subsystem)                                                                  |
| <b>BTK</b>         | Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu                                                                                 |
| <b>BTS</b>         | Baz alıcı verici istasyonu<br>(Base Transceiver System)                                                                |
| <b>CBS</b>         | Coğrafi Bilgi Sistemi                                                                                                  |
| <b>CDMA</b>        | Kod Bölmeli Çoklu Erişim<br>(Code Devision Multiple Access)                                                            |
| <b>CENELEC</b>     | Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi<br>(European Committee for Electrotechnical Standardization)             |
| <b>CEPT</b>        | Avrupa Posta ve Haberleşme İdaresi<br>(Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) |
| <b>ELF</b>         | Çok Düşük Frekans (Extremely Low Frequency)                                                                            |
| <b>EM</b>          | Elektromanyetik                                                                                                        |
| <b>FCC</b>         | Federal İletişim Komisyonu<br>(Federal Communications Commission)                                                      |
| <b>FDMA</b>        | Frekans Bölmeli Çoklu Erişim<br>(Frequency Devision Multiple Access)                                                   |
| <b>GoS</b>         | Hizmet derecesi<br>(Grade of Service)                                                                                  |
| <b>GPS</b>         | Küresel Konumlama Sistemi<br>(Global Positioning System)                                                               |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklamalar</b>                                                                                                            |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GSM</b>         | Mobil İletişim İçin Küresel Sistem<br>(Global System for Mobile Communications)                                               |
| <b>IARC</b>        | Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü<br>(International Agency For Research On Cancer)                                  |
| <b>ICNIRP</b>      | Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi<br>(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) |
| <b>IEEE</b>        | Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü<br>(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)                         |
| <b>ILO</b>         | Uluslararası Çalışma Örgütü<br>(International Labour Organization)                                                            |
| <b>IRPA</b>        | Uluslararası Radyasyondan Korunma Birliği<br>(International Radiation Protection Association)                                 |
| <b>Mİ</b>          | Mobil istasyon                                                                                                                |
| <b>MSC</b>         | Mobil anahtarlama merkezine<br>(Mobile Switching Centre)                                                                      |
| <b>NCRP</b>        | Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi<br>(National Council on Radiation Protection)                                    |
| <b>OFDM</b>        | Dikey Frekans Bölmeli Çoğullama<br>(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)                                               |
| <b>OTG</b>         | Akıllı telefon USB dönüştürücü kablosu (On The Go)                                                                            |
| <b>PSTN</b>        | Genel aktarmalı telefon şebekesine<br>(Public Switched Telephone Network)                                                     |
| <b>SAR</b>         | Özgül soğurma oranı<br>(Specific Absorbtion Rate)                                                                             |
| <b>SCPI</b>        | Programlanabilir Cihazlar için Standart Komutlar<br>(Standard Commands for Programmable Instruments)                          |
| <b>TDMA</b>        | Zaman Bölmeli Çoklu Erişim<br>(Time Devision Multiple Access)                                                                 |

| Kısaltmalar | Açıklamalar                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------|
| TEM         | Enine Elektromanyetik Dalga<br>(Transverse Electromagnetic) |
| TRX         | Taşıyıcı frekans (Transceiver)                              |
| WHO         | Dünya Sağlık Örgütü<br>(World Health Organization)          |



## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle, haberleşme sistemleri de çok ileri seviyelere ulaşmıştır. Öyle ki artık konumdan bağımsız olarak insanlar, başka insanlarla haberleşmekte, e-postalarını kontrol edebilmekte, gündemi yakından takip edebilmekte ve benzeri uygulamaları yapabilmektedir. Bu gelişimin en temel başlangıcı hiç kuşkusuz kablosuz haberleşmedir. Kablosuz haberleşmenin en ileri seviyesi de yine hiç kuşkusuz hücresel haberleşmedir. Hücresel haberleşme ile insanlar, konumdan bağımsız olarak yukarıda sayılan bütün faaliyetleri gerçekleştirebilmektedir.

Bilindiği üzere hücresel sistemler, günümüzde dördüncü nesile (4N) ulaşmış, dolayısıyla internete erişim yüksek hızlarda gerçekleşmeye başlamıştır. Her nesilde veri hızı, kapsama alanı kalitesi, görüşme kalitesi ve kapasite miktarı (bir baz istasyonu ile maksimum yapılabilecek görüşme miktarı) bir önceki nesile göre gözle görünür oranda artmıştır.

Kablosuz haberleşmenin bu denli yaygınlaşması ve yoğun kullanılır hale gelmesi, bazı tereddütleri de beraberinde getirmektedir (Sarıkahya, 2014). Bilindiği gibi kablosuz yapılan bütün işlemler, elektromanyetik (EM) dalgalar aracılığıyla gerçekleşmektedir. İçinden alternatif akım geçen her bir kablo çevresinde EM alan oluşturur. Bu durumda EM dalgaların üretilmesi amaçlanmamaktadır. Ancak kablosuz olarak gerçekleştirilen haberleşme, veri aktarımı, yayıncılık, son zamanlarda güncel bir konu olan kablosuz enerji aktarımı gibi işlemlerin hepsinde EM dalgalar kullanılmaktadır. Özellikle hücresel haberleşme sistemlerinde oluşturulan her hücre, kaynak (yani baz istasyonu anteni) tarafından EM dalgalarla kapsanan ve veri alışverişinin bu dalgalar aracılığıyla sağlandığı alanlardır.

Hücresel sistemlerin yaygınlaşması birçok hücrenin oluşması; kullanıcı sayısı ve sağlanan kalite ile orantılı olarak baz istasyonu sayısının artması anlamına gelmektedir. Her bir baz istasyonunun bir EM alan kaynağı olduğu düşünüldüğünde, EM alan ölçümlerinin önemi daha da artmaktadır. Çünkü baz istasyonları, kule, direk vb. yapılara kurulabildiği gibi çatı üzeri, bina yüzeyi vb. yapılara da kurulabilmektedir. Dolayısıyla baz istasyonu kaynaklı EM alanlar yaşam alanlarımıza kadar girmiştir.

EM dalgalar, frekanslarına ve enerjilerine göre iyonize eden EM dalgalar ve iyonize etmeyen EM dalgalar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Haberleşmede kullanılan EM dalgalar, iyonize etmeyen EM dalgalar sınıfında yer almaktadır. Dolayısıyla radyasyon etkisi göstermemektedir (Özdemir, 2004). Ancak uluslararası kuruluşlarca yapılan çalışmalarda bu dalgaların da etkisi incelenmektedir. Genellikle deneysel çalışmaların uzun süre gerektirmesi ve tekrarlanabilir olmaması kesin sonuçlar elde etmekte büyük engel teşkil etmektedir. Ancak söz konusu etkilerin minimize edilmesi amacıyla yetkili kuruluşlarca limit değerler belirlenmiştir.

EM alan maruziyeti için limit değer belirleme işlemleri uluslararası kuruluşlarca veya ülkelerin kendi kuruluşlarınca yapılmaktadır. Bazı ülkeler bu uluslararası kuruluşların çalışmalarını ve belirlediği limit değerleri dikkate alırken bazı ülkeler ise kendileri ayrıca limit değerler belirlemektedir. Ülkemizde Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) haberleşme kaynaklı EM alanların limit değerlerini belirlemektedir. Bu limitler çerçevesinde, her baz istasyonu aktif hale gelmeden önce mutlaka ölçülmekte ve limit değerlere uygun ise aktif hale getirilmesine izin verilmektedir. Limit değerleri aşan baz istasyonlarının ise kurulumuna izin verilmemektedir. Ayrıca kurulan baz istasyonları, aktif hale getirildikten sonra da belirli aralıklarla veya şikâyet üzerine BTK tarafından denetlenmektedir (BTK, 2011).

Baz istasyonları ölçümleri (ölçüm yöntemleri, kullanılacak cihazlar kim tarafından ölçüm yapılabileceği konuları), BTK tarafından yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan EM Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik gereği BTK tarafından ve BTK’nın yetki verdiği Ölçüm Yetki Belgeli Kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir.

Baz istasyonu ölçümlerinin resmi kurum ve kuruluşlar haricinde de yapılması mümkündür. Ancak bu ölçümlerin yasal bir geçerliliği bulunmamaktadır. Bu tarz ölçümler, EM alan kirlilik haritası oluşturma çalışmalarında, belediyelerce yapılan ölçüm çalışmalarında, halk maruziyeti tespit çalışmaları gibi çeşitli maksatlarla gerçekleştirilebilmektedir.

Belirli bir bölgenin EM alan kirlilik haritasının oluşturulması özellikle baz istasyonlarının yaygınlaşmasının ardından son zamanlarda akademik çalışmalarda yerini almaktadır. EM alan kirlilik haritalarında konum verisi, ölçüm zamanı ve ölçüm verisi gibi bilgiler haritalama işlemlerinde gerekli olan verilerdir. Çeşitli ölçüm düzenekleri ile elde edilen ve genel olarak manuel yöntemlerle kaydedilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları yardımıyla haritalanmaktadır. Ölçüm düzenekleri genellikle bilgisayar, ölçüm cihazı ve konum belirleme cihazı (GPS) gibi cihazlardan oluşmaktadır.

Bu tez çalışmasında, yapılan ölçümlerin ülkemizde geçerli olan yönetmelikle ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen yöntemlere uygun olması amacıyla ölçüm yapan kişinin konumunu, ölçümü gerçekleştirdiği tarihi ve zamanını, ölçüm süresini ve ölçüm verilerini elde edebilen bir arayüz tasarlanması amaçlanmıştır. Ayrıca geliştirilen arayüz ile EM alan kirlilik haritalarının oluşturulmasında gerekli olan veriler de elde edilebildiği için, bundan sonraki çalışmalarda mevcut veya yeni ölçüm düzenekleri kullanılması yerine geliştirilen uygulama kullanılabilecektir. Bu arayüz, konum verilerinin kullanımının kolaylığı bakımından Android işletim sistemli cihazlar için tasarlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde önceki çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarla ilgili özet bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümünde EM alan kavramı, kaynakların çeşitliliği, baz istasyonu ve EM alan ölçümleri, ölçümlerde kullanılan aletlerden bazıları hakkında genel bilgiler verilmiştir uluslararası kuruluşların çalışmaları ve yasal çerçeve incelenmiştir. Dördüncü bölümde standartlara uygun ölçüm yapılabilmesi için konum tabanlı ve gerçek zamanlı bir Android uygulaması geliştirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar tartışılmış, önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca gelecekte konu hakkında neler yapılabileceği değerlendirilmiştir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın konusu, spesifik bir alanda spesifik bir amaç için seçildiğinden dolayı daha önce bizzat bu amaçla yapılmış çalışmalar bulunmamaktadır. Ancak baz istasyonlarından ve diğer kaynaklardan yayılan EM alanlar, teknolojinin de ilerlemesiyle birlikte dikkatleri üzerinde toplayan bir konu olmuştur. Özellikle belirli bir yerleşim bölgesindeki EM kirliliğinin tespiti akademik çalışmalara, bu alanla ilgili yetkili kurumların çalışmalarına ve bu bölgelerin mücavir alanına girdiği belediyelerce yapılan çalışmalara konu olmaktadır. Bir bölgedeki EM kirlilik seviyesi, özellikle o bölgede bir EM kirlilik haritası oluşturulmasıyla belirlenmektedir. Harita oluşturma işlemleri, coğrafi bilgi sistemleri ismi verilen yazılımlar aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu yazılımlarda en temel girdi, coğrafi bölgenin koordinat bilgisidir. EM alan kirlilik haritaları ise belirli noktalarda (koordinatlarda) yapılan ölçümlerin coğrafi bilgi sistemi aracılığıyla işlenmesi sonucunda oluşturulur. Dolayısıyla ölçüm yapıldığında ölçümün yapıldığı zaman ve ölçümün yapıldığı koordinat bilgileri önemlidir.

EM kirlilik haritası oluşturma çalışmalarında genellikle ölçüm verisi ve zamanı ölçüm cihazından alınabilirken konum verisi (koordinat) ayrıca bir GPS (Global Positioning System- Küresel Konumlama Sistemi) cihazından alınmaktadır. Aşağıda bu şekilde yapılan çalışmalar belirtilmektedir;

Matteo BERTOCCO ve arkadaşları (2002), İtalya’da geniş coğrafi alanlardaki çevrede EM alan şiddetinin hesaplanması için GPS tabanlı bir ölçüm sistemi kurmuştur.

Ali Rıza ÖZDEMİR (2004), Ankara, İzmir ve İstanbul şehirleri için EM kirlilik haritaları hazırlamış, bu haritaları ölçüm verileri ve GPS cihazından ayrıca aldığı koordinat verileri ile harmanlayarak elde etmiştir.

Tolga İNCE (2007), Ankara ilinde radyo-TV vericileri ile baz istasyonlarının yoğun bulunduğu bölgelerde belirlediği noktalarda EMR 300 cihazıyla ölçümler yapmış ve bu noktalardaki EM kirlilik haritasını kendi hazırladığı yazılımla haritalamıştır.

C. GILIBERTI ve arkadaşları (2009), İtalya'nın Monselice şehrinde 16 kilometrekare alanda 11 baz istasyonundan aldıkları ölçümleri Gauss-Boaga koordinatlarını ve uzak alan formülünü kullanarak haritalamışlardır.

Osman UYGUNOL (2009), Konya kent merkezine ait EM kirlilik haritasının hazırlanması amacıyla, Selçuklu, Karatay ve Meram merkez ilçelerini seçmiş ve bu bölgelerdeki işletmecilere ait baz istasyonlarının bulunduğu, 184 ayrı noktada ölçümler gerçekleştirmiştir. Ölçümler esnasında SPECTRAN® HF-6080 marka portatif bir EM alan ölçüm cihazını kullanmıştır. Baz istasyonlarının bulunduğu bölgenin koordinatlarını ise el GPS'i ile tespit etmiştir. Elde edilen verileri "ArcGIS 9.2" yazılımıyla haritalamıştır.

Mustafa CANSIZ (2010), Drive Test Yöntemi ve Manuel (El ile) Ölçüm Alma Yöntemi kullanarak Diyarbakır ile merkezinde almış olduğu ölçümleri ve ayrıca bir GPS cihazı kullanarak elde ettiği konum verilerini sayısal harita yardımıyla haritalamıştır.

Özgür GENÇ (2010), Ankara kent merkezinde EM kirlilik kaynaklarının yoğun olarak bulunduğu nüfus oranı fazla bölgelerde 3 GHz'e kadar olan radyo frekans spektrumunda ortamdaki EM kirliliğe GSM (Global System for Mobile Communications- Mobil İletişim İçin Küresel Sistem) bandlarının etkisi incelemiştir. Radyo-TV vericilerinin ve baz istasyonlarının yoğun olarak bulunduğu Dikmen, Çaldağı ve Yenimahalle Şentepe bölgelerinde de EM kirlilik ölçümleri yapmış GPS yardımıyla elde ettiği konum verileri ile bu ölçümleri haritalamıştır.

Ramazan YÖN (2010), Afşin-Elbistan santralleri bölgesi için EM alan haritasını çıkarmış, ölçüm verilerini ve GPS üzerinden aldığı koordinat bilgisini ayrı ayrı harmanlayarak haritayı elde etmiştir.

Bülent ÖZGÜMÜŞ (2010), EM radyasyon ölçüm cihazı, küresel konum belirleme (GPS) cihazı ve taşınabilir bilgisayar sistemlerinden oluşturulan ölçüm düzeneğini özel bir araca kurarak elde ettiği verileri "Surfer" yazılımı aracılığıyla EM kirlilik haritasına dönüştürmüştür.

Uğur SORGUCU (2011), Erciyes Üniversitesi Kampüsünde GSM900 ve GSM1800 frekanslarının oluşturduğu EM kirliliği ayrı ayrı hesaplayıp haritalamıştır. Haritalama işleminde ölçüm verilerini ve ayrı bir GPS cihazından elde ettiği konum verilerini kullanmıştır “GlobeSurfer 9.0” yazılımından faydalanmıştır.

Tongning WU ve arkadaşları (2012), 827 baz istasyonunda toplam 6207 farklı noktadan ölçümler yaparak Çin’in Guangxi Bölgesi’nde GSM bandının neden olduğu EM alan maruziyet limit değerlerini belirlemişlerdir. Ölçüm noktalarının koordinat bilgilerini GPS cihazı ile elde etmişlerdir.

Nihat ARSLANTAŞ (2012), Ankara ilinde belirlediği okul ve hastaneler için EM alan ölçümleri yapmış, bu noktalarda GPS yardımıyla aldığı koordinat verilerini ölçüm verileri ile birlikte kullanarak EM kirlilik haritaları oluşturmuştur.

Abdurrahman Özgür POLAT (2013), Karaman İli Şehir Merkezi ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi’nde EM kirlilik haritasını çıkarma işleminde ölçüm cihazından alınan ölçüm verilerini ve GPS cihazından alınan konum verilerini “MapInfo” yazılımını kullanmıştır.

Ömer Erol DEMİRCAN (2013), Karadeniz Bölgesi’ne ait illerde yapmış olduğu ölçümlerde koordinat verileriyle birlikte EM kirlilik haritalarını oluşturmuştur.

Burak DİLEK (2014), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs alanında SRM 3006 cihazı kullanarak ölçümler yapmış, koordinat verilerini de aynı cihazdan almış ve “Surfer” yazılımı ile haritalama işlemini gerçekleştirmiştir.

N. STEFU ve arkadaşları (2015), Romanya’nın Timisoara (Temeşvar) şehrinde 900, 1800 ve 2400 MHz frekans aralıklarında değişen kaynaklardan alınan ölçümleri GPS verisiyle birlikte kullanarak haritalamışlardır.

Alper KEYSAN (2015), Balıkesir ili şehir merkezinin ve Balıkesir Üniversitesi Çağış Yerleşkesi’nin EM alan kirlilik haritasını drive-test yöntemiyle tespit etmiştir. Yaptığı

Çalışmada ölçümlerde standartlara uygun olan ve BTK tarafından da kullanılan Narda EMR-300 cihazını kullanmış, konum verisini de bir GPS cihazı yardımıyla almıştır. Aldığı konum verilerini ve ölçüm sonuçlarını bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan “MapInfo” yazılımı aracılığıyla haritalamıştır.

Mahmut Ali KALIN (2015), Niğde il sınırlarında bulunan 14 adet baz istasyonunun yaydığı EM alanların haritasını çizmiştir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde EM alan kirlilik haritaları oluşturulması için genellikle konum verisi ayrı bir GPS cihazından elde edilip manuel olarak kaydedilmekte ölçüm verisi ise ölçüm cihazından ya manuel olarak ya da kullanılan cihazın kendi bilgisayar yazılımı ile dizüstü bilgisayarlar aracılığıyla elde edilmiştir. Dolayısıyla daha portatif ve kullanışlı bir sistemin geliştirilmesinin bu alanda yapılacak daha sonraki akademik çalışmalarda verilerin elde edilmesi açısından büyük kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

### 3. ELEKTROMANYETİK ALANLAR

Bu bölümde, EM alanlar ve kaynakları ile ilgili temel bilgiler verilmiş, hücresel sistemler ve baz istasyonları anlatılmış, EM alan ölçümleri ile ilgili cihazlar ve yöntemler, yasal çerçeve ve limit değerler incelenmiştir.

#### 3.1. Temel Kavramlar

EM alanlar, özellikle kablosuz haberleşme sistemleriyle beraber hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Genel olarak EM alanlar elektrik ve manyetik alanların birleşiminden oluşmaktadır.

##### 3.1.1. Alan ve dalga kavramı

Alan; belirli bir bölgeye dağılmış bulunan ve o bölgedeki herhangi bir cisme etki eden fiziksel bir nesnedir; EM alan denilince çevremizde yayılmış bulunan elektrik ve manyetik alan anlatılmak istenir (Çerezci, 2012: 12). Aynı kaynaktan yayılan elektrik ve manyetik alanlar, EM alanı oluşturur; bu alanlardan yayılan dalgalara ise EM dalgalar adı verilir (Genç, 2010). Şeker ve arkadaşları (2003: 3, 34, 225, 226) ise EM alanı *“EM alan hareketli veya hareketsiz elektriksel yükler arasındaki etkileşimin iletimi”* şeklinde tanımlar.

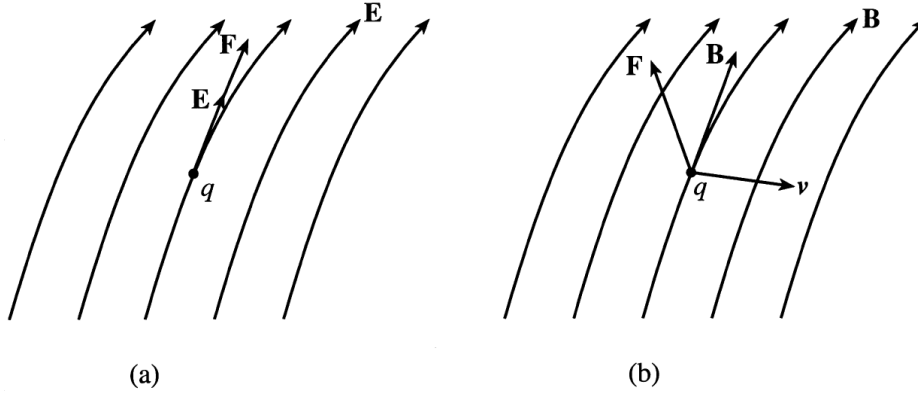
Eğer *“v”* hızıyla hareket eden bir *“q”* yüklü bir parçacık *“v”* hızından bağımsız bir elektriksel *“F<sub>E</sub>”* kuvvetine maruz kalırsa bu bölgenin bir elektrik alanı ile karakterize olduğu söylenir (Rao, 2006).

$$F_E = q * E \quad (3.1)$$

Eğer *“q”* yüklü parçacık, *“v”* hızına bağımlı bir *“F<sub>M</sub>”* kuvvetine maruz kalırsa bu bölgenin manyetik alan ile karakterize olduğu söylenir (Rao, 2006: 1-2).

$$F_M = q * v \times B \quad (3.2)$$

Elektrik alan parçacığa uygulanan kuvvete paralelken manyetik alan bu kuvvete diktir (Şekil 3.1).

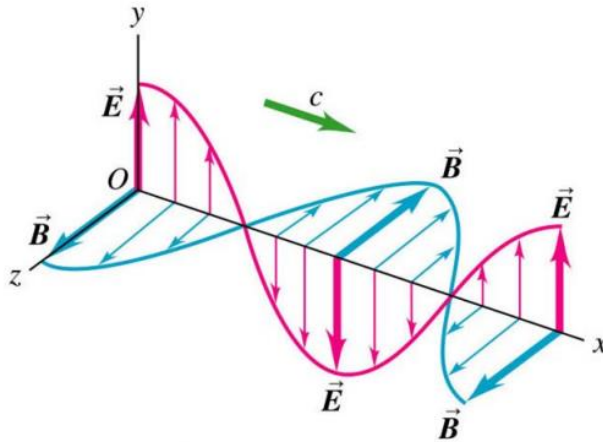


Şekil 3.1. Elektrik (a) ve manyetik (b) alanda  $q$  yükünün hareketi (Rao, 2006)

EM dalgalar elektrik alan ve manyetik alanlardan oluşur. Dolayısıyla EM alan bulunan bir bölgede hem elektrik alandan hem de manyetik alandan bahsetmek mümkündür.

### 3.1.2. Elektromanyetik ışıınım

EM dalgaların herhangi bir iletim ortamında yayılması olayına EM ışıınım adı verilir. Kablosuz haberleşme sistemleri EM dalgaların bu özelliğini kullanır ve birbirine ve yayılım ortamına diktirler. Bu şekildeki EM dalgalara “enine EM dalga” (Transverse Electromagnetic-TEM) adı verilir.



Şekil 3.2. Enine EM dalgaların yayılımı (Bibi, 2015)

TEM dalgasında, alan bileşenleri yayılma doğrultusunda dik bir düzlemde bulunurlar. Bu dalgalara aynı zamanda düzlem EM dalgalar da denir (Özdemir, 2004). Şekil 3.2’de TEM dalgaların boşlukta yayılımı gösterilmektedir. Elektrik ve manyetik alanın birbirine ve ilerleme yönüne dik olduğu şekilde de görülmektedir.

### 3.1.3. Elektromanyetik alan kaynakları

EM alan kaynakları doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Gök gürültülü havalarla ilişkili atmosferdeki elektrik yüklerinin birikimi ile üretilen elektrik alanları ile yıldırım, şimşek vb. doğa olayları sonrasında oluşan ve dünyanın çevresinde bulunan manyetik alanları doğal kaynaklara örnek gösterilebilir (Bibi, 2015; WHO, 2002).

Doğal olayların dışında kalan istemli veya istemsiz üretilen bütün kaynaklar ise yapay alan kaynaklarıdır. Elektrikle çalışan cihazlar, X-ray cihazları, haberleşme sistemleri, elektrik iletim hatları vb. bütün kaynaklar yapay alan kaynaklarıdır (Bibi, 2015; WHO, 2002).

Doğal nedenlerle (galaktik, atmosferik elektriksiz yüklerin sirkülasyonu vb.) oluşan ve çeşitli frekans ve güçlerdeki EM dalgaların meydana getirdiği EM alanlar; ortamdaki EM dağılımın dip seviyesini temsil etmektedir. Gürültü yoğunlukla; kaynağı ne olursa olsun çok geniş bir frekans bölgesini kapsamaktadır (Özdemir, 2004).

Doğal ve yapay kaynakların oluşturduğu EM alanların bileşkesi, ortamın EM kirliliğini (EM alan seviyesini) oluşturur. Her bir kaynağın frekans yayılımının farklı olduğu düşünüldüğünde ortamın EM kirliliği çok geniş spektrumda oluşmaktadır. Örneğin şebeke geriliminin oluşturduğu alanların frekansı 50 Hz iken bir baz istasyonunun oluşturduğu alanların frekansı 800 MHz ile 2600 MHz arasında değişmektedir. İki alan arasındaki en önemli fark ise, birinin haberleşme maksatlı kullanılan istemli olarak üretilen EM dalgaların oluşturduğu alanlar olmasıdır. Diğerinde ise haberleşme maksadı güdülmemektedir.

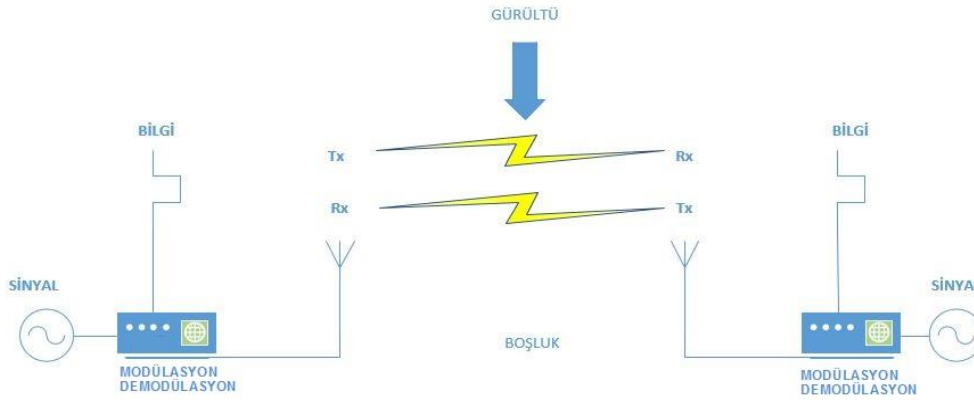
Elektronik devreler ve sistemler bulundukları ortamda değişik kaynaklardan gelen etkilere maruz kalmaktadırlar. Bu etkiler genel olarak gürültü (noise) olarak bilinir ve ortamdaki istenen haberleşme dalgalarının dışındaki tüm EM etkiler, gürültü sayılır. Ortamdaki EM

alanın ya da EM kirliliğın değeri; istenen veya istenmeyen EM dalgalar ve gürültülerin bileşkesidir (Özdemir, 2004).

### 3.1.4. Elektromanyetik dalgaların haberleşmede kullanılması

EM dalgalar, kablosuz haberleşme sistemlerinde haberleşme amaçlı üretilmekte ve kullanılmaktadır. Kablosuz haberleşme, iletilmesi istenen bilginin kablolardan bağımsız bir şekilde EM dalgalar aracılığıyla boşlukta kılavuzsuz bir şekilde iletilmesidir. Bu sistemlerde EM dalgalar antenler aracılığıyla gönderilip alınmaktadır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi tipik bir kablosuz haberleşme sisteminde alıcı anten devresi, verici anten devresi, sinyal üretici, çalışma frekansında üretilen sinyal (EM dalga) ve bu sinyale modülasyon ile işlenen bilgi elemanları bulunmaktadır (Bibi, 2015).

Kablosuz haberleşmede kullanılan ve frekans spektrumunda radyo frekans bölgesinde bulunan EM dalgalar, elektrik alan ve manyetik alan bileşeninden oluşurlar. Bu alanlar birbirine ve ilerleme yönüne dik olduğundan enine dalga olarak adlandırılırlar ve boş uzayda ışık hızıyla yayılırlar (Özdemir, 2004).



Şekil 3.3. Tipik bir kablosuz haberleşme sistemi (Bibi, 2015)

Kablosuz haberleşme sistemlerinde verici antene uygulanan bir güç, antendeki elektronların verici frekansında titreşimini sağlar ve elektronlar kaynağın salınım frekansı ile anten üzerinde salınım yapar. Anten ile yayılım ortamı arasındaki dielektrik katsayısı

farkı, antenden salınım yapan elektronların enerjilerinin bir kısmının iletim ortamına geçmesine bir kısmının da geri yansımaya neden olur. Verimliliğin artması ve haberleşmenin sağlanabilmesi, antene uygulanan enerjinin yayılım ortamına maksimum seviyede aktarılmasıyla mümkündür. Antenin fiziksel boyu ile ortama yayılan EM dalganın dalga boyu arasında belirli bir oranın bulunması bu enerjinin en yüksek seviyede ortama yayılmasını sağlar. Bu oran çeşitli deneysel çalışmalarla anten boyunun dalga boyunun yarısı ve çeyrek boyu olduğu durumlarda gözlenmiştir. Bu oranlarda rezonans olayı meydana gelir ve elektronların enerjisi ortama maksimum seviyede iletilmektedir. (Özdemir, 2004).

### 3.1.5. Baz istasyonu kaynaklı elektromanyetik dalgalar

Son 25 yılda hücresel sistemlerin de gelişmesiyle bu sistemlerin altyapısı olan baz istasyonlarının sayısı hızla artmıştır. Günümüzde EM alanlar ile ilgili en çok endişe, baz istasyonlarının bu denli fazlalaşmasından dolayı yaşanmaktadır. Hayatın vazgeçilmez bir parçası olarak baz istasyonları, kablosuz haberleşmede en çok EM dalga oluşturan kaynaklar arasındadır.

Hücresel Haberleşme Sistemlerinde kapsama kalitesinin artması, trafik yükü beklentileri, istenen seviyede kullanım etkinliğinin sağlanması, çok sayıda Baz İstasyonu (Base Transceiver Station-BTS) kurulumunu da beraberinde getirmektedir. Bu durum ortamda ve yerleşim alanları içinde EM alan seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır (Özdemir, 2004). Kullanıcı sayısının artışına bağlı olarak baz istasyonu sayıları da hızla artmaktadır. Özellikle hücresel sistemlerle data alışverişinin artması, üçüncü nesil (3N) ile artan veri aktarım hızı seviyelerinin dördüncü nesil (4N) ile çok daha yüksek seviyelere çıkması ve buna bağlı olarak internet kullanımının hücresel sistemler aracılığıyla akıllı telefonlar ile gerçekleşmesi baz istasyonu sayısının artışındaki en büyük etkenlerdendir.

### 3.2. Elektromanyetik Alan Şiddetinin Ölçülmesi

EM alan ölçümleri yakın alan ve uzak alanda farklı şekillerde gerçekleştirilmektedir. Yakın alan şartları yakın alan EM alan ölçümlerin doğruluğunda uzak alana kıyasla daha fazla

bozulmaya neden olmaktadır (Trzaska, 2001: 3). Bu tez kapsamında incelenen ölçümler uzak alan ölçümleri olduğu için yakın alan ölçümlerine değinilmeyecektir.

Uzak alanda; elektrik ve manyetik alanın kaynaktan uzaklaştıkça mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azalması (serbest uzay kaybı olarak), hesaplamalarda elektrik alan şiddetinin veya coğrafi alandaki dağılımının tahmin edilmesinde kolaylık sağlamaktadır (Özdemir, 2004). Uzak alan bölgesinin sınırı Eş. 3.3 formülü ile hesaplanan sınır alanından sonraki bölge olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede de ışıma alanları baskındır fakat burada açısal alan dağılımı antene uzaklıktan bağımsız hale gelir ve bu bölgede Elektrik ve manyetik alan vektörleri birbirine ve yayılım yönüne diktir (Visser, 2005: 85).

$$r \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (3.3)$$

$r$  : Uzak alanın uzaklığı (m)

$D$  : Anten boyu (m)

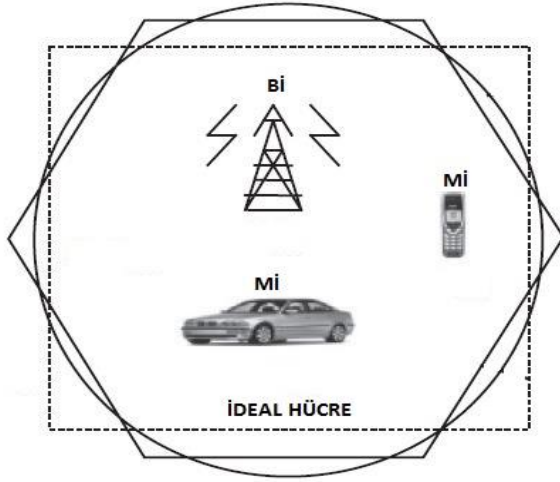
$\lambda$  : Dalga boyu (m)

EM radyasyonu oluşturan iki bileşen ayrı ayrı ölçülmektedir ve EM ışıınım (radyasyon) veya EM kirlilik ifadeleri kullanıldığında bu bileşenlerin her ikisi birlikte kastedilmektedir. Elektrik alan şiddetinin birimi için genellikle V/m kullanılır, manyetik alan şiddetinin birimi için A/m, Tesla, Gauss birimleri de kullanılır. Çok düşük frekanslarda (ELF bant) elektrik ve manyetik alanlar birbirinden bağımsız olarak davranır ve her biri ayrı ayrı ölçülmelidir. Ancak yüksek frekanslarda elektrik ve manyetik alan birbirine bağlı ve dik olarak hareket ettiğinden ortamda ya elektrik alan değeri ya manyetik alan değeri ölçülür (genellikle elektrik alan). Diğer alan ise elektrik ve manyetik alan arasındaki bağıntı ( $H=E/377$  A/m,  $S=E^2/377$  W/m<sup>2</sup>) yardımıyla hesaplanır (Çerezci, 2012: 15-16).

### 3.3. Hücresel Sistemler ve Baz İstasyonları

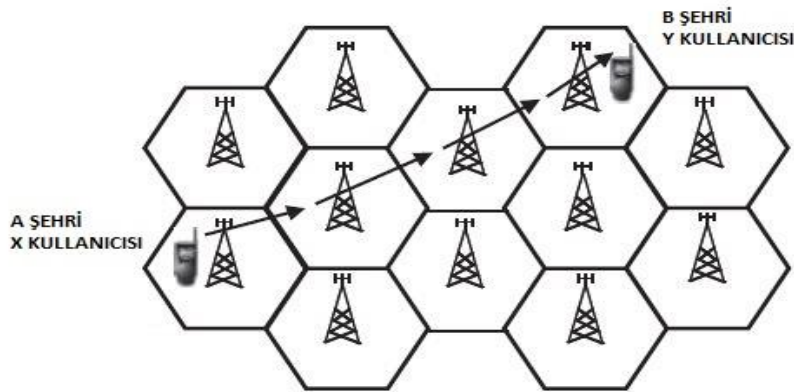
Hücresel sistemler, haberleşme hücrelerinden oluşan ve her bir hücrenin merkezinde kullanıcılar (mobil istasyon) arasında veri alışverişinin gerçekleşmesini sağlayan baz

istasyonunun bulunduğu sistemlerdir. İdeal olarak baz istasyonu ve yayın yaptığı alan, Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi altıgen şeklinde düşünülür (Agrawal ve Zeng, 2011: 14-15; Bibi, 2015).



Şekil 3.4. Bir baz istasyonunun kapsama alanının temsili gösterimi

Bu altıgenlerin birleşmesiyle hücresel haberleşme sistemi oluşur (Şekil 3.5). Her hücrenin frekansı EM girişim olmaması için komşu hücrelerle farklı değerlerde planlanır (Bibi, 2015).



Şekil 3.5. Baz istasyonlarından oluşan hücresel haberleşme sistemi gösterimi

Baz istasyonu ile kapsanan alanın büyüklüğüne göre hücrelerin isimleri değişmektedir. Bunlardan çıkış gücü düşük, kapsama alanı bir bina, sokak veya mahalle olan hücreler smallcell olarak adlandırılır. Smallcell kavramı içinde femtocell, picocell, mikrocell ve

metrocell hücreler bulunmaktadır (Goldsmith, 2005: 10-11). Çıkış gücü smallcell hücrelere nazaran daha yüksek olan ve kapsama alanı daha geniş olan ve kırsal alanlarda ve daha az kullanıcılı alanlarda tercih edilen hücrelere makrocell hücreler adı verilir. Kapsama alanı küresel olan ve uydu hizmetleri ile sağlanan hücrelere ise küresel (global) veya megacell hücreler denir (Agrawal ve Zeng, 2011: 9; Bibi, 2015).

Hücresel sistemlerde, aynı anda çok sayıda kullanıcı arasında iletişim sağlanabilmesi amacıyla erişim ve çoğullama teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler frekans bölmeli çoklu erişim (FDMA), dikey bölmeli çoğullama (OFDM), zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA) ve kod bölmeli çoklu erişim (CDMA) teknikleridir (Agrawal ve Zeng, 2011: 15; Bibi, 2015).

Haberleşme teknolojilerinde gerçekleşen gelişmelerle birlikte (modülasyon teknikleri, erişim teknikleri vb.) hücresel sistemler de hızla gelişmiştir. Her yeni hücresel sistem “nesil” ismiyle adlandırılmıştır ve böylelikle ilk hücresel sistemler birinci nesil (1N) hücresel sistemler, sonrasındaki sistemler ise sırasıyla ikinci nesil (2N) hücresel sistemler, üçüncü nesil (3N) hücresel sistemler ve dördüncü nesil (4N) hücresel sistemler olarak adlandırılmaktadır (Bibi, 2015).

1N hücresel sistemler, sadece sesli iletişim sağlamak amacıyla geliştirilen ve FDMA tekniklerinin kullanıldığı sistemlerdir (Agrawal ve Zeng, 2011: 1). Bu sistemlerde iletim analog şekilde gerçekleştirildiği için hem kanal hem de spektrum kullanımı açısından verimli sistemler değildir (Bibi, 2015).

Sayısal iletim tekniklerinin kullanıldığı 2N hücresel sistemlerde genellikle haberleşme kanallarının daha etkin kullanılması ve verilerin ayrı bir şekilde işlenebilmesi amacıyla zaman bölmeli çoğullama teknikleri kullanılmıştır (Agrawal ve Zeng, 2011: 1; Bibi, 2015). Sayısal hücresel sistemlerde spektrum paylaşımı frekans bölmeli, zaman bölmeli, kod bölmeli (yayılı spektrum) ya da bu tekniklerin birlikte kullanılmasıyla hibrid olarak gerçekleştirilmektedir (Bibi, 2015; Goldsmith, 2005: 12).

2N hücresel sistemlerde;

- Ses kapasitelerinin yüksek olması,

- Sayısal iletim teknikleri kullanılması,
- Devre anahtarlama veri kapasitesinin 60 Kbps'a kadar artması,
- Paket anahtarlama veri kapasitesinin giderek 60 Kbps'a kadar artması

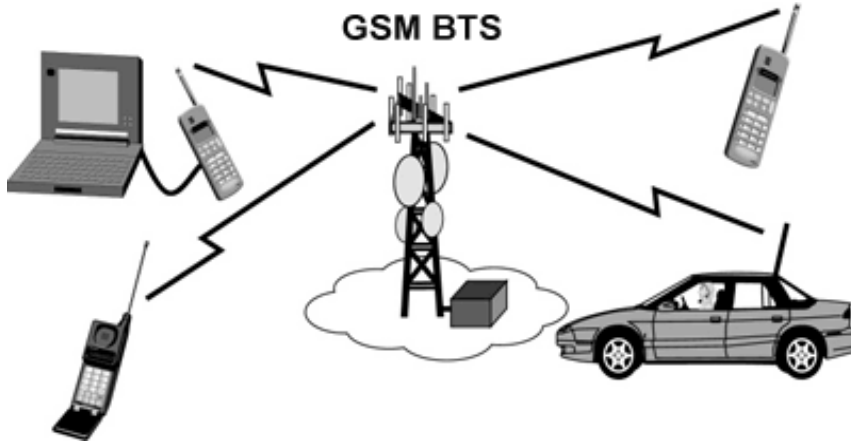
gibi teknik özellikler mevcuttur (Bibi, 2015; Webb, 2007: 15).

3N hücreli sistemler, ses, veri ve multimedya trafiğinin toplu bir şekilde gerçekleştirilmesi ihtiyacından dolayı geliştirilmiştir (Agrawal ve Zeng, 2011: 2). Bu sistemler çoğunlukla CDMA temelli tekniklerin kullanıldığı sistemlerdir. 3N hücreli sistemleri ile devre anahtarlama ve paket anahtarlama veri taşıma oranları gerçek değerlerde 400 Kbps'a kadar uzanmaktadır. Bunun yanı sıra video aramaları ve video akış materyalleri gibi uygulamalar desteklenmektedir (Webb, 2007: 17).

Kablosuz sistemlerde mobil istasyon ile veri alışverişinde bulunan sabit alıcı ve verici istasyonlar, baz istasyonu olarak adlandırılır. Hücreli sistemlerde baz istasyonu sistemi (Base Station Subsystem-BSS), baz alıcı-verici istasyonu (Base Transceiver Station-BTS) ve birkaç BTS'i kontrol eden baz istasyonu denetleyicisinden (Base Station Controller-BSC) oluşmaktadır. BTS, bir hücrede, veri alışverişinin gerçekleştirilmesini sağlayan bütün radyo ve iletim ekipmanlarının bulunduğu bölümdür (Bibi, 2015; Kırdar ve Demirkol, 2014).

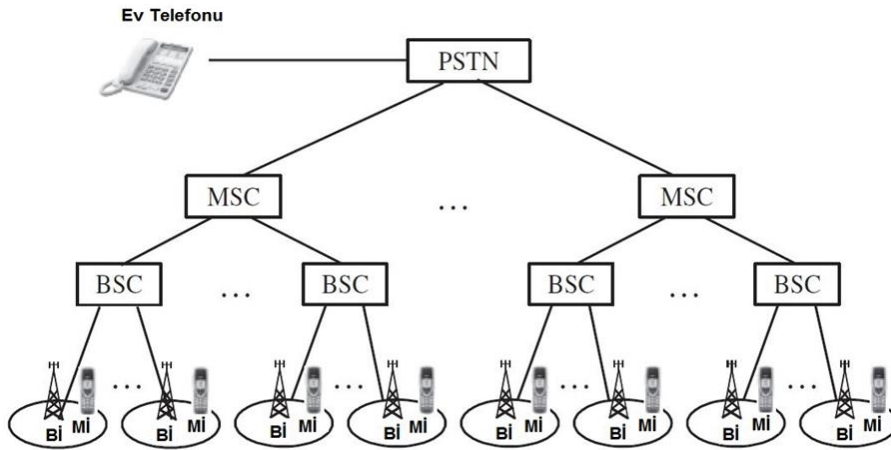
Temel bir baz istasyonunda taşıyıcı frekans (Transceiver-TRX) elemanları, güç kaynakları, birleştiriciler, güç bölücüler, anten kabloları, direk, şifreleme ekipmanları, antenler ve direk yükselticileri bulunmaktadır. Bazı uygulamalarda kesintisiz güç sistemleri de bulunmaktadır (Bibi, 2015; Penttinen, 2015: 288-299).

Baz istasyonlarında hücrelere yapılan yayınlar, yükseklikleri 0,5 m ile 2,5 m arasında değişen antenler aracılığıyla gerçekleştirilir. Hücre antenleri, yönsüz anten (omni-directional) olabildiği gibi yönlü (directional) antenler de olabilir. Fakat uygulamada çoğunlukla yönlü antenler tercih edilmektedir (Bibi, 2015; Penttinen, 2015: 288-289). Hücreye yayın yapması planlanan antenlerin havada tutulması taşıyıcı direkler veya yapılarla sağlanmaktadır. Radyo ve enerji sağlama ekipmanları ise kabinet adı verilen koruyucu odalarda yer alır. Şekil 3.6'da temsili olarak baz istasyonunda kule, mikrodalga antenler, hücreli antenler ve kabinet gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Tipik bir BTS gösterimi

Bir baz istasyonu, bir veya daha fazla sayıda hücrenin trafiğini iletebilir. Hücre, bir veya daha fazla sayıda TRX'lerin oluşturduğu kapsama alanıdır. Her hücre, kullanıcılar tarafından gözlemlenebilen bir hücre kimliğine (cell ID) sahiptir (Penttinen, 2015: 289). Mobil istasyon ile bilgi alışverişi için frekans çiftleri kullanılır. Bu frekans çiftinden bir kanal mobil istasyona veri iletiminde diğer kanal veri alımında kullanılır (Bibi, 2015; Kırdar ve Demirkol, 2014).



Şekil 3.7. Hücresel ağ sistemi

Birçok baz istasyonu, mobil anahtarlama merkezine (Mobile Switching Centre- MSC) bağlı olan BSC'ler tarafından kablolar veya kablosuz teknolojiler aracılığıyla bağlantı kurularak kontrol edilmektedir. Birçok MSC de genel aktarmalı telefon şebekesine (Public Switched Telephone Network PSTN) ve eş zamansız iletim kipi (Asynchronous Transfer Mode- ATM)

omurgasına bağlanmaktadır (Agrawal ve Zeng, 2011: 19-22; Bibi, 2015). Şekil 3.7' de hücresele ağ örneği görülmektedir.

Baz istasyonu kurulumlarının temel sebebi, bir bölgedeki kullanıcılara kaliteli hizmet sağlayabilmektir. Kullanıcı sayısının fazla olması, baz istasyonu kapasitesinin sınırlı olması ve belirli bir nüfusun üstündeki yerleşim merkezlerinin kapsanması gerekliliği baz istasyonu sayısını her geçen gün arttırmaktadır (Bibi, 2015).

Hücresele planlamada birincil kıstaslar kapsama alanı analizi ve bölgedeki kullanım yoğunluğunun (trafik) incelenmesidir. Bu incelemelerde kapasite, kapsama alanı, uygun frekanslar, konuşma kalite içeriği, hizmet derecesi (Grade of Service-GoS) ve maliyet gibi konularda bilgiler elde edilmektedir. Hücre trafiğinin belirlenmesinde Erlang B trafik tablosu kullanılmaktadır. Bir hücreden sağlanacak maksimum verimin tespit edilmesi o hücrede kullanılabilir konumda olan trafik kanalına ve bu kanallarda meydana gelebilecek tıkanıklığın kabul edilebilir miktarına bağlı kalmaktadır (Bibi, 2015; Kırdar ve Demirkol, 2014).

Bir hücrede 2 adet TRX ve her TRX için 8 kanal (time slots) bulunduğu varsayalım. Toplam 16 kanaldan birinci TRX'in ilk iki kanalı kontrol için ayrılmaktadır. Kalan 14 kanaldan ise Erlang B tablosundan tahmini sabit değer 0,025E ve GoS %2 olarak düşünüldüğünde toplam 328 kişiye servis sağlanmaktadır. Yani 2 adet TRX, 1 saat içinde bulunduğu hücrede 328 aboneye servis sağlamaktadır. 3 sektörlü bir baz istasyonu için bu değer 984 kişiye tekabül etmektedir (Bibi, 2015; Kırdar ve Demirkol, 2014). Sonuç olarak 2'nci nesil hücresele sistemler için bir baz istasyonu için ortalama kapasite tahmini çıkartıldığında hizmet sağladığı kişi sayısı kabaca hesaplanmaktadır. Kullanıcı sayısı düşünüldüğünde ise baz istasyonu sayılarının neden hızla arttığı ve neden yaşam alanlarının içine kadar girdiği soruları cevabını bulmaktadır. Bu durum, baz istasyonlarının radyo-TV kuleleri gibi şehir dışına çıkarılamayacağının ve tek noktadan çok sayıda yayın yapılarak hücresele haberleşmenin sağlanamayacağının bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Bibi, 2015).

Kullanıcı sayısı artmasına bağlı olarak çevrede baz istasyonlarının sayısının artması ortamda EM alan yoğunluğu oluşumuna sebep olmaktadır. Bu cihazlardan ortama yayılan güç; cihaz

çıkış gücü olarak 2-80 Watt arasında değişmektedir. Anten ana yayılım yönünde ise  $P_{erp}=400$  W'a kadar çıkmaktadır. Baz istasyonlarının şehir merkezlerinde genellikle 10-30 m yükseklikte bulunan kule/bina/direk vb. yapılara kurulmakta ve genelde her kulede 120°'lik yatay açılarla konuşlandırılmış üç anten bulunmaktadır. Her bir antenin dikey ekseninde tipik olarak 5-8°'lik hüzmeleri bulunmaktadır. Antenlere eğim (tilt) verilerek hüzmelerin yeryüzüne doğru yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Bunun nedeni kapsamanın zemine yakın yerlerde de kaliteli olarak sağlanabilmesidir (Sarıkahya, 2014).

Türkiye'de GSM hücresel haberleşme sistemleri 2'nci, 3'üncü ve 4'üncü nesil sistemler için 800-900-1800-2100 ve 2600 MHz frekansları kullanılmaktadır. Cihaz yayılım güçleri ise kullandıkları bölgelere göre farklılık göstermekle beraber 80 Watt'a kadar değişmektedir (Sarıkahya, 2014).

### **3.4. Baz İstasyonu Kurulum Yerleri**

Baz istasyonu kurulum yerleri, kapsanması planlanan alanın büyüklüğüne göre (yani hücre boyutuna göre) değişmektedir. Geniş alanlar için planlanan kapsamalarda büyük hücreler (makrocell) oluşturulmaktadır. Aynı zamanda hücresel ağlardaki ana kapsama bu hücrelerle sağlanmaktadır. Antenler yayını kesecek veya engelleyecek yükseklikte yapıların bulunmadığı direk, kule, çatı üzeri ve mevcut yapılara yerleştirilmektedir (MOA, 2015).

Daha küçük alanlarda ve nüfusun yoğun olduğu bölgelerde geniş alan kapsamına ek kapasite sağlamak amacıyla kurulan istasyonlara küçük hücreler (mikrocell) adı verilmektedir. Bu istasyonlar sokak düzeyinde kapsama yapılması amacıyla mevcut binaların dış duvarlarına, aydınlatma direklerine ve diğer cadde malzemelerine kurulmaktadır. Anten boyutları geniş alan hücre antenlerinden daha küçük olup çalışma güçleri (birkaç watt) ve kapsama mesafeleri (100m-300m) daha düşük olmaktadır (MOA, 2015).

Daha sınırlı kapsama gereken bölgelerde ise çok küçük hücreler (pikocell) kurulmaktadır. Genellikle kapsamanın zayıf olduğu binaların içine veya havaalanı, alışveriş merkezleri, tren garı gibi yerler kurulmaktadır (MOA, 2015).

### 3.5. Baz İstasyonu Ölçümleri

Baz istasyonu ölçümlerinin alındığı noktalar, uzak alan şartlarını sağladığından genel halk maruziyetinin tespiti için ölçümler de uzak alana göre alınmaktadır. Çalışanlar için ise yakın alan şartları geçerlidir ve yakın alan şartları bu tez kapsamı dışında değerlendirilmektedir.

Baz istasyonu ölçümleri genellikle elektrik alana duyarlı problarla (antenlerle) elektrik alanın ölçülmesiyle yapılmakta ve manyetik alan değeri bu ölçüm sonucundan faydalanılarak hesaplanmaktadır (Çerezci, 2012: 16). Birden fazla baz istasyonu bulunan noktalarda yapılan ölçümlerde ortam limit değerlerinin yüksek çıkması durumunda her bir istasyonun etkisini ölçmek amacıyla spektrum analizörü adı verilen frekansa bağlı ölçüm kabiliyeti bulunan cihazlarla ölçüm yapılmaktadır.

#### 3.5.1. Limit değerler ve ölçüm gerekliliği

Yapay kaynaklar tarafından oluşturulan EM alanlar, çevre üzerinde EM alan yoğunluğu meydana getirir. EM alanların çevre üzerinde oluşturduğu etkiler çok uzun yıllardır incelenmektedir. Bu alanların zararlı etkileri hususunda kesin bir bulgu tespit edilememiş olmasından dolayı, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization - WHO), Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) ve Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP) gibi uluslararası kuruluşlarca ihtiyat ilkesi<sup>1</sup> uygulanmıştır. Bu ilke istem dışı EM alan maruziyetini belirli bir sınır değerde tutmayı amaçlamaktadır ve bu amaçla limit değerler belirlenmiştir (Bibi, 2015).

Gıdalardaki katkı maddeleri, hava ve suyu kirletici kimyasal konsantreler vb. işlemlerde belirli standartlar uygulanmaktadır. Çünkü standartlar halk sağlığının korunması maksadıyla belirlenmektedir. Aynı şekilde limit değerler de standartlar gibi EM alanlara aşırı maruziyeti önlemek için halk sağlığının korunması amacıyla belirlenmiştir (Bibi, 2015; WHO, 2002).

---

<sup>1</sup> İhtiyat ilkesi, çevre ile ilgili konularda zararlı olduğu şüphesi bulunan ancak bu zararın varlığına herhangi bir bilimsel kanıt getirilemeyen durumlar için alınan tedbirleri ifade etmektedir.

EM dalgaların en belirgin etkisi, dokularda sıcaklık artışına neden olmasıdır. İnsan vücudundaki herhangi bir dokunun tolere edebileceği maksimum değer 0,5 °C olarak belirlenmiştir. Bu değerde etkisi olan limit değerler, tüm vücut için ortalama özgül soğurma oranı (Specific Absorption Rate-SAR) olarak kabul edilmiştir ve 4 W/kg değerine denk gelmektedir. Yukarda bahsi geçen uluslararası kuruluşlar, ihtiyat ilkesi gereği bu değerinde biri değerini (0,4 W/kg) limit değer olarak belirlemişlerdir ve bu limit değerler genel kabul görmüş değerler olarak devam etmektedir (Bibi, 2015; Çerezci, 2012). Çizelge 3.1’de ICNIRP tarafından belirlenen frekansa bağlı genel halk maruziyeti limit değerleri görülmektedir.

Çizelge 3.1. ICNIRP’in belirlediği frekansa bağlı genel halk maruziyeti limit değerleri

| Frekans Aralığı | Elektrik Alan Kuvveti<br>( V/m ) | Manyetik Alan Kuvveti<br>( A/m ) | Manyetik Akı Yoğunluğu<br>( $\mu T$ ) | Eşdeğer Düzlem Dalga Güç<br>Yoğunluğu ( W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| up to 1 Hz      | —                                | $3.2 \times 10^4$                | $4 \times 10^4$                       | —                                                          |
| 1–8 Hz          | 10,000                           | $3.2 \times 10^4/f^2$            | $4 \times 10^4/f^2$                   | —                                                          |
| 8–25 Hz         | 10,000                           | $4,000/f$                        | $5,000/f$                             | —                                                          |
| 0.025–0.8 kHz   | $250/f$                          | $4/f$                            | $5/f$                                 | —                                                          |
| 0.8–3 kHz       | $250/f$                          | 5                                | 6.25                                  | —                                                          |
| 3–150 kHz       | 87                               | 5                                | 6.25                                  | —                                                          |
| 0.15–1 MHz      | 87                               | $0.73/f$                         | $0.92/f$                              | —                                                          |
| 1–10 MHz        | $87/f^{1/2}$                     | $0.73/f$                         | $0.92/f$                              | —                                                          |
| 10–400 MHz      | 28                               | 0.073                            | 0.092                                 | 2                                                          |
| 400–2,000 MHz   | $1.375f^{1/2}$                   | $0.0037f^{1/2}$                  | $0.0046f^{1/2}$                       | $f/200$                                                    |
| 2–300 GHz       | 61                               | 0.16                             | 0.20                                  | 10                                                         |

SAR değerlerinin ölçülmesi laboratuvar şartlarında mümkündür ve bu genel itibariyle kolay değildir. Dolayısıyla kolay ölçülebilen, gözlenebilen ve belirli bağıntılarla birbirine dönüştürülebilen elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu kavramları sınır değerler olarak benimsenmiştir ( $H=E/377$  A/m,  $S=E^2/377$  W/m<sup>2</sup>) (Sarıkahya, 2014). Her geçen gün EM alan kaynaklarının artması, özellikle hücresel sistem teknolojilerindeki ilerlemelerden dolayı baz istasyonu sayısının artması, akıllı telefon kullanımının artması istem dışı maruz kalınan EM alan seviyesinin sürekli olarak ölçülmesi gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Özellikle EM alanların sağlık etkileri konusunda kesin bulgular bulunmaması, bu alanların sürekli ölçülerek en azından limit seviyelerde tutulmasının sağlanması amacıyla ölçümler büyük önem arz etmektedir.

Uluslararası EM Alanlar Güvenlik Komisyonu; EM alan maruziyetiyle ilgili göz ardı edilemez kanıtların bulunduğunu ve limit değerler altında da sağlık etkileri olabileceğini belirtmektedir (Türkkan, 2012: 9-10).

### 3.5.2. Yasal çerçeve ve uluslararası kuruluşlar

İyonlaştırıcı olmayan EM ışımaların sağlık üzerindeki etkileri ICNRP tarafından araştırılmaktadır. ICNRP, EM ışımaların sağlık etkileri konusunda tavsiyelerde bulunan ve bu konuda rehberlik etme amacıyla olan uluslararası bağımsız ve bilimsel bir sivil toplum kuruluşudur. WHO, Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization-ILO), Uluslararası Radyasyondan Korunma Birliği (International Radiation Protection Association - IRPA) vb. gibi iyonize etmeyen radyasyon konusunda çalışmalar yürüten bütün kuruluşlarla yakın resmi ilişkiler içindedir (Bibi, 2015). Ayrıca Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü (International Agency For Research On Cancer – IARC), IEEE, Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection – NCRP) gibi kuruluşlar da bu konuda çalışmalar yürütmektedir.

ICNRP, iyonlaştırmayan ışımalar etkisiyle oluşabilecek sağlık risklerinden korunmayı amaçlamaktadır. Dolayısıyla bu konudaki limit değerleri belirleyerek tavsiyelerde bulunmaktadır. ICNRP, çalışmalarını üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile iş birliği yaparak yürütmektedir. Çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi, epidemiolojist ve ilgili disiplinlerden oluşan bilim adamları ICNRP'in çalışmalarında bulunmaktadır. ICNRP limit değerleri belirleme konusunda 1998 yılında, 0 Hz – 300 GHz frekans aralığındaki EM alanların yalnızca ısı etkilerini göz önünde bulundurarak bir tavsiye kararı yayımlamıştır. (Sarıkahya, 2014).

Birçok ülke limit değerlerini ICNRP tarafından belirlenen kurallara göre ayarlamaktadır. Ayrıca WHO, ICNRP'yi resmi olarak tanımakta ve ICNRP'nin belirlediği limit değerleri referans olarak kabul etmektedir. Bu kuruluşların kararları bağlayıcı olmayıp her ülke kendi kararları doğrultusunda EM alan maruziyeti limit değerlerini belirleyebilmektedir (Bibi, 2015).

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC) ve IEEE, ICNRP tarafından belirlenen sınır değerleri kabul etmişlerdir. Avrupa Birliği 1999 yılında, EM alanlar için ICNRP'nin genel halk maruziyeti için belirlediği sınır değerleri benimsemiş ve Avrupa ülkelerinin çoğunluğu bu değerleri kabul etmiştir. Almanya, Fransa ve İngiltere gibi ülkelerde bu değerler benimsenmiştir. Ancak

İtalya, Rusya, İsviçre Polonya gibi bazı Avrupa ülkeleri de bu değerleri yüksek bulmuş ve kendi standart değerlerini belirlemişlerdir. Bu standartların düşürülmesinde daha çok toplum baskısını azaltmak amacıyla ihtiyati tedbir yaklaşımı çerçevesi dikkate alınmıştır. Örneğin İsviçre’de ortam için ICNRP’in belirlediği değerler kabul edilmiş ancak cihaz başına üretilen EM alan şiddetine bir sınırlama getirilmiştir (Sarıkahya, 2014).

ABD’de sınır değerler Federal İletişim Komisyonu (Federal Communications Commission - FCC) tarafından belirlenmektedir. FCC, bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE ve Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute - ANSI) tarafından oluşturulan standart değerleri temel almaktadır. Sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE/ANSI standartları da yaygın olarak kabul görmektedir (Sarıkahya, 2014).

EM alan sınır değerleri kaynak frekansına göre değişiklik gösterir. ICNIRP Kılavuzu’nda bazı istasyonlarının çalışma frekanslarını içine alan 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için  $1,375 \cdot f^{1/2}$  V/m; manyetik alan şiddeti için  $0,0037 \cdot f^{1/2}$  A/m ve EM güç yoğunluğu için  $f/200$  W/m<sup>2</sup>’dir. Bu sınır değerler için ölçüm süresi 6 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra IEEE ve ANSI standartlarında ise 300-1500 MHz frekans aralığında güç yoğunluğu üst sınırı  $f/150$  W/m<sup>2</sup>, 1500-100 000 MHz frekans aralığında 10,0 W/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu sınır değerler için ise ölçüm süresi 30 dakikadır. Her iki durumda da belirlenen sürelerde alınan ölçümlerin ortalaması geçerlidir (Sarıkahya, 2014).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de EM alan maruziyeti limit değerlerinin belirlenmesi amacıyla yasal düzenlemeler yapılmıştır. Kronolojik olarak bakılırsa;

- 1996 yılında, Türk Standartları Enstitüsü tarafından “İnsanların EM Alanlara Maruz Kalması – Yüksek Frekanslar (10 kHz- 300 GHz)” isimli bir standart yayımlamıştır (Sarıkahya, 2014).
- 11.05.2000 tarihinde Çevre Bakanlığı Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından Genelge çıkartılmıştır (Özdemir, 2004).

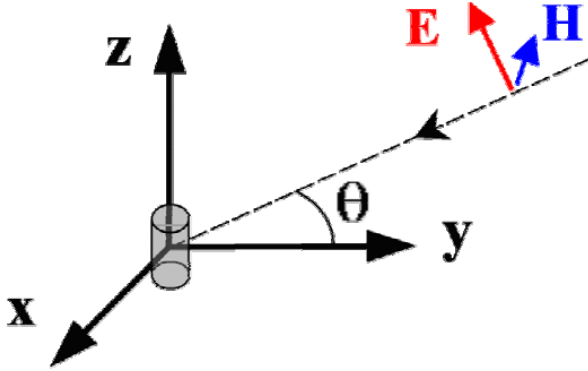
- 04.08.2000 tarihinde Ulaştırma Bakanlığı tarafından “Mobil Telekomünikasyon Şebekelerine Ait Baz İstasyonlarının Kuruluş Yeri, Ölçümleri, İşletilmesi ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” isimli bir yönetmelik yayımlanmıştır (Özdemir, 2004).
- 12.07.2001 tarihinde Telekomünikasyon Kurumu tarafından “10 kHz - 60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan EM Alan Şiddeti Limit Değerlerin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” isimli bir yönetmelik yayımlanmıştır (Özdemir, 2004).
- 24.11.2010 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “İyonlaştırıcı olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Tedbirlere İlişkin Yönetmelik” isimli bir yönetmelik yayımlanmıştır.
- 21.04.2011 tarihinde BTK (eski adı Telekomünikasyon Kurumu) tarafından “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan EM Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” adlı yönetmelik yayımlanmıştır. Bu yönetmelik 9.10.2015 tarihinde güncellenmiştir.

Son iki yönetmelik, en güncel ve hala geçerliliği olan yönetmeliklerdir. Limit değerler bu yönetmeliklerde geçen şekliyle kalmıştır. Özellikle BTK tarafından çıkarılan yönetmelikte geçen limit değerler kablosuz haberleşme sistemlerinde geçerlidir. Buna göre EM alan şiddeti ortam için, ICNIRP belirlediği toplam limit değerlerinin dörtte üçünü (3/4) aşamamaktadır. Tek bir cihaz için ise ICNIRP belirlediği limit değerinin dokuzda ikisini (2/9) aşamaz (BTK, 2011).

Bu çalışma kapsamında, Türkiye için yasal çerçeve olmasından dolayı Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan EM Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik esas alınmıştır. Geliştirilen uygulama ile ölçümlerin bu yönetmeliğin belirlediği yöntemlere uygun olması amaçlanmıştır.

### 3.5.3. Ölçüm cihazları

Ölçümlerde genellikle geniş bant ölçüm cihazları veya selektif ölçüm cihazları kullanılır. Geniş bantta ölçüm yapan cihazlar, belirli bir frekans aralığındaki bütün kaynaklardan oluşan etkilerin toplamını gösterir. Örneğin 100 KHz-3 GHz frekanslarında ölçüm yapabilen bir cihaz ile ölçüm yapıldığında bu frekanslar arasındaki EM alan kaynaklarının tamamının etkisi gözlemlenir ve ortamın toplam EM alan seviyesi ölçülür. Selektif ölçüm cihazlarında ise her bir kaynağın etkisi ayrı ayrı gözlemlenebilir. Örneğin bir noktada geniş bant ölçüm yapan bir cihazla ortamın elektrik alan değeri 5 V/m bulunmuş olsun. Bu noktada selektif ölçüm kabiliyeti bulunan bir cihaz ile ölçüm yapıldığında cihazın frekans aralığı 100 KHz-3 GHz aralığında ise bu aralıktaki 5 V/m'yi oluşturan bütün frekans değerleri (yani EM alan kaynakları) selektif ölçüm cihazında görüntülenecektir.



Şekil 3.8. İzotropik antenin temsili iç yapısı

Ölçüm cihazları ile ilgili diğer önemli bir husus da ölçülecek EM alana uygun anten (prob) kullanılması gerektiğidir. Manyetik alan ölçümü için manyetik alan probu, elektrik alan ölçümü için ise elektrik alan probları kullanılır. Probların alan ayrımı haricinde bir de her yönden gelen (x-y-z eksenlerince) alanı ölçebilmeleri veya ölçememeleri şeklinde izotropik olup olmamalarına göre de sınıflandırılmaktadır. Eğer bir prob izotropik değilse, bu durumda ölçüm x-y-z eksenlerinde ayrı ayrı yapılmaktadır. Ölçüm cihazlarında genellikle izotropik problar kullanılmaktadır. İzotropik anten gösterimi şekilde verilmiştir.

İzotropik prob, x-y-z eksenlerinde birbirine dik olarak yerleştirilmiş ve polarizasyondan bağımsız olarak ortamdaki elektrik veya manyetik alan şiddetini algılayan detektör diyetlerden oluşur. Şekil 3.8’de verilen üç eksenli bir izotropik prob ile herhangi bir pozisyonda her yönden gelen elektrik veya manyetik alan toplam şiddet değeri ölçülebilmektedir. Bu durum ölçümlerde pratiklik sağlamaktadır. Eğer izotropik anten kullanılsaydı, x-y-z yönleri için ayrı ayrı ölçümler yapılacak ve bu ölçümlerin bileşke değeri hesaplanacaktı. Bileşke değer formülü elektrik ve manyetik alanlar için Eş. 3.4 ve Eş. 3.5 ile gösterilmektedir. İzotropik antenlerle alınan ölçümlerde elektrik ve manyetik alan şiddeti her yönden gelen değerlerin bileşkesidir (Genç, 2010; Solari ve Viciguerra, 2005).

$$|E| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (3.4)$$

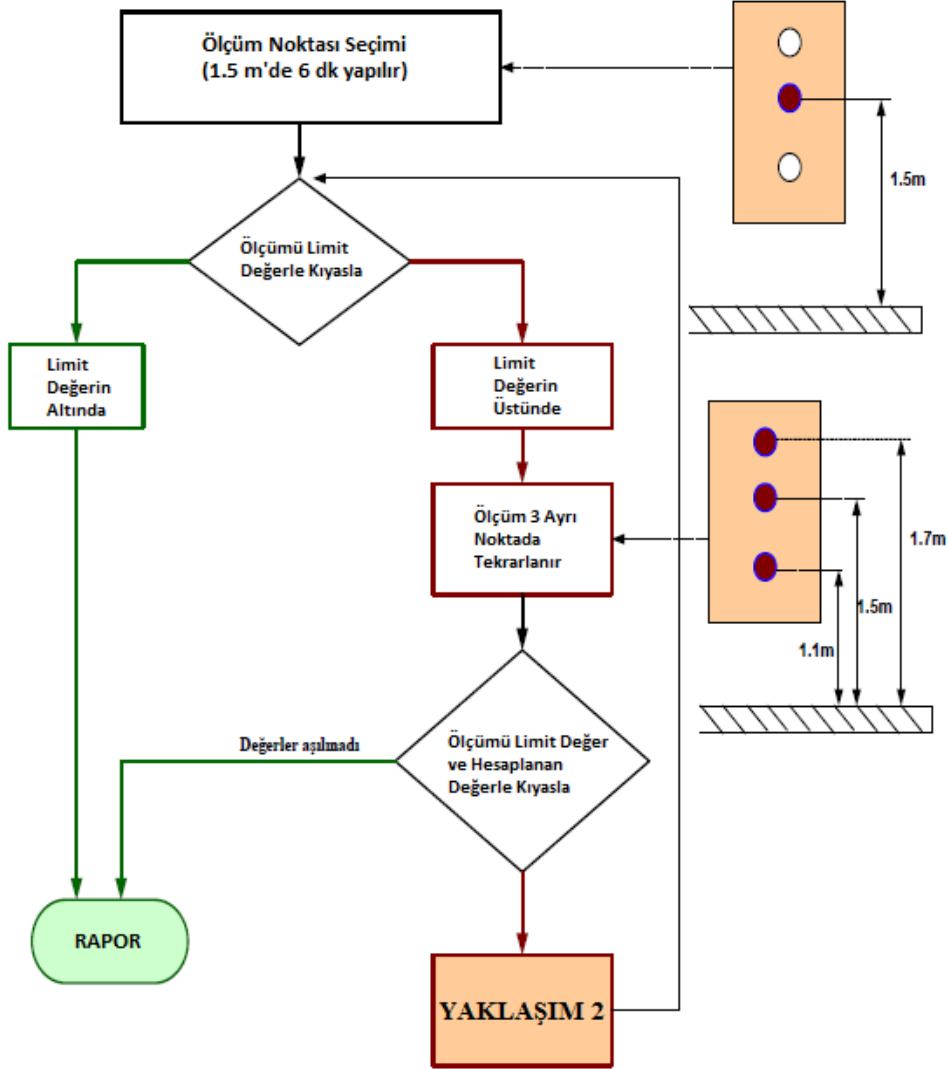
$$|H| = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (3.5)$$

#### 3.5.4. Ölçüm yöntemleri

İyonize etmeyen ve radyofrekans bölgesinde yayın yapan cihazlardan kaynaklanan EM alan şiddetinin ölçümü hususunda ulusal ve uluslararası olmak üzere çeşitli düzenlemeler bulunmaktadır. IEEE C95.3 standardı ile ECC/REC/(02)04 kodlu Avrupa Posta ve Haberleşme İdaresi (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications - CEPT) tavsiyesi (CEPT, 2003) uluslararası düzenlemelere örnek olarak gösterilebilir. Türkiye’de ise BTK (2011) tarafından yayımlanan yönetmelik ile ölçüm süreçleri tarif edilmektedir (Özgümüş, 2010).

ECC/REC/(02)04 (CEPT, 2003) tavsiyesinde ölçümler için üç durum belirlenmiştir. 1. durum, “Hızlı Durum Belirlemesi” olarak adlandırılır. Bu durumda ölçüm işlemlerinde geniş bantlı ve izotropik antenli ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Bu durum sıklıkla kullanılan yaklaşım olup öncelikler ölçümler uzak alan şartlarında ve 1.5 m yükseklikte gerçekleştirilmektedir. Ölçülen değerler limit değerlerin üstündeyse 1.1 m ve 1.7 m yüksekliklerde de ölçümler gerçekleştirilir ve limit değerlerle kıyaslanır. Hızlı Durum Belirlemesi için akış şeması Şekil

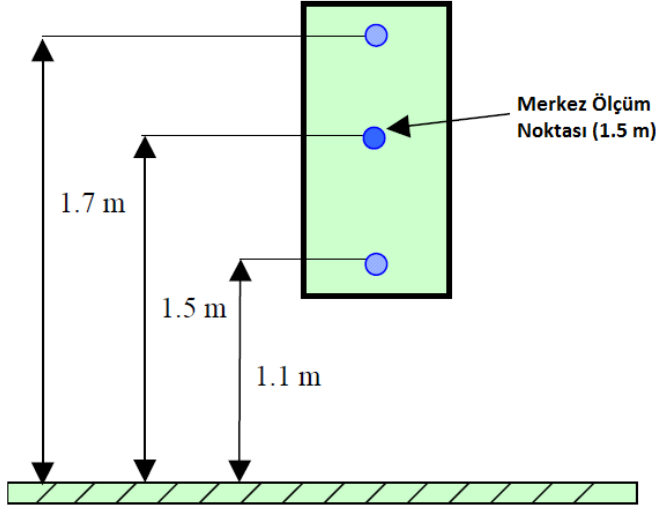
3.9'da gösterilmektedir (Özgümüş, 2010). Sonuçlar limit değerlerin üstündeyse ikinci durum yaklaşımına geçilir.



Şekil 3.9. ECC/REC/(02)04 tavsiyesinde “Yaklaşım 1” (Çerezci , 2015)

2. durum, Değişken Frekansla Bant Taraması olarak adlandırılır ve bu yaklaşımda uzak alanda ölçüm işlemlerinde seçici (selektif) ölçüm cihazları kullanılmaktadır (Özgümüş, 2010). Bu yaklaşıma göre her bir kaynağın frekans değeri selektif ölçüm cihazı ile ölçülür. Tek başına ürettiği EM alan limit değerlerden yüksek bir kaynak yoksa en yüksek değerli iki kaynak rapor edilir. Eğer tek başına ürettiği EM alan limit değeri limit değerden yüksek kaynak veya kaynaklar varsa bu durumda tavsiye raporunda belirlenen hesaplamalar yapılarak daha detaylı araştırmalar gerçekleştirilir (CEPT, 2003).

3. durum ise “Detaylı Araştırma” olarak adlandırılır ve bu yaklaşım limitlerin aşıldığı zaman gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşımda ölçümlerde tam seri saha ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Tam seri saha ölçüm cihazlarında çalışanlar için kişisel korunma monitörleri, yakın alan ölçümleri için elektrik alan ve manyetik alan problemleri, radar ölçümleri için termokupl problemler ve selektif ölçüm cihazları bulunmaktadır (Özgümüş, 2010).



Şekil 3.10. ECC/REC/(02)04 tavsiyesine göre ölçüm noktaları (CEPT, 2003)

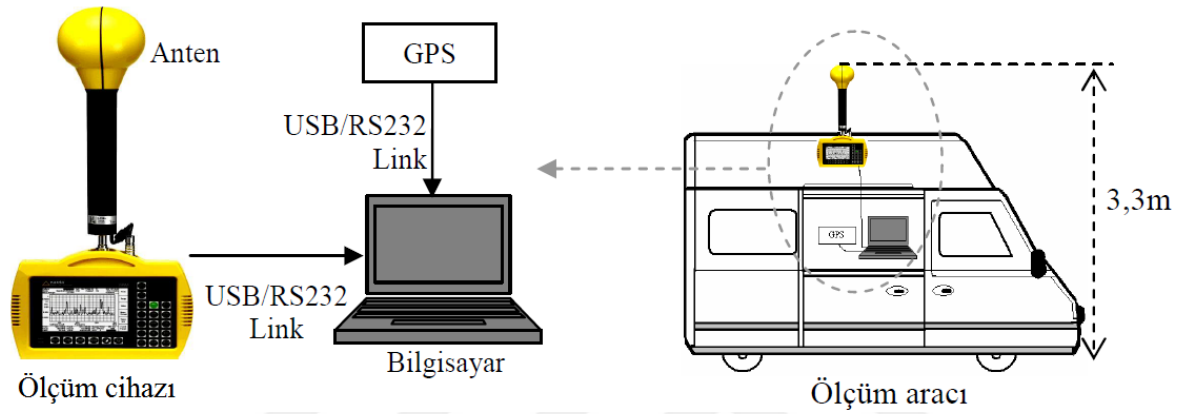
ECC/REC/(02)04 (CEPT, 2003) tavsiyesinde Hızlı Durum Belirlemesi ve Detaylı Araştırma’da ölçümler zeminden 1.5 m yükseklikten gerçekleştirilmeli, eğer bu ölçümlerde ölçülen değerler limit değerlerin üzerindeyse 1.1 m ve 1.7 m yüksekliklerden iki ölçüm daha gerçekleştirilmelidir (Şekil 3.10). Ölçümlerin ortalamaları ise elektrik alan için Eş. 3.6 ve manyetik alan için Eş. 3.7 ile hesaplanır.

$$E_{Konumsal\_Ortalama} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 E_i^2}{3}} \quad (3.6)$$

$$H_{Konumsal\_Ortalama} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 H_i^2}{3}} \quad (3.7)$$

Mevzuata uygun yapılan EM alan ölçümlerinde genel olarak ölçümler uzak alan şartlarında gerçekleştirildiğinden, konuma bağlı değerler kaydedilirken baz istasyonlarının kurulu bulunduğu koordinatlar dikkate alınır. Ölçüm değerleri ise baz istasyonu koordinatlarında

alınan ölçüm değerleri ve ölçümün yapıldığı zamanla beraber ilgili forma kaydedilir. Ancak mevzuat dışı ölçümlerde genellikle farklı düzenekler kullanılmaktadır. Bu ölçümler genellikle EM kirlilik haritalarının oluşturulmasında kullanılan genel bir düzendir. Her ölçümün yapıldığı zaman verisi, ölçüm verisi ile ayrıca konum verisinin de alındığı bir GPS kullanılır ve bu cihazlar bir bilgisayara bağlanarak veriler kaydedilir. Şekil 3.11’de örnek bir düzenek bulunmaktadır.



Şekil 3.11. Ölçümlerde kullanılan genel düzenek örneği (Özdemir, 2004)

ICNIRP tarafından belirlenen ölçümlerde esas alınan süre Türkiye’de BTK tarafından yayımlanan yönetmelikte belirtilmiştir. Bu değer aslında ICNIRP tarafından belirlenen ve bir kaynaktan yayılan EM alanın ortalama değerinin bulunduğu minimum süredir. Bu süreye göre yasal olarak yapılan veya bilimsel olarak yapılan her bir ölçüm, minimum 6 dakika süreyle gerçekleştirilmelidir.

Yönetmelikte ölçüm yöntemi şu şekilde belirtilmiştir:

(1) Yapılacak olan ölçümler; temel olarak EM alan şiddeti veya güç akı yoğunluğu ölçümlerinden ibaret olup;

- a) Ölçümler geniş bantlı cihaz ile yapıldığında, yakın alanda elektrik alan ve manyetik alan karmaşık bir yapı gösterdiğinden, elektrik alan ve/veya manyetik alan problemleri ayrı ayrı kullanılarak ölçüm yapılır. Uzak alanda ise ölçümler sadece elektrik alan probu kullanılarak yapılır.
- b) Bir noktada birden fazla verici bulunması halinde, geniş bantta ölçüm yapan bir cihaz ile ortamda bulunan bütün elektrik alan şiddetinin etkin değeri ölçülecektir. EM alan şiddetinin tek bir cihaz için belirlenen limitten fazla çıkması durumunda ortamdaki bütün vericilerin ayrı ayrı elektrik alan şiddetinin tespiti için, spektrum analizör ve yönlü anten kullanılır. Elektrik alan şiddet değerinin düşey ve yatay polarizasyon değerlerinin x, y, z

bileşenleri ayrı ayrı ölçülür, bunların karelerinin toplamının karekökleri alınarak hesaplanan etkin bileşke elektrik alan değeri, formülü ile hesap edilir.

(2) Bu ölçümde aşağıdaki hususlar dikkate alınır.

- a) Ölçüm personeli üzerinde bulundurduğu her türlü elektronik cihazı ölçüm sonuçlarını etkilememesi bakımından kapalı tutar.
- b) Cihazın ilk çalıştırılmasından sonra teknik dokümanında belirtilen süre kadar cihaz kararlı duruma geçene kadar beklenir.
- c) Her ölçüme başlamadan evvel ölçüm cihazlarının varsa sıfırlama tuşuna basılır.
- ç) Ölçümler, ölçüm yapılacak sistemin çalışır durumda olduğu saatlerde yapılır.
- d) Ölçümler, verici antenin yayın paterni dikkate alınarak yapılır.

(3) Hücresel baz istasyonları ölçümleri için bu maddede açıklanan ölçüm yöntemlerine ek olarak aşağıdaki hususlara da dikkat edilir.

- a) Ölçümler, antenin yayın yaptığı yönden başlamak üzere yatayda sağa ve sola doğru en az üç değişik noktadan yapılır (Bkz. Şekil 4.1).
- b) Hücresel baz istasyonları için her ölçüm uluslararası standart dikkate alınarak, 6 dakikalık ortalamaya göre yapılır.
- c) Ölçümler; antenin yayın paterni dikkate alınarak, yayına doğrudan maruz kalan bölgede en az 3 noktadan yapılır.

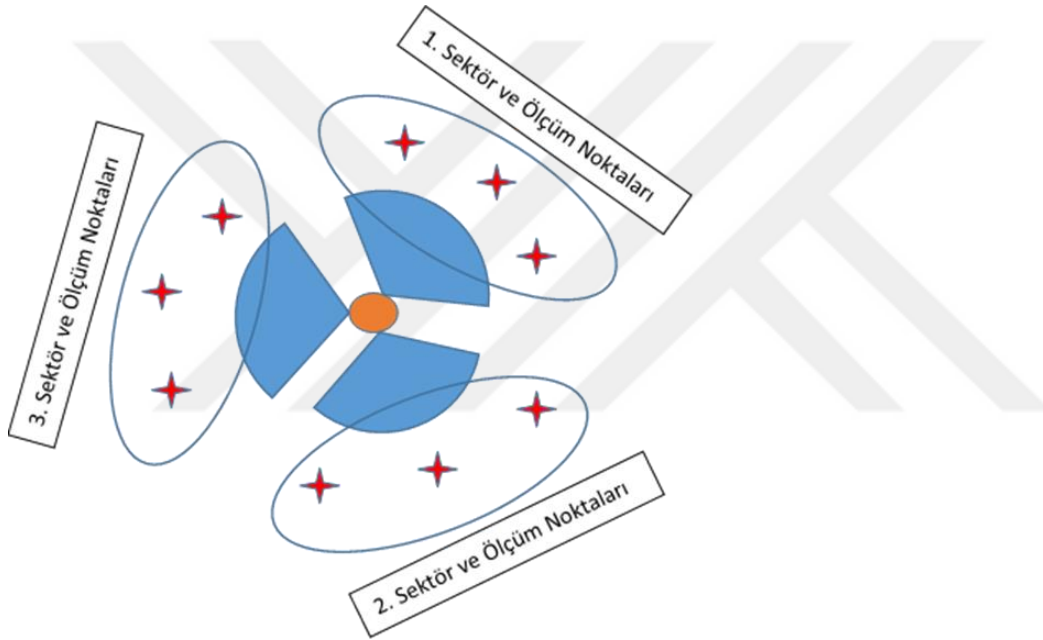
### 3.6. Elektromanyetik Alan Kirlilik Haritaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Ortamda EM alanın ne seviyede olduğunu ölçmek, bu seviyeyi harita üzerinde göstermek ve konumsal olarak kıyaslamak amacıyla EM alan kirlilik haritaları oluşturulmaktadır. Bu haritaların oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) faydalanılır. CBS'ler konum verileri ile konuma bağlı ilgili değerleri sayısal olarak analiz edebilen ve bunu ilgili harita üzerinde gösterebilen programlardır. EM alan kirlilik haritalarının oluşturulmasında ise EM alanın ölçüm verileri ile ölçümlerin gerçekleştirildiği konum verileri (koordinat bilgisi) kullanılmaktadır. Böylelikle EM alan kirlilik seviyesi limit değerlere oranla konuma bağlı olarak kıyaslanabilmekte ve bu kirliliğin hangi bölgelerde ne seviyede olduğu harita üzerinden görülebilmektedir. Ayrıca haritalama ile önlem alınması gereken noktalar da belirlenebilir.



#### 4. GELİŞTİRİLEN MODEL

Bu tez kapsamında geliştirilen model ile baz istasyonu ölçümlerinin mevzuata ve standartlara uygun olarak yapılması, kaydedilmesi ve görüntülenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle ölçüm yapan personelin ölçüm miktarı (süresi), zamanı, konumu ve ölçülen değerler hususlarında inkâr edilemezlik sağlanabileceği düşünülmüştür. Geliştirilen model ayrıca EM alan haritalama işlemlerinde gerekli olan ölçüm-zaman-konum verilerinin ölçüm cihazı ve akıllı telefon kullanılarak elde edilip kaydedilmesini de sağlayacaktır.



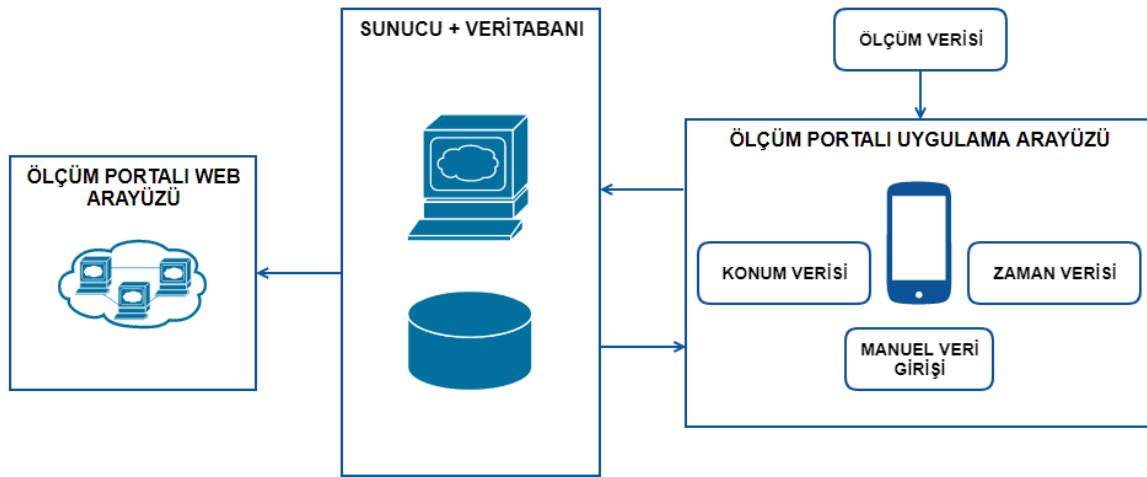
Şekil 4.1. Baz istasyonu sektör yönleri ve yönetmeliğe göre temsili ölçüm noktaları

İlgili BTK yönetmeliğine (2011) göre;

- Hücre baz istasyonları için her ölçüm uluslararası standart dikkate alınarak, 6 dakikalık ortalama göre yapılır.
- Ölçümler; antenin yayın paterni dikkate alınarak, yayına doğrudan maruz kalan bölgede en az 3 noktadan yapılır.

Bu ifadelerle göre belirli bir yöne doğru yayın yapan her baz istasyonu anten veya antenleri için en az 3 adet ölçüm gerçekleştirilmeli ve her bir ölçüm en az 6 dakika sürmelidir. Şekil 4.1’de bir baz istasyonunun antenlerinin yayın yönleri (sektör) ve yönetmeliğe göre temsili ölçüm noktaları örneklenmiştir.

BTK yönetmeliğine göre ölçümle ilgili bir diğer husus ise ölçüm yapan personeldir. Ölçüm işlemi ya BTK personeli ya da BTK tarafından Ölçüm Yetki Belgesi verilen firmaların personeli tarafından gerçekleştirilir. BTK tarafından gerçekleştirilen ölçümler denetim amaçlı gerçekleştirilirken Ölçüm Yetki Belgesi firmalarca gerçekleştirilen ölçümler genellikle ilk defa kurulan veya revizyon sonrası tekrar aktif edilen baz istasyonlarının izin sonrası limit değerlere uygun olduğunu göstermek amacıyla yapılmaktadır. Bu kurum ve kuruluşlar haricinde yapılan ölçümler keyfi olup yasal olarak bir geçerliliği bulunmamaktadır. Ölçümün gerçekleştirildiği zamanın, konumun ve ölçüm sürelerinin inkâr edilemezliği mevzuata uygunluk açısından büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada tasarlanan sistem aynı zamanda yapılan ölçümlerin mevzuata uygunluğunun denetlenmesini de sağlamaktadır. Sistemin şablonu Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Ölçüm Portalı uygulaması için sistem tasarımı

Tasarlanan sistemin adı “Ölçüm Portalı” olarak belirlenmiştir. Konum hizmetlerinin kolay kullanılabilmesinden ötürü bu sistem Android işletim sistemli akıllı telefonlar için geliştirilmiştir. Sistem ölçüm işlemi Android işletim sistemli telefonlar aracılığıyla yapıp kaydedildikten sonra bu ölçümlere web üzerinden erişim de sağlanması düşünülmüştür ve bu amaçla Ölçüm Portalı uygulamasına özel olarak bir web arayüzü de geliştirilmiştir. Bu arayüze [www.olcumportali.com](http://www.olcumportali.com) adresinden erişilebilecektir. Aynı zamanda başlangıçta Ölçüm Portalı uygulaması bu arayüzden telefona indirilip kurulabilecektir. Web arayüzüne de Ölçüm Portalı uygulamasına kayıt olurken alınan kullanıcı adı ve şifre bilgisi ile girilebilecektir.

Ölçüm Portalı sisteminin özellikleri şu şekildedir;

- Sisteme giriş yapıp ölçüm yapabilmek için öncelikle kayıt olmak gerekmektedir. Kayıt işleminin ardından ölçüm işlemleri yapılabilecektir.
- Sisteme giriş yapıldığında ölçüm yapacak kişi; “Site ID, Sektör No, Ölçüm No, Tarih, Koordinat, Ölçümü Yapan ve Sonuç” bölümlerini görmektedir. Bu bölümler şu anlama gelmektedir;
  - Site ID: Ölçümü yapılan baz istasyonunu veya noktayı simgeleyen tekil isim,
  - Sektör No: Ölçümü yapılan baz istasyonunun her bir yöne bakan antenlerinin numarası, baz istasyonu harici EM alan ölçümlerinde 1 değerinde bırakılabilir.
  - Ölçüm No: Her bir sektörden alınan ölçümlerin numarası (yönetmeliğe göre en az 3 ölçüm), baz istasyonu harici EM alan ölçümlerinde kullanılmayabilir.
  - Tarih: Ölçümün alındığı tarihi ve saati ile ölçümün alındığı dakika aralıkları (dakika aralığı en az 6 dakika olacak şekilde)
  - Koordinat: Ölçümü yapan kişinin bulunduğu nokta, konum bilgisi
  - Ölçümü Yapan: Sisteme giriş yapan ve ölçümü yapan kişi
  - Sonuç: Ölçüm cihazından ölçüm süresince alınan verinin ortalaması
- Sisteme kayıt olduktan sonra giriş yapılacak, ölçüme başlanmadan önce telefonun konum servisleri açılacaktır. Konum servisleri açık olmayan telefonlarda sistem koordinat bölümünde “GPS’e erişilemedi” uyarısı vermektedir.
- Ölçüme başlanmadan önce ölçüme başla tuşuna basıldığında “Site ID” bölümünün doldurulması istenecektir.
- Ölçüm cihazını telefona bağlamadan önce Ayarlar menüsünden kullanılacak cihaz için seri bağlantı ayarlarının yapılması gerekmektedir (Varsayılan ayarlar NBM serisi cihazlara göredir).
- Bu sistem NBM serisi cihazların kullanımı için tasarlanmıştır, ancak gerekli bağlantı ayarları sağlandıktan sonra ve ara bağlantı elemanı olarak optik-USB dönüştürücü kullanılarak uzak bağlantıya uygun ve veri iletimine imkân tanıyan farklı cihazların bağlantısına da olanak sağlamaktadır. Farklı cihazların uzak bağlantı ayarları ve komut setleri de farklı olacağı için, “Ayarlar” menüsünde “Başlangıçta Komut Gönder” ve “Bitişte Komut Gönder” seçenekleri aktif edilerek kullanılan cihaza uygun komutların gönderilmesi sağlanabilmektedir.

- Sistem için ölçüm süresi varsayılan olarak 6 dakika (360 saniye) olarak ayarlanmıştır. Gerekli alanlar doldurulduktan sonra ölçüme başlandığında sistem otomatik olarak 6 dakika boyunca ölçüm cihazından dinleme yapmaktadır. Sisteme bu sürede herhangi bir müdahale yapılmamalıdır. Eğer bağlantı kopması vb. durum gerçekleşirse o ölçüm iptal olacaktır.
- Ölçüm bittiğinde ölçüm kaydetme, paylaşma ve temizleyip yeni ölçüme başlama seçenekleri bulunmaktadır.
- Kaydetme işlemlerinin ardından yapılan bütün ölçümler görüntülenebilmekte ve bu ölçümler tablo halinde .csv uzantılı bir dosyaya aktarılabilir (Çizelge 4.1).
- Ölçüm yapan kişi sadece kendi yaptığı ölçümleri görüntüleyebilecektir. Yönetici yetkisi olan kişi ise bütün ölçüm yapan kişilerin ölçüm kayıtlarını görüntüleyebileceklerdir.
- Kaydedilen ölçümlere android cihaz üzerinden ölçüm yapan kişi tarafından erişilebildiği gibi aynı kullanıcı adı şifre ile web arayüzünden de erişim sağlanıp ölçümlerle ilgili excele aktarma, paylaşma, grafik olarak görüntüleme vb. gibi işlemler yapılabilir (Şekil 4.9).
- Sistemde ayrıca her bir ölçüme ait ölçüm verilerinin saniyedeki örnek değerlerinin değişiminin görüntülendiği grafik gösterme özelliği de bulunmaktadır. Böylelikle elde edilen ortalamalarda anlık olarak yüksek değerlerin bulunduğu maksimum değerler ve grafik olarak görüntülenebilecektir (Şekil 4.8).

Şekil 4.3'te Ölçüm Portalı sistemi için kullanıcı giriş ekranı görülmektedir. Yönetici girişi için bir kullanıcı adı ve şifre bilgisi varsayılan olarak belirlenmiştir. Yönetici aynı zamanda başka kullanıcılara da yönetici yetkisi verebilmektedir. Sistemi ilk defa kullanacaklar öncelikle kayıt menüsünden sisteme kayıt olmalıdır.

Ölçüm Portalı

GİRİŞ

kullanıcı adı

şifre

GİRİŞ YAP

KAYIT OL

Şekil 4.3. Ölçüm Portalı uygulamasının giriş ekranı görüntüsü

Şekil 4.4'te yeni kullanıcı için kayıt ekranı görülmektedir. Kullanıcı e-posta adresini yazıp kayıt olunca kullanıcı adı ve şifresini belirten bir e-posta alacak ve sisteme bu bilgilerle giriş yapabilecektir.

← Ölçüm Portalı

KAYIT OL

Sisteme giriş yapabilmek için e-posta adresiniz ile kayıt olmanız. Kullanıcı adınız ve parolanız e-posta adresinize gönderilecektir.

E-posta bir kaç dakika içinde gelecektir. Lütfen gelen kutunuz ile birlikte gereksiz(spam) kutunuzu da kontrol ediniz.

E-Posta Adresi

KAYIT OL

Şekil 4.4. Ölçüm Portalı uygulamasında yeni kullanıcı kaydı oluşturulması

Şekil 4.5'te ise Ölçüm Portalı'na başarılı bir giriş yapan kullanıcının karşılaştığı ekran görüntüsü görülmektedir. Burada ilgili alanlar doldurulmalı ve telefonun GPS özelliği aktif olmalıdır. Ayrıca bazı model telefonlar için Ölçüm Portalı'nın GPS erişim izni verilmesi gerekmektedir.

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| ← Ölçüm Portalı  |                        |
| Hoşgeldin, admin |                        |
| Site ID          |                        |
| Sektör No        | 1                      |
| Ölçüm No         | 1                      |
| Tarih            |                        |
| Koordinat        | E: 39,9894- B: 32,5969 |
| Ölçüm Yapan      | admin                  |
| SONUÇ            |                        |
| DURDUR           | ÖLÇÜME BAŞLA           |
| TEMİZLE          | KAYDET                 |

Şekil 4.5. Ölçüm Portalı uygulamasında ölçüm ekranı

Ölçüm Portalı'nın oluşmasında üç önemli yapı bulunmaktadır.

- Ölçümün yapıldığı noktanın koordinat bilgisi,
- Ölçümün yapıldığı zaman ve her bir ölçümün süresi,
- Ölçüm cihazından ölçüm sırasında ölçüm verilerinin portala senkronize olarak alınabilmesidir.

Bu sistemde genişband ölçüm cihazları kullanılması amaçlanmıştır. Çünkü genellikle ölçümler genişband cihazlarla yapılmaktadır. Bu amaçla Narda firmasının genişband cihazlarından EMR-300 ve NBM-550 cihazları ile denemeler yapılmıştır. EMR-300 cihazının veri aktarımında optik elektrik RS-232 seri port dönüştürücü kullanılması bu uç ile telefon arasında fazladan bir dönüştürücü kullanmayı gerektirmektedir. Bu dönüştürücü ile veri aktarımlarında yaşanan problemlerden dolayı sonrasında NBM-550 cihazı tercih edilmiştir.

NBM 550 cihazı, kullanılan prob (antene) türüne göre 100 KHz – 60 GHz frekansları aralığında genişbant EM alan ölçümü yapabilmektedir. Örneğin üreticisi olduğu Narda firmasına ait EF 0691 probu ile 100 KHz – 6 GHz frekansları arasındaki bütün kaynakların oluşturduğu EM alanların elektrik alan değerleri ölçülebilmektedir. Bunun haricinde cihazın bazı özellikleri şu şekildedir;

- Ölçülen değerler mW/cm<sup>2</sup>, W/m<sup>2</sup>, V/m, A/m ve standartların yüzdesi olarak % birimlerinde elde edilebilmektedir.
- Bütün birimlerde 0,0001 ile 9999 arasında 4 basamaklı değerler görüntüleyebilir.
- Sonuçları anlık, maksimum, minimum, ortalama ve maksimum ortalama şeklinde elde edebilmektedir.
- 4 saniyeden 30 dakikaya kadar ikişer saniye aralıklarla zamana göre ortalama alabilmektedir (NARDA, 2006).

Cihazdan veri alınabilmesi için cihazın veri bağlantısı için konfigürasyonları, veri gönderme ve almada kullanılan komutları bilinmelidir. Bu kodlar genellikle programlanabilir cihazlar için standart olan SCPI (Standart Commands for Programmable Instruments) formatındadır. NBM serisi cihazların uzak bağlantı komutları Ek-1’de verilmiştir.

NBM serisi cihazlar için uzak bağlantı konfigürasyonları şu şekildedir;

- Baud rate: 115200
- 1 start bit,
- 8 data biti,
- 1 stop bit,
- Parity biti: Yok
- Flow kontrol (handshaking): Yok

Bu konfigürasyonlar Ölçüm Portalı uygulamasında yapılmış olup genel seri port okuma ve yazma uygulamalarında kullanılmaktadır<sup>2</sup>. Bu konfigürasyonlar yapıldıktan sonra ölçüm cihazının telefona bağlanması için ara ekipmanlar gerekmektedir. Bu ekipmanlar, genellikle satın alınan cihazla birlikte bilgisayara göre gelir. Ancak Android işletim sistemi telefonlarda

---

<sup>2</sup> Ölçüm Portalı uygulaması, aynı zamanda bir seri port okuma/yazma programı olarak tasarlanmıştır.

USB bağlantısı Micro USB şeklinde standartlaşmıştır. Normal USB bağlantısının sağlanması için ise OTG (On The Go) adı verilen bir kablo kullanılmaktadır. Şekil 4.6-b’de OTG kablosu görülmektedir.

Narda NBM-550 cihazında uzak bağlantı ekipmanları olarak aşağıdaki donanımlar bulunmaktadır:

- Fiber optik veri aktarım kablosu
- Optik-Elektrik seri port (USB) dönüştürücü (Şekil 4.6-a)
- Ayrıca GPS vb. cihazların bağlanabilmesi amacıyla USB bağlantı kablosu bulunmaktadır.



Şekil 4.6. (a) Optik/USB dönüştürücüsü, (b) OTG kablosu

Sistemin bağlantıları yapılmış hali Şekil 4.7’de görülmektedir. Gerekli bağlantılar yapıldıktan sonra, Ölçüm Portalı sistemi bağlanan NBM-550 cihazını otomatik olarak tanımlamaktadır. Çalıştırıldıktan sonra gerekli bilgiler girilmekte ve ardından ölçüm işlemi başlatılmaktadır. Sistem çalıştırıldığında NBM-550 cihazına aşağıdaki komut takımları gönderilmektedir:

```
REMOTE ON;
RESULT_TYPE ACT;
RESULT_UNIT V/m;
MEAS_START;
```

Sistem 6 dakika boyunca ölçüm cihazından veri alır ve 6 dakika sonunda cihaza aşağıdaki komutları gönderir;

MEAS\_STOP;  
REMOTE OFF;

REMOTE ON; komutu ile birlikte cihaz uzaktan kontrol edilebilir moda geçmektedir. RESULT\_TYPE ACT komutu ile cihazın ölçüm modu anlık olarak ayarlanmaktadır ve ölçüm süresi boyunca cihazdan anlık ölçüm değerleri alınması sağlanmaktadır. RESULT\_UNIT V/m; komutu ile cihazın elektrik alan değeri (V/m) ölçmesi sağlanmaktadır. MEAS\_START komutu ise cihazın ölçüme başlamasını sağlamaktadır.



Şekil 4.7. NBM-550 ölçüm cihazının Android telefona bağlanması ve sistemin çalışması

Sistem ölçüme başladıktan sonra 6 dakika boyunca cihazdan gelen verileri dinlemektedir. 6 dakika sonunda ise ölçüm tamamlanmakta ve cihaza otomatik olarak MEAS\_STOP komutu gönderilmektedir. Cihazdan 6 dakika boyunca alınan verilerin sistem tarafından otomatik ortalaması alınmakta ve sistemin “Sonuç” bölümüne kaydedilmektedir.

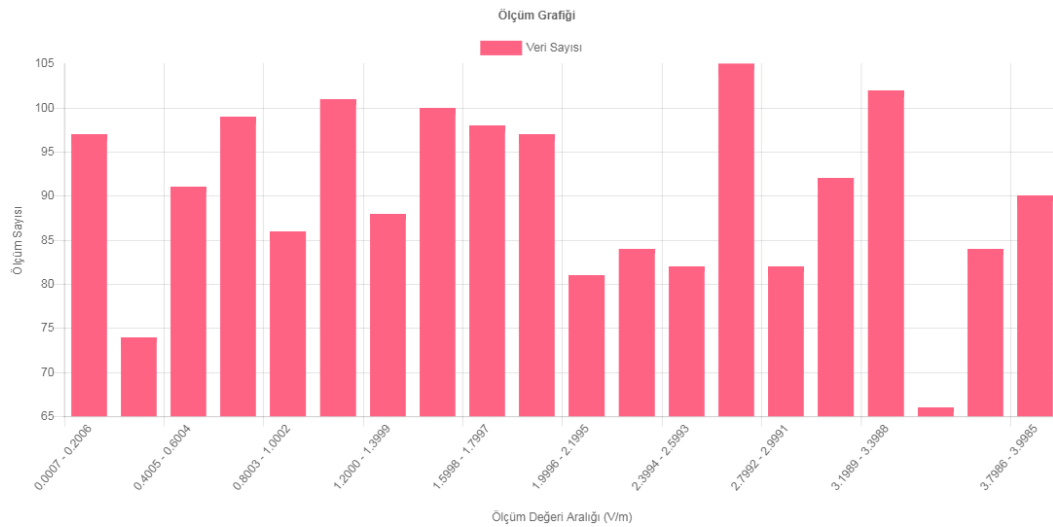
Çizelge 4.1’de Ölçüm Portalı sistemi ile alınmış örnek veriler görülmektedir. Tablodan da görüleceği üzere, Ölçüm Portalı sistemi ile zaman verisi, konum verisi ve ölçüm değeri verisi

tek bir sistem aracılığıyla elde edilmiş ve kaydedilmiştir. Her ölçüm, 360 saniye (yani 6 dakika) sürmüştür. Bu sonuçlara ve her bir ölçümde ortalamayı oluşturan bütün değerlere aynı zamanda web arayüzünde “Tüm Ölçümler” menüsünden de ulaşılmaktadır.

Çizelge 4.1. Ölçüm Portalı sisteminden elde edilen veri örnekleri

| Site ID | Sektör No | Ölçüm No | Koordinat             | Başlangıç Tarihi | Bitiş Tarihi     | Ortalama |
|---------|-----------|----------|-----------------------|------------------|------------------|----------|
| 1       | 1         | 1        | E:39,9498 - B:32,7710 | 18.01.2018 11:05 | 18.01.2018 11:10 | 1,9474   |
| 1       | 1         | 2        | E:39,9494 - B:32,7711 | 22.01.2018 15:32 | 22.01.2018 15:37 | 1,9772   |
| 1       | 1         | 3        | E:39,9494 - B:32,7702 | 22.01.2018 16:13 | 22.01.2018 16:18 | 1,9830   |

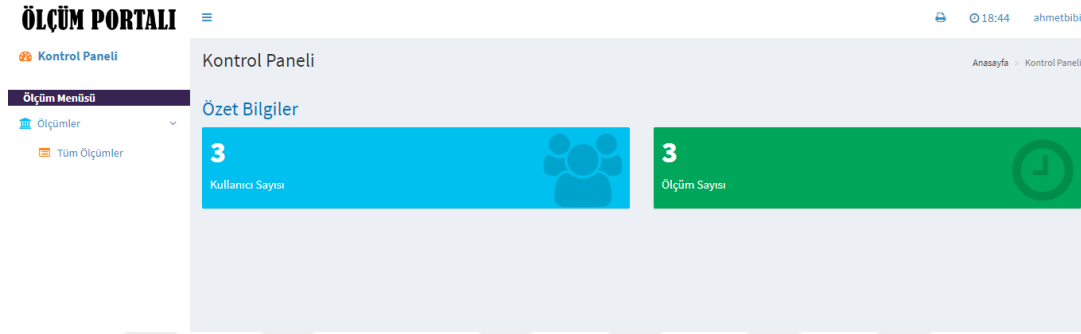
Yapılan her bir ölçüm 6 dakika boyunca alınan değerlerin ortalaması olarak kaydedilmektedir. Alınan anlık değerlerin değişim aralığı ise grafik olarak görüntülenebilmektedir. Örnek ölçüme ait değişim aralığı değerleri grafiği Şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. Ölçülen değerlerin değişim aralığı

Ölçüm Portalı sisteminde elde edilen veriler sunucuda veritabanına kaydolmaktadır. Hazırlanan web arayüzü ile bu verilerin görüntülerine aynı zamanda web üzerinden de erişilebilmekte ve bazı işlemler yapılabilmektedir. Web arayüzüne giriş için [www.olcumportali.com](http://www.olcumportali.com) adresine sisteme kayıt olunurken alınan kullanıcı adı ve şifre bilgisi ile giriş yapılır. Her kullanıcı kendi yapmış olduğu ölçüme ait bilgileri bu arayüz aracılığı ile

de görüntüleyebilir, excel vb. dosyaya kaydedebilir ve ölçümlere ait grafik bilgilerini inceleyebilir. Elde edilen sonuçlara aynı zamanda ölçümü yapan kişi kendi kullanıcı adı ve şifresini kullanarak web arayüzünden de erişebilmektedir. Web arayüzüne ait ekran görüntüsü Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.9. Ölçüm Portalı sisteminin web arayüzü

Ölçüm Portalı sistemi bazı sınırlılıklar ihtiva etmektedir. Öncelikle sistem, android işletim sistemli akıllı telefonlar için bir uygulama olarak geliştirildiğinden ve yapılan ölçümlerin kaydedilmesi için uzak sunucuyla bağlantı kurulması gerektiğinden dolayı hücresel sistem 3G/4G şebekesine bağlı olmayı gerektirmektedir. Şebeke sinyalinin 2G olduğu yerlerde sistemin kullanımında sorunlar oluşabilecektir. Diğer bir sınırlılık ise EM alan ölçümü esnasında aynı zamanda bir EM alan kaynağı olan telefonun açık tutulmasıdır. Ancak telefonların çıkış güçlerinin düşük olması (250 mW – 2 W), uzak alanda EM alan şiddetinin mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azalması ve bir çalışmada 1 m mesafede 900 MHz ile çalışan bir telefon için 0,006 V/m, 1800 MHz ile çalışan bir cihaz için 0,005 V/m değer ölçülmesi (Sarıkahya, 2014) dikkate alındığında bu etkinin çok düşük olacağı görülmektedir. Ayrıca ölçüm cihazı ile telefon arasındaki bağlantı ve veri aktarımı için kullanılan fiber optik kablo bu etkiyi daha da düşürebilecek uzunluklardadır (2 m ve 10 m).



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan Ölçüm Portalı sistemi ile EM alan ölçümünde gerekli olan ölçüm-konum-zaman verilerinin tek bir sistem aracılığıyla alınması sağlanmış ve uygulamada büyük kolaylıklar sağlayacağı öngörülmüştür. Ölçüm Portalı sistemi şu kolaylıkları sağlamaktadır;

- EM alan ölçümlerinde gerekli verilerin tek bir sistem aracılığıyla alınması
- Konum ve zaman verisi ile ölçüm süresinin inkâr edilemez bir şekilde elde edilmesi ve kaydedilmesi
- Ölçüm cihazından ölçüm süresi boyunca anlık değerler alınarak ve bu değerlerin ortalaması hesaplanarak ölçüm sonucunun gerçek değer olarak kaydedilmesi ve bu sonuca herhangi bir müdahale edilememesi veya değiştirilememesi
- Ölçümlerin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun şekilde gerçekleştirilmesinin sağlanması
- EM alan kirlilik haritalarının oluşturulmasında gerekli olan verilerin kolaylıkla elde edilmesi

Bu çalışma ile EM alan ölçümlerinde gerçek zamanlı-konum tabanlı bir sistemin gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Ulusal ve uluslararası düzenleyici kuruluşlarca EM alan ölçümünün prosedürlere uygun olarak gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla Ölçüm Portalı, kullanıcı kaydetme menüsü, ölçüm süresi-ölçüm konumu ve ölçüm sonucu kaydetme menüsü ve sonuçlara ölçüm süresince veya sonucunda müdahale edilememesi özellikleri ile sözkonusu prosedürlere uygunluğu sağlamaktadır. Bu çalışma ile ayrıca ölçüm yapan personelin konum, zaman ve ölçüm sonucu açısından denetlenmesinin mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışma sonunda öneriler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

- Ölçüm Portalı sistemi başlangıç bir sistemdir. Dolayısıyla bu sistemin eksik yönleri geliştirilerek veya benzeri bir sistem geliştirilerek ölçümlerin mevzuata uygun ve istenilen kalitede gerçekleştirilmesi amacıyla ilgili düzenleyici kurum ve ölçüm yetki belgeli kuruluşlarca kullanılabilirliği değerlendirilmelidir. Böylelikle ölçümlerin

mevzuata uygunluğunun denetimi arttırılacak ve yapılan ölçümlerde daha fazla otomasyon sağlanmış olacaktır.

- EM alan kirlilik haritası hazırlanması ile ilgili yapılacak akademik çalışmalarda kullanılabilirliği -sağlayacağı kolaylık açısından- değerlendirilmelidir. Böylelikle EM alan kirlilik haritaları oluşturulması için gerekli olan verilerin elde edilmesi amacıyla hazır bir sistem kullanılacağından otomasyon sağlanmış olacaktır.
- Ölçümlerin farklı cihazlarla gerçekleştirilmesi sözkonusu olduğundan gerekli modüller de eklenerek bütün ölçüm cihazları için kullanılabilen daha kullanışlı bir sistem geliştirilmesi değerlendirilmelidir.



## KAYNAKLAR

- Agrawal, D. P., Zeng, Q. A. (2011). *Introduction to Wireless and Mobile Systems*. (Third Edition). Stamford, USA: Cengage Learning, s. 1-22.
- Arslantaş, N. (2012). *Elektromanyetik Alan (EA) Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi*. Teknik Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara.
- Bertocco, M., Farias, M., Offelli, C., ve Sona, A. (2002, 21-23 May). *A Measurement System for the Evaluation of Environmental*. Paper presented at the Instrumentation and Measurement Technology Conference. IEEE, 2002. Anchorage, AK, USA.
- Bibi, A. (2015). *Kablosuz Haberleşme Sistemlerinde Anten Tesislerinin Çevre Duyarlılığı Açısından İncelenmesi; Oluşturduğu Etkiler ve Alınabilecek Tedbirler, Dünya Uygulamaları ve Türkiye İçin Çözüm Önerileri*. Teknik Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara.
- BTK. (2011). Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik. *Resmi Gazete Tarihi: 21.04.2011 Resmi Gazete Sayısı: 27912*.
- Cansız, M. (2010). *Diyarbakır İl Merkezinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması Ve Durum Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Çerezci, F. (2015). *K-Means Algoritması ile Elektromanyetik Kirlilik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Çerezci, O. (2012). Elektromanyetik Kirlilik. A. Türkkan (Editör), *Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri*. Bursa. F. Özsan Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., s. 11-26.
- Demircan, Ö. E. (2013). *Radyo/Tv Vericilerinden Kaynaklı Elektromanyetik Alan Şiddeti Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Karadeniz*. İdari Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Samsun.
- Dilek, B. (2014). *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Alanının Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Genç, Ö. (2010). *Radyo Frekanslarında Elektromanyetik Kirliliğe GSM Bandlarının Etkisinin Analizi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Giliberti, C., Boella, F., Bedini, A., Palomba, R., ve Giuliani, L. (2009). Electromagnetic Mapping of Urban Areas: The Example of Monselice (Italy). *PIERS ONLINE*, 5(1), pp. 56-60.

Goldsmith, A. (2005). *Wireless Communications*. (First Edition). New York, USA: Cambridge University Press. pp. 10-12.

İnce, T. (2007). *Elektromanyetik Kirlilik*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İnternet: CEPT. (2003). *ECC Recommendations, Measuring Non-Ionising Electromagnetic Radiation (9 kHz – 300 GHz)*, Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). URL: <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/Rec0204.pdf> Son Erişim Tarihi: 28.05.2017.

İnternet: MOA. (2015). *Base Stations and Masts*. Mobile Operators Association (MOA), Mobilemastinfo. URL: <http://www.mobilemastinfo.com/base-stations-and-masts/> Son Erişim Tarihi: 29.05.2017.

İnternet: NARDA. (2006). *NBM-550 Narda Broadband Field Meter Operating Manual*. URL: [http://www.narda-sts.us/pdf\\_files/OperatingManuals/HFMeters\\_NBM-550.pdf](http://www.narda-sts.us/pdf_files/OperatingManuals/HFMeters_NBM-550.pdf) Son Erişim Tarihi: 23.01.2018.

İnternet: WHO. (2002). *About electromagnetic fields*. World Health Organization (WHO). URL: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> Son Erişim Tarihi: 29.05.2017.

Kalın, M. A. (2015). *Niğde İlinde Bulunan Baz İstasyonlarının Yaydığı Elektromanyetik Kirliliğin Tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

Keysan, A. (2015, Haziran). *Balıkesir İli Şehir Merkezi ve Balıkesir Üniversitesi Çağış Yerleşkesi' nin Elektromanyetik Alan Haritası*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Kırdar, A., Demirkol, A. (2014). GSM-Hücre Planlama Yöntemi. VII. URSI (International Union of Radio Science) Türkiye Bilimsel Kongresi Bildiri Kitabı. URSI. Elazığ. s. 59-73.

Özdemir, A. R. (2004). *Ankara, İstanbul ve İzmir Şehirlerinde Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Hazırlanması ve Elektromanyetik Kirliliğin Azaltılması Yönünde Öneriler*. Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi, Telekomünikasyon Kurumu, Ankara.

Özgümüş, B. (2010). *Zonguldak Kent Merkezinin 100 Khz – 3 Ghz Frekans Bandında Elektromanyetik Kirliliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

Penttinen, J. T. J. (2015). 3GPP Mobile Communications: GSM. J. T. J Penttinen (Ed.), *The Telecommunications Handbook Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems*. West Sussex, United Kingdom. John Wiley & Sons. pp. 281-370.

Polat, A. Ö. (2013). *Karaman İli Şehir Merkezi ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

- Rao, N. N. (2006). Fundamentals of Engineering Electromagnetics Revisited. R. Bansal (Ed.), *Fundamentals of Engineering Electromagnetics*. Boca Raton, Florida, ABD. CRC Press, Taylor & Francis Group. pp. 1-2.
- Saitoh, H. (2002). GPS Synchronized Measurement Applications in Japan. *Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002*. Yokohama, Japan. IEEE. pp. 494-499.
- Sarıkahya, N. M. (2014). *Bir İşerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması ve Sonuçlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi*. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Solari, G., Viciguerra, G. (2005). Frequency Selective Measurements of Electric Field (100 kHz - 2.5GHz) and Magnetic Field (100 kHz -120 MHz) with Active Electro-Optical Receiving Antennas. *The 16th International Zurich Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility - EMC Zurich 2005*.
- Sorgucu, U. (2011). *Erciyes Üniversitesi Kampüsünde GSM900 ve GSM1800 Şebekelerinin Oluşturduğu Elektromanyetik Kirliliğin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Stefu, N., Solyom, I., ve Arama, A. (2015). Radiofrequency Electromagnetic Field Map of Timisoara. *Annals of West University of Timisoara - Physics. Volume 58, Issue 1*, pp. 73-80.
- Şeker, S., Çerezci, O. (2003). *Elektromanyetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları*. İstanbul. Bogaziçi Üniversitesi Yayınları.
- Trzaska, H. (2001). *Electromagnetic Field Measurements in the Near Field*. Atlanta, U.S.A. Noble Publishing. pp. 3.
- Türkkan, A. (2012). Editörden. A. Türkkan (Editör), *Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri*. Bursa. F. Özsan Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti. s. 9-10.
- Uygunol, O. (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla GSM Baz İstasyonlarında Elektromanyetik Alan Kirliliğinin Tespiti ve Konya Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Visser, H. J. (2005). *Array and Phased Array Antenna Basics*. New York, U.S.A. John Wiley & Sons Ltd. pp. 85.
- Webb, W. (2007). *Wireless Communications: The Future*. West Sussex, England. John Wiley & Sons Ltd. pp. 15-17.
- Wu, T., Shao, Q., Yang, L., Qi, D., Lin, J., Lin, X. ve Yu, Z. (2012). A large-scale measurement of electromagnetic fields near GSM base stations in Guangxi, China for risk communication. *Radiation Protection Dosimetry*, 155(1), 25-31.

Yön, R. (2010). *Afşin-Elbistan Santralleri Bölgesinde EM Alan Haritası Çıkarılması ve Çevrede Yaşayanlarda Sağlık Durumunun Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.





## EK-1. Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları

### NBM-550 Remote Control Documentation



Document version: V 01.00  
 Date of issue: 2007-06-21  
 Latest firmware release at date of issue: V 1.1.1

Narda Safety Test Solutions GmbH,  
 Sandwiesenstr. 7, 72793 Pfullingen,  
 Germany

## 1. Introduction

### 1.1 Communication Parameters

The NBM-550 can be remote controlled via RS-232 (optical link or USB emulation). For remote control the communication parameters of the controlling device (computer) have to be set to the following values:

|           |                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------|
| Baud rate | 115 200 baud (optical interface) / 460 800 baud (USB) |
| Start bit | 1                                                     |
| Data bits | 8                                                     |
| Stop bit  | 1                                                     |
| Parity    | None                                                  |
| Handshake | None                                                  |

The NBM ignores soft handshake signals (/DC1, /DC3) and does not send soft handshake signals.  
 The NBM ignores /CR and /LF signals.

### 1.2 Enabling Remote Control

The command "REMOTE ON" has to be sent to the NBM first in order to enable the remote control mode !!!

Sending "REMOTE ON" will close all dialogs and menus (and will stay closed all the time in remote mode). However, the measurement views are shown like in normal operation.

The key pad is not active in remote control mode.

Normal mode can be invoked by sending the command "REMOTE OFF" or by pressing the On/Off key of the NBM.

## EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları

### 1.3 Syntax Rules

#### 1.3.1 Command

The remote commands consist of ASCII strings. The following syntax rules apply to all commands:

A command consists of the command string and optional parameters

Command *[Parameter\_1]*, ... , *[Parameter\_n]*;

Note: *[ ]* marks an optional string. The square brackets are not part of the string.

The command string interpreter does not distinguish between upper and lower case.

Command *[Parameter]*; is the same as COMMAND [PARAMETER];

The command string is separated from the parameter string by one or more white spaces (blanks).

Parameters have to be separated by a comma.

A command or response must be terminated with a semicolon.

The NBM sends an additional /CR after the comma at defined places to allow line separation in long responses

A command string for a Get Command contains a question mark. The NBM will answer with a response.

Command? *[Parameter]*;

A command string for a Set Command does not include any question mark.



#### 1.3.2 Response

The response to a query has the same syntax as a command, just the command string is missing.

The NBM sends an additional /CR after the semicolon of a response.

The NBM is also sending a response after receiving a Set Command. It's the same response as for an "ERROR?" command. Checking this response may be useful to verify that communication works properly. Normally a value of zero will be returned. Other values indicate an error occurred by handling the last command. See the chapter "Error Codes" for details. The communication with Get Commands can be verified with the query response. A communication problem is expected in case of no response within 10 seconds.

#### 1.3.3 Parameter

Parameters of type "String" must be enclosed with quotation marks ("").

Semicolons are not allowed within a string.

#### 1.3.4 Examples

Examples for valid commands are:

CMD\_A;

CMD\_B param1;

CMD\_C param1,param2/CR/LFparam3;

CMD\_A?;

CMD\_B? param1;

Examples for query responses returned by the NBM are:

param1;/CR

param1, param2;/CR

param1, param2, /CR param3;/CR

## EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları

| Parameters accessible by soft or hard keys                          |                             |   |   |   |   |   |                |         |      |                                 |        |                         |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|----------------|---------|------|---------------------------------|--------|-------------------------|
| Description                                                         | Command                     | S | G | R | P | O | Parameter Name | Format  | Unit | Range                           | TO (s) | Remarks                 |
| Select the result type like averaging maximum hold or actual result | RESULT_TYPE<br>RESULT_TYPE? | x |   |   | x |   | Result Type    | Enum    |      | ACT_AVG, MAX, MAX_AVG           | <5     | SK in measurement views |
|                                                                     |                             |   | x |   |   |   |                |         |      |                                 | <5     |                         |
| Select the unit of the measurement results                          | RESULT_UNIT                 |   |   |   |   |   | Result Type    | Enum    |      | ACT_AVG, MAX, MAX_AVG           |        | SK in Main menu         |
|                                                                     | RESULT_UNIT?                | x |   |   | x |   | Unit           | Enum    |      | V/m, A/m, mW/cm², W/m²          | <5     |                         |
| Select the measurement view                                         | MEAS_VIEW                   |   |   |   |   |   | Unit           | Enum    |      | V/m, A/m, mW/cm², W/m²          | <5     | SK in Main menu         |
|                                                                     | MEAS_VIEW?                  | x |   |   | x |   | Display        | Enum    |      | NORMAL, HISTORY, X-Y-Z, MONITOR | <5     |                         |
| Select the measurement view                                         | MEAS_VIEW                   |   |   |   |   |   | Display        | Enum    |      | NORMAL, HISTORY, X-Y-Z, MONITOR | <5     | SK in Main menu         |
|                                                                     | MEAS_VIEW?                  | x |   |   | x |   | Display        | Enum    |      | NORMAL, HISTORY, X-Y-Z, MONITOR | <5     |                         |
| Select the setup which is recalled at power on                      | PWR_ON                      |   |   |   |   |   | Power On       | Enum    |      | PREVIOUS, DEFAULT               | <5     | SK in Setup menu        |
|                                                                     | PWR_ON?                     | x |   |   | p |   | Power On       | Enum    |      | PREVIOUS, DEFAULT               | <5     |                         |
| Contrast of the LCD display                                         | CONTRAST                    |   |   |   |   |   | Contrast       | Integer | 2%   | 0... 25... 50                   | <5     | Hks for up and down     |
|                                                                     | CONTRAST?                   | x |   |   | p |   | Contrast       | Integer | 2%   | 0... 25... 50                   | <5     |                         |

## EK-1. (Devam) Narda NBM-550 uzaktan kontrol ayar ve komutları

| General functions and data continued                                 |               |   |   |   |   |   |                                                                  |                   |      |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|---|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------|
| Description                                                          | Command       | S | G | R | P | O | Parameter Name                                                   | Format            | Unit | Range                                                                                                                                                            | TO (s) | Remarks                                                          |
| Battery capacity                                                     | BATTERY?      |   | X |   |   |   | Battery Capacity                                                 | Integer           | %    | 0 ... 100                                                                                                                                                        | <5     |                                                                  |
| GPS coordinates                                                      | GPS?          | X | X | X | P |   | GPS Flag                                                         | Enum              |      | NO, FROZEN, FROZEN_2D_ONLY, NORMAL, NORMAL_2D_ONLY, DIFF, DIFF_2D_ONLY<br>-90.000 00 ° ... 90.000 00 °<br>-180.000 00 ° ... +180.000 00 °<br>-9999.9 ... +9999.9 | <5     |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   | P |   | GPS Latitude                                                     | double            | °    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   | P |   | GPS Longitude                                                    | double            | °    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   | P |   | GPS Altitude                                                     | float             | m    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   |                                                                  |                   |      |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
| Hold Mode                                                            | HOLD<br>HOLD? | X | X |   |   |   | Hold Mode                                                        | Enum              |      | ON, OFF                                                                                                                                                          | <5     |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   | Hold Mode                                                        | Enum              |      | <5                                                                                                                                                               |        |                                                                  |
| Get the current measurement value(s)                                 | MEAS?         |   | X |   |   |   |                                                                  |                   |      |                                                                                                                                                                  | <5     | See Measurement Formats                                          |
|                                                                      |               |   | X | X | X | X | Result 1<br>(Result 2)<br>(Result 3)<br>(Result 4)<br>(Result 5) | Float             | X    |                                                                                                                                                                  | <5     |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   |                                                                  | Float             | X    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   |                                                                  | Float             | X    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   |                                                                  | Float             | X    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   |   |   |   |   |                                                                  | Float             | X    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
|                                                                      |               |   | X |   |   |   |                                                                  | Float             | X    |                                                                                                                                                                  |        |                                                                  |
| Start cyclic measurement output                                      | MEAS_START    | X |   |   |   |   |                                                                  |                   |      |                                                                                                                                                                  | <5     | same format as with MEAS?                                        |
| Stop cyclic measurement output                                       | MEAS_STOP     | X |   |   |   |   |                                                                  |                   |      |                                                                                                                                                                  | <5     |                                                                  |
| The reference field strength of the applied standard (E-Field Limit) | E_REF_E?      |   | X |   |   |   | Eref_E(f)                                                        | Float             | V/m  |                                                                                                                                                                  | <5     | only available if a standard is applied<br>otherwise returns 0.0 |
| The reference field strength of the applied standard (H-Field Limit) | E_REF_H?      |   | X |   |   |   | Eref_H(f)                                                        | Float             | V/m  |                                                                                                                                                                  | <5     | only available if a standard is applied<br>otherwise returns 0.0 |
| Number of the known standards                                        | STND_NUMBER?  |   | X |   |   |   | Number of Standards                                              | Integer           |      | 0 ... 50                                                                                                                                                         | <5     |                                                                  |
| Name of a specific Standard                                          | STND_NAME?    |   | X |   |   |   | Index<br>Standard Name                                           | Integer<br>String |      | 0 ... Number of standards <= 50<br>max. 30 chars                                                                                                                 | <5     |                                                                  |

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BİBİ, Ahmet  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 06/02/1987 Keles  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (543) 539 74 09  
e-posta : ahmetbibi@gmail.com

| Eğitim Derecesi | Okul/Program                                                     | Mezuniyet yılı |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|----------------|
| Yüksek lisans   | Gazi Üniversitesi/Bilişim Enstitüsü<br>Bilişim Sistemleri A.B.D. | 2018           |
| Lisans          | Pamukkale Üniversitesi/Elektrik-<br>Elektronik Mühendisliği      | 2010           |
| Lise            | Şükrü Şankaya Anadolu Lisesi                                     | 2005           |

### Yabancı Dili

İngilizce

### Hobiler

Futbol, Masa tenisi, Bilardo, Kitap okuma



*GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..*