

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAYBURT İLİ DEMİRÖZÜ İLÇESİ BEŞPINAR BELDESİ’NİN
ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Betül Ceylan SAYI

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS
JÜRİ ÜYELERİ
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep HASIRCI
Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN

RİZE-2020
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAYBURT İLİ DEMİRÖZÜ İLÇESİ BEŞPINAR BELDESİ'NİN
ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS danışmanlığında, Betül Ceylan SAYI tarafından hazırlanan bu çalışma Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 29/11/2019 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı, Adı Soyadı

Başkan

: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep HASIRCI

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN

İmza

(Handwritten signatures in blue ink)

(Handwritten signature in blue ink)
Doç. Dr. Ferhat KARACI
ENSTİTÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla BENİ aydınlatan ve danışmanlığında çalışmaktan hep mutlu olduğum, çalışmam süresince düşünceleriyle bana yardımcı olan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS'a yüksek lisans tez çalışmamda bana gösterdiği ilgi ve sabırdan dolayı çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam süresince emeklerini esirgemeyen, yol gösteren, sabırla ilgilenen ve çalışmama büyük etkisi Ör. Üyesi Yasin KARAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Serdar DİZMAN'a çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim – öğretim hayatım boyunca her türlü sıkıntı ve problemde beni yalnız bırakmayan sevgili eşime, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Betül Ceylan SAYI

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Bayburt İli Demirözü İlçesi Beşpınar Beldesi’nin Elektromanyetik Kirlilik Yönünden İncelenmesi” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 29/11/2019


Betül Ceylan SAYI

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BAYBURT İLİ DEMİRÖZÜ İLÇESİ BEŞPINAR BELDESİ'NİN ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Betül Ceylan SAYI

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer AS

Dünya üzerinde yaşanan alanlarda bilim ve teknolojinin gelişmesi ile çevre kirliliği gibi sorunlara ilave olarak ‘‘Elektromanyetik Kirlilik’’ sorunları da ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda çevresel elektromanyetik çevresel elektromanyetik alan ölçümleri bölgesel yoğunlukları tespit etmek için önem kazanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve bunun gibi kuruluşlar bu alanların canlılar üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Elektromanyetik alanlarla ilgili çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından sınır değerler belirlenmiştir. Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) bunların en bilinenidir. Ülkemizde ise Bilgi Teknolojileri Ve İletişim Kurumu (BTK) elektronik cihazların kuruluşunu, kontrolünü ve denetimini takip etmektedir. Bu noktada sınır değerler belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, Bayburt ili Demirözü ilçesine bağlı Beşpınar beldesinin merkezinde ve belde çevresinde elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Bölgede nüfusun yoğun olduğu yaz döneminde, belirlenen 11 farklı nokta da alan kullanım yoğunluğuna bağlı olarak ölçümler günün dört farklı zaman aralığında yapılmıştır. Ölçümde SRM-3006 Selektif Radyasyon Metre, 420 MHz – 6GHz) frekans seçici ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda elektromanyetik alan yoğunluğunun bölgesel ve zamansal olarak anlık yüksekliği tespit edilse de sınır değerleri aşan değerlerle karşılaşılmamıştır.

2020, 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kablosuz İletişim, Sınır Değerler, Baz İstasyonları, Elektromanyetik Kirlilik, Beşpınar.

ABSTRACT

DETERMINATION ELECTROMAGNETIC POLLUTION LEVEL OF BEŞPINAR COUNTRY OF DEMİRÖZÜ, BAYBURT

Betül Ceylan SAYI

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Master Thesis
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Nilüfer AS**

In addition to the environmental pollution problems, electromagnetic pollution problems also appear with the development of science and technology in the liveable areas all over the world. In this frame, measurements of environmental electromagnetic fields are important to determine the regional intensity. World Health Organization (WHO) and similar organizations research the effects of these fields on living creatures. Limiting values about electromagnetic fields have been stated by several international organizations. International commission on non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) is one of the most known among these organizations. Information and communication technologies authority in Turkey (BTK) follows the installation, the control and the review of electronic devices. BTK has stated the limiting values in this point. In this study, the measurements of electromagnetic fields have been made in the center of Beşpinar, a province of Demirözü in Bayburt and around Beşpinar according to the usage intensity of fields, measurements have been done in 11 different zones, in four different time periods in summer time when the population is dense. As a frequency selective meter, SRM-3006 (Selective Radiation Meter 420 MHz- 6GHz) has been used to make measurements. In the results of measurements it has not been observed the measurements, passing limiting values when it has been found an instant increase of electromagnetic intensity as regional and temporal.

2020, 49 pages

Keywords: Wireless Communication, Limiting Values, Base Stations, Electromagnetic Pollution, Beşpinar.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Elektromanyetik Alan	3
1.2.1. Elektrik Alan	3
1.2.2. Manyetik Alan	4
1.2.3. Elektromanyetik Alan	4
1.3. Elektromanyetik Dalgalar	5
1.3.1. Enine Dalgalar	5
1.3.2. Boyuna Dalgalar	5
1.3.3. Elektromanyetik Dalgalar	6
1.3.4. Elektromanyetik Dalga Denklemi	7
1.3.5. Maxwell Denklemleri	7
1.4. Elektromanyetik Spektrum	8
1.4.1. İyonlaştırıcı Elektromanyetik Işınlamalar	9
1.4.2. İyonlaştırıcı Olmayan Elektromanyetik Işınlamalar	10
1.5. Elektromanyetik Alan Kavramları	10
1.5.1. Elektromanyetik Girişim (EMI)	10
1.5.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)	11
1.5.3. Yakın Alan Ve Uzak Alan	11
1.5.4. SAR (Specific Absorption Rate) Değeri	13
1.5.5. Elektromanyetik Enerji (Poynting Vektörü)	14
1.6. Elektromanyetik Kirlilik	14
1.6.1. Elektromanyetik Kirlilik Kaynakları	15
1.6.2. GSM Sistemleri	15

1.6.3. Baz İstasyonları.....	15
1.7. Elektromanyetik Kirliliğin Etkileri.....	18
1.8. Dünya Geneline EMA Limitleri Ve Standartları	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	24
2.1. Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihaz.....	24
2.2. Çalışma Alanı Ve Ölçüm Metodu	26
3. BULGULAR.....	28
3.1. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri	28
3.2. Ölçümlerde Elde Edilen Veriler	29
3.2.1. Haziran Ayı Ölçümleri.....	29
3.2.2. Temmuz Ayı Ölçümleri	31
3.2.3. Ağustos Ayı Ölçümleri	35
3.3. Sonuçların Grafikselleştirilmesi	39
3.3.1. Haziran Ayı Ölçüm Grafikleri	39
3.3.2. Temmuz Ayı Ölçüm Grafikleri.....	40
3.3.3. Ağustos Ayı Ölçüm Grafikleri.....	43
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	45
5. ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Enine dalga gösterimi	5
Şekil 2.	Boyuna dalga gösterimi	5
Şekil 3.	Elektromanyetik dalga gösterimi.....	6
Şekil 4.	Elektromanyetik spektrum	9
Şekil 5.	Alan kaynağına olan uzaklık ve EMA güç değişimi	12
Şekil 6.	Yakın alan uzak alan gösterimi	12
Şekil 7.	Makroseller, mikroseller, pikoseller'in gösterimi	16
Şekil 8.	Bir baz istasyonundaki antenlerin görüntüsü	16
Şekil 9.	Antenleri geniş huzmeli ve belli bir alana yönelmiş sektörel hüzme.....	17
Şekil 10.	Baz istasyonlarının yapısı.....	17
Şekil 11.	Bina duvarına yapılmış baz istasyonu	18
Şekil 12.	Saat kulesi içerisine yerleştirilmiş baz istasyonu	18
Şekil 13.	Vücut absorpsiyon eğrisi	19
Şekil 14.	Narda SRM-3006 Cihazı	24
Şekil 15.	SRM 3006 cihazı 3 farklı görünüm; (a) Spektrum, (b) Data Tablosu, (c)BarGrafiği.....	25
Şekil 16.	Belde'nin kuzey tarafından görünümü	26
Şekil 17.	Belde'nin güney tarafından görünümü	26
Şekil 18.	Ölçüm alınan noktaların harita üzerindeki konumları.....	28
Şekil 19.	Haziran ayı içerisinde ölçülen elektrik alanın maksimum değerlerinin konuma göre değişimi	39
Şekil 20.	Manyetik alanın konuma göre değişimi	40
Şekil 21.	Güç yoğunluğunun konuma göre değişimi	40
Şekil 22.	Elektrik alan maksimum değerinin belirli vakitlerde konuma göre değişim .	41
Şekil 23.	Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatine göre değişimi.....	41
Şekil 24.	Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatine göre değişimi	42
Şekil 25.	Hesaplanan elektrik alanın maksimum ortalama değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişim grafiği	42
Şekil 26.	Elektrik alan maksimum değerlerinin ölçüm saatine göre değişimi	43
Şekil 27.	Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatine göre değişimi.....	43
Şekil 28.	Hesaplanılan güç yoğunluğunun ölçüm saatine göre değişimi	44
Şekil 29.	Hesaplanılan elektrik alanın maksimum ortalama değeri,manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişim grafiği.....	44

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.	Maxwell denklemlerinin diferansiyel ve integral gösterimi	8
Tablo 2.	Ülkelerin frekans ve elektrik alan şiddeti	21
Tablo 3.	ICNIRP limit değerleri (ICNIRP,1998).....	22
Tablo 4.	Ortam ve tek bir cihaz için BTK tarafından önerilen limit değerler.....	23
Tablo 5.	Hücreli sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri	23
Tablo 6.	Frekans aralıkları ve kanallar.....	27
Tablo 7.	Ölçüm yapılan konumların koordinat bilgileri	29
Tablo 8.	Haziran ayı ölçülen elektrik alan değerleri	30
Tablo 9.	Haziran ayı ölçülen manyetik alan değerleri	30
Tablo 10.	Haziran ayı ölçülen güç yoğunluğu değerleri	31
Tablo 11.	Haziran ayı konumlara göre elektrik alan ve frekans bant aralığı	31
Tablo 13.	Temmuz ayı gün içerisinde ölçülen manyetik alan değerleri	32
Tablo 14.	Temmuz ayı gün içerisinde ölçülen güç yoğunluğu değerleri	33
Tablo 15.	Temmuz ayı konumlara göre elektrik alan frekans bant aralığı	34
Tablo 16.	Temmuz ayı elektrik alan maksimum ortalama değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğu maksimum değerleri.....	35
Tablo 17.	Ağustos ayı konumlara göre elektrik alan ölçüm değerleri	36
Tablo 18.	Ağustos ayı konumlara göre manyetik alan ölçüm değerleri	36
Tablo 19.	Ağustos ayı gün içerisinde ölçülen güç yoğunluğu değerleri	37
Tablo 20.	Ağustos ayı konumlara göre elektrik alan ve frekans bant aralığı.....	38
Tablo 21.	Ağustos ayı elektrik alan ortalama maksimum değeri, manyetik alan, güç yoğunluğu veriler	39

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

E	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
H	Manyetik Alan Şiddeti (mA/m)
S	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
BTK	Bilgi Teknolojileri Ve İletişim Kurumu
EMA	Elektromanyetik Alan
EMC	Elektromanyetik Girişim
EMI	Elektromanyetik Uyumluluk
EM	Elektromanyetik
FCC	Federal Komünikasyon Komisyonu
ICNIRP	Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
IEEE	Uluslararası Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
SAR	Özgül Soğurma Oranı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YGH	Yüksek Gerilim Hattı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bilim ve teknoloji birçok yeni cihaz ve sistemi de beraberinde getirmektedir. Bu gelişme 21. Yüzyılın sonlarına doğru haberleşme ile devam etmektedir. Çevremizde bulunan ve kablosuz iletişimi kullanılan radar dalgaları Wi-Fi sistemleri, hücresel telefon sistemlerini oluşturan baz istasyonları ve cep telefonları (GSM sistemleri), radyo vericiler ile kablolu iletimi kullanılan elektrik hatları, televizyonlar ve bilgisayarlar bu gelişmelere örnek teşkil etmektedir. Bu gelişmelere bağlı olarak elektromanyetik alanların kullanımının artması ve bilgiye ulaşma ihtiyacı, iletişimde hızın ve kapasitenin giderek artmasını gerektirmektedir.

Bu teknolojiler çalışırken ve bilgi aktarımı yapılırken elektromanyetik alanları (EMA) kullanmakta ve yaymaktadır. Artan bilgi ve veri aktarımı elektromanyetik alanların taşıdığı enerji miktarını da arttırmaktadır. Bu enerji çevrelerinde bulunan ortamlar tarafından soğurulmaktadır. Buna bağlı olarak tüm canlılar elektromanyetik alanların enerjisine artan miktarlarda maruz kalmaktadır. Yüksek frekans bölgesinde en çok kullanılan GSM ve Wi-Fi gibi kablosuz iletişim sistemleri yaygın bir elektromanyetik alan yoğunluğu oluşturmaktadır. Bu sebeple çevresel elektromanyetik alanlara sürekli maruz kalınmaktadır. Genelde bilinen çevre problemlerine elektromanyetik alan yoğunluğu da eklenmektedir.

İletişim ve bilgi alışverişinin artması başlangıçta mekânlarla sınırlı olan bu alanların kent merkezlerinden kırsal bölgelere ve yüksek dağlara kadar yayılmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden son yıllarda çevre kirliliği kapsamında elektromanyetik kirlilikte değerlendirilmektedir. Cep telefonunun kullanımının artması, her geçen yıl artan baz istasyonlarının kurulumunu ve elektromanyetik alan kirliliğini arttırmaktadır. Kullanıcı sayısı arttıkça çevrede bulunan baz istasyonu sayısı artış göstermektedir. Baz istasyonlarının yaydığı elektromanyetik alan değeri değişken değerdedir. Kullanım yoğunluğuna göre değişim göstermektedir.

Bu kapsamda yaz aylarında nüfus yoğunluğu artan Bayburt ili Demirözü ilçesi Beşpınar beldesi tezimizde çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Belde de yürütülen arıcılık faaliyetleri ve aynı zamanda elektromanyetik alanların bal arıları üzerindeki olası etkilerinin incelendiği bir proje çalışması yapılması bölge seçiminde etkili

olmuştur.

Elektromanyetik kirlilik ile ilgili yurt içinde ve yurt dışında birçok çevresel çalışmalar yapılmıştır.

Genç vd, 2010 yılında alış-veriş merkezinde yaptıkları çalışmada elektrik alan şiddetinin maksimum 1,64 V/m, ortalama olarak ise 0,34 V/m bulmuşlardır.

Eyüpoğlu ve Kaya, 2010 yılında TV ve radyo vericilerinde elektrik alan şiddetinin maksimum değeri 0,4732 V/m olarak tespit etmişlerdir.

Henderson ve Bangay, 2006 yılında Avustralya'da Yaptıkları çalışmada RF bölgesinde elektromanyetik alan şiddeti seviyesini incelemiş olup farklı sinyallere sahip 60 baz istasyonu üzerinde ölçüler alınmıştır. Alınan elektromanyetik alan şiddeti değerlerini ICNIRP standartları ile karşılaştırılmıştır.

Uygunol ve Durduran, 2010 yılında Konya ilinde yaptıkları çalışmada, GSM baz istasyonlarının CBS ile elektromanyetik alan kirliliği haritası çıkartılmıştır. Kirlilik alanındaki seviyeleri belirleyerek gelecekte bu alanda uygulanacak çalışmaların lt yapısı için çalışmalar belirlenmiştir.

Cansız, 2010 yılında Diyarbakır ilinde yaptığı çalışmada, yüksek ve düşük frekans kaynaklı elektrik ve manyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Çıkan sonuçları ICNIRP'nin belirlemiş olduğu limit değerleri ile karşılaştırmıştır.

Genç, 2010 yılında yaptığı çalışmasında 3 GHz'e kadar olan radyo frekans spektrumunda elektromanyetik kirliliği GSM bantlarında incelemiştir. Elektromanyetik kirliliği incelenen frekans spektrumunda TV vericileri, radyo vericileri ve GSM baz istasyonlarının etkileri incelenmiştir.

Hardell ve Sage, 2008 yılında yaptıkları çalışmada elektromanyetik alanların etkilerini çeşitli yöntemlerle araştırmış olup bu araştırmalar içinde deneysel çalışmalar, bilgisayar simülasyonları, gönüllü deney çalışmaları, yapay doku çalışmaları yapılmıştır.

Dilek vd, 2014 yılında yaptıkları Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Kampüs alanında elektromanyetik kirlilik ölçümleri yapılmıştır. Kampüs alanında yüksek değerler elde etseler de sınır değerinin üzerinde sonuçlara rastlanmamıştır.

Şahin vd, 2013 yılında yaptıkları çalışmada 2 baz istasyonunun çevresinde yapılan ölçümlerde antene yakın bölgelerde beklendiği gibi daha yüksek alan değerlerine, antenden uzaklaştıkça 1/r ile azalan ölçümler gözlenmiştir. 12 farklı noktada yapılan ölçüm sonuçları teorik beklenen ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmış ve grafikler

çizilmiştir. Ayrıca güvenlik mesafeleri de hesaplanılarak sonuçlar BTK'nın değerleri ile karşılaştırılmış güvenlik mesafesi dışında sınırı aşan ölçümler tespit edilmemiştir.

Ülkemizin de içinde bulunduğu ve dünyanın birçok ülkesinde referans olarak aldığı Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) ve ülkemiz sınırı içerisinde kabul gören Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından hazırlanan limit değerleri bu çalışmada kılavuz olarak kabul edilmiştir.

1.2. Elektromanyetik Alan

Elektrik ve manyetik alan bileşeni olan dalgaların oluşturduğu alanlara denir. Elektromanyetik alanlar kimyasal bağları kopmayacak enerjilere sahip olmadıkları için iyonlaşmaya sebep olmazlar (Non-İonizing). Çevreye elektromanyetik enerji aktarırlar. Duyu organları ile algılanamamaktadırlar.

1.2.1. Elektrik Alan

Bir elektrik yükünün başka bir elektrik yükü üzerinde oluşturduğu çekme veya itme kuvveti etkisidir. Elektrik alan "E" ile gösterilir, birimi Volt/metre (V/m) olarak ifade edilmektedir.

$$E = \frac{D}{\epsilon} \quad (1)$$

denklem ile ifade edilir.

Akı yoğunluğu vektörü **D** ile gösterilir, elektrik alan vektörü ile aynı yöne sahiptir ve şiddeti elektrik alanı oluşturan yük ile orantılıdır. Elektrik akı yoğunluğunun birimi (C/m²)'dir. Elektriksel geçirgenlik ise bir malzeme içinde sınırlanmış yüklerin sayısının bir ölçütüdür. Elektriksel geçirgenlik "ε" ile gösterilir. Birimi Farad/metre (F/m)'dir. Elektriksel geçirgenlik, serbest uzayın elektriksel geçirgenliği (ε₀) ve malzemenin dielektrik sabiti olarak ifade edilen (ε_r)'nin çarpımına eşittir ve bu eşitlik aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$\epsilon_r = 10^{-9}/36\pi = 8.854 \times 10^{-12} \text{ (F/m)} \quad (2)$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \quad (3)$$

Bir elektrik yükü bir elektrik alanı oluşturur. Elektrik alanını meydana getiren, elektrik yüklerinin varlığıdır. Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça hızla azalır.

1.2.2. Manyetik Alan

Hareket eden yüklerin oluşturduğu alana denir. Manyetik alan vektörel bir niceliktir. Manyetik alan ‘H’ harfi ile ifade edilir. Birimi amper/metre (A/m)’dir. Tesla, Gauss birimleri de kullanılır. Manyetik akı yoğunluğuna (B) ve malzemenin manyetik geçirgenliğine (μ) bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki denklemde

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (4)$$

ile ifade edilir.

1.2.3. Elektromanyetik Alan

Elektromanyetik alanlar yaşam boyunca çevremizde var olan elektromanyetik dalgaların yoğunluğu ile oluşan bir alandır. Elektrik yükü olan parçaların diğer yüklü parçacıklar üzerinde uyguladığı kuvvete elektromanyetik alan denir. Elektromanyetik alan, çevrenin oluşması doğal ve doğal olmayan elektromanyetik alan kaynaklarını oluşturmaktadır.

Doğal elektromanyetik alanlar

- Güneşten gelen dalgalar,
- Uzak yıldılar,
- Yıldırımlar

Doğal olmayan elektromanyetik kaynaklar

- Tüm elektrik cihazlar (ev tipi/endüstriyel)
- Radar sistemleri
- Mikrodalga fırınlar
- Hastane ortamında X- ışınları
- GSM (Mobil İletişim Hatları)
- Endüstriyel cihazlar
- Elektrikli trenler

Elektrik ve manyetik dalgalar ışık hızında birlikte hareket ederek yer değiştirirler. Elektromanyetik alanların belirgin özelliği frekansları ve dalga boylarıdır. Frekans,

dalganın bir saniyedeki salınım sayısıdır. Birimi Hertz (Hz)'dir. Dalga uzunluğu, bir salınım sırasında dalganın aldığı mesafedir ve birimi metre (m)'dir.

1.3. Elektromanyetik Dalgalar

1.3.1. Enine Dalgalar

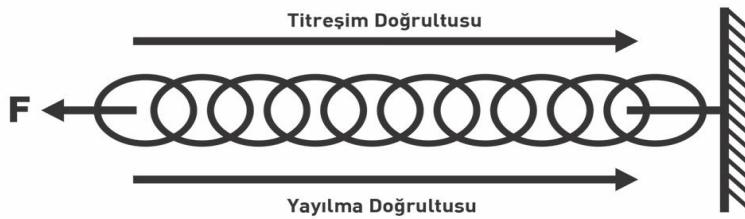
Yayılma doğrultusu ile titreşim doğrultusu birbirine dik olan dalgalara enine dalgalar denir. Enine dalgalar yayılmak için ortama ihtiyaç duymazlar, boşluk dahil her ortamda yayılırlar. Yay, deprem ve su dalgaları enine dalga özelliği gösterirler.



Şekil 1. Enine dalga gösterimi(URL-1)

1.3.2. Boyuna Dalgalar

Titreşim doğrultusu ile yayılma doğrultusu birbirine paralel olan dalgalara boyuna dalgalar denir. Boyuna dalgalar etki kuvvetine bağlı olarak zaman zaman enine davranış özelliği sergileyebilirler. Ancak enine dalgalar boyuna dalga davranışı göstermezler. Boyuna dalgalar yayılabilmek için madde ortamına ihtiyaç duyarlar. Boyuna dalgalar aynı zamanda mekanik dalga özelliği gösterirler. Ses, yay, deprem ve su dalgaları boyuna dalga özelliği gösterirler.

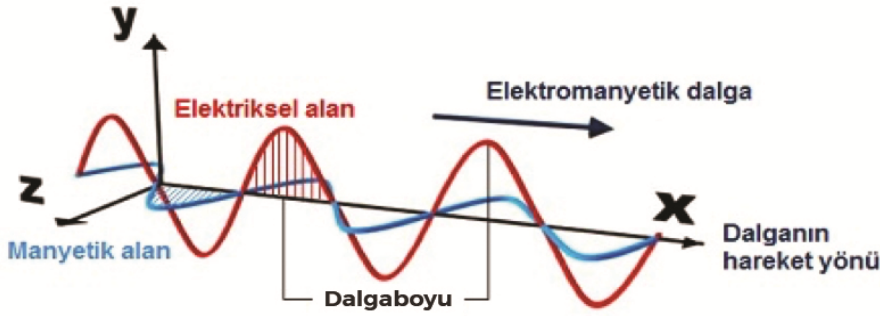


Şekil 2. Boyuna dalga gösterimi (URL-2)

1.3.3. Elektromanyetik Dalgalar

Elektrik ve manyetik alanın birlikte oluşturdu elektromanyetik dalga denir. Manyetik alanın maksimum olduğu noktada, elektrik alan minimum olmaktadır. Elektromanyetik dalgalar, boşlukta ışık hızıyla ilerlemektedir.

$$c = \lambda \cdot f \quad (5)$$



Şekil 3. Elektromanyetik dalga gösterimi (URL-2)

Elektromanyetik Dalgalar;

- Enine dalga özelliği gösterirler.
- Elektrik ve manyetik alanlar birbirine dik olup yayılma doğrultusuna da diktir.
- Manyetik alan bileşeni ortamda B, manyetik indüksiyon ile gösterilir.
- E ve B'nin büyüklükleri arasında $E = cB$ şeklinde bir oran vardır.
- Boşluk dahil her ortamda ilerlerler.
- Yayılma enerjileri $E = h \cdot f$ bağıntısı ile tanımlanır.
- Yayılma hızları boşlukta en büyüktür ve ışık hızına eşittir ($c = \lambda \cdot f$).
- Mekanik dalgalarının aksine, elektromanyetik dalgaların yayılması için maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur.
- Frekans eksenini üzerindeki tüm elektromanyetik dalga türlerini bir arada gösteren çizelge elektromanyetik tayf (spektrum) olarak adlandırılır.

Elektromanyetik dalganın oluşması için yükün ivmelenmesi gerekir. Elektrik ve manyetik alanlar birbirlerine bağlıdır. Elektrik alanın değişimi değişen manyetik alanı oluşturur. Manyetik alanın değişimi değişen elektrik alanı oluşturur. Bu yükte elektrik alan oluşurken, hareketli bir yükte elektrik alan ve manyetik alan oluşur.

1.3.4. Elektromanyetik Dalga Denklemi

Elektromanyetik dalgaların ortam boyunca yayılmasını sağlayan ve zamanla değişen ikinci dereceden kısmi diferansiyel denklemdir.

Elektrik ve manyetik alana ait periyodik alan denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$\mathbf{E} = E_0 \sin(\mathbf{kx} - \omega t) , \quad \mathbf{B} = B_0 \sin(\mathbf{kx} - \omega t) \quad (6)$$

Alan denklemlerinin zamana bağlı değişen kısmını konuma bağlı değişen kısmına eşitleyen homojen dalga denklemi

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t^2} \right) \mathbf{E} = \left(\nabla^2 - \mu\epsilon \frac{\partial}{\partial t^2} \right) \mathbf{E} = 0 \quad (7)$$

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t^2} \right) \mathbf{B} = \left(\nabla^2 - \mu\epsilon \frac{\partial}{\partial t^2} \right) \mathbf{B} = 0 \quad (8)$$

ile ifade edilir.

Buradaki $c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ orantı katsayısının tersi bize dalga hızını vermektedir.

1.3.5. Maxwell Denklemleri

James Clark Maxwell 1873 yılında elektrik ve manyetizma teorilerini bir araya getirerek elektromanyetik teoremin temelini ortaya çıkardı. Maxwell denklemleri gerçekte Coulomb, Gauss, Amper ve Faraday'ın deneysel gözlemlerinden ortaya çıkmıştır.

Elektrik alan ve elektrik yükü, manyetik ve elektrik akımı, elektrik ve manyetik alanlar ile akıları arasında çift yönlü ilişkiyi ortaya koyar.

Elektromanyetik teori Maxwell denklemleri olarak bilinen 4 denkleme dayanır. Bu denklemlerin diferansiyel ve integral formları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Maxwell denklemlerinin diferansiyel ve integral gösterimi

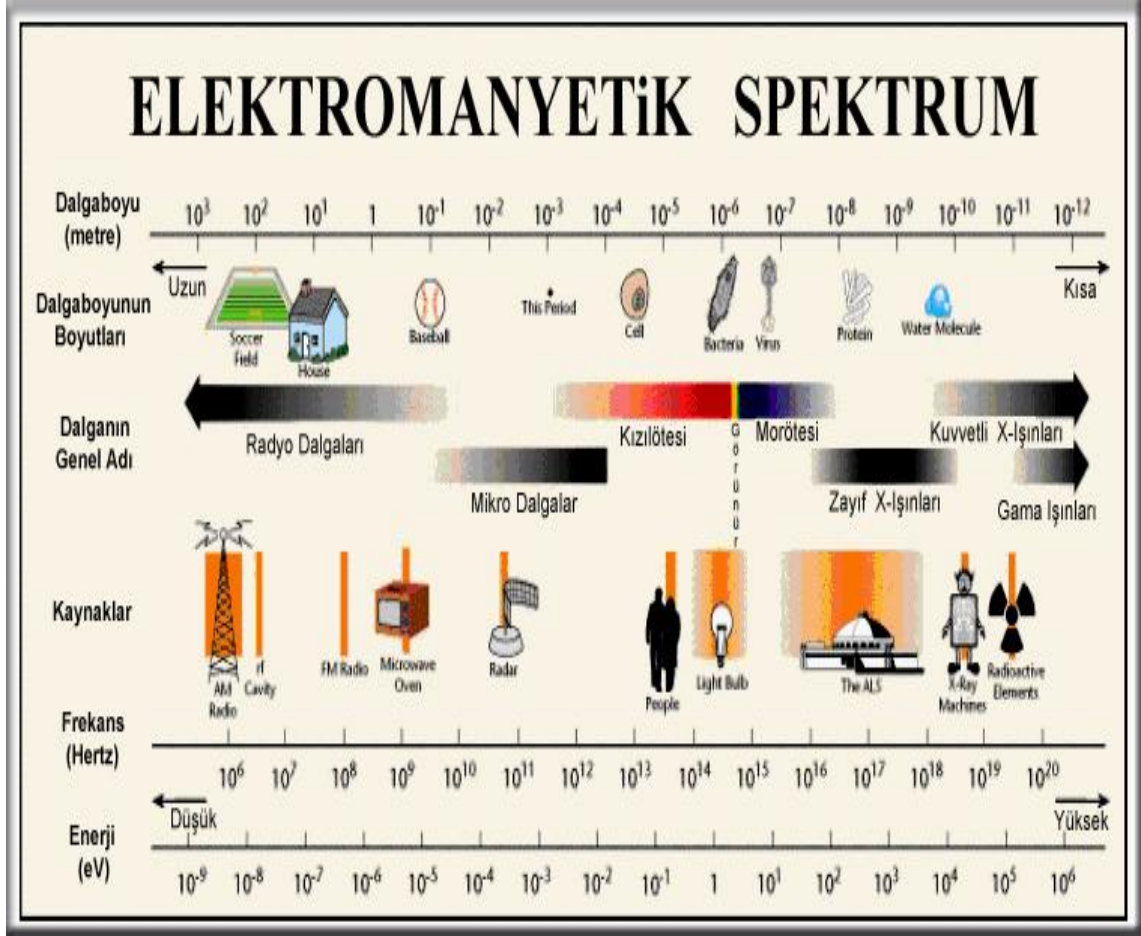
Yasa Adı	Diferansiyel Gösterimi	İntegral Gösterimi
Elektrik Alan İçin Gauss Yasası	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = \int_V \rho_v \cdot dv$
Faraday Yasası	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s}$
Manyetik Alan İçin Gauss Yasası	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
Amper Yasası	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right]$	$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right] \cdot d\vec{s}$

Maxwell denklemlerinin yasalarını açıklarsak;

- Gauss Yasası, kapalı bir yüzeyden geçen toplam elektrik akısının bu yüzey içindeki net yükün bölümüne eşittir.
- Faraday Yasası, değişen bir manyetik alanın oluşturduğu elektrik alanının tanımıdır.
- Manyetik Gauss Yasası, kapalı bir yüzeyden geçen net manyetik akı sıfırdır.
- Ampere Yasası, değişen elektrik alanı ve elektrik akımları tarafından oluşturulan manyetik alanın oluşmasıdır.

1.4. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik dalgalar, spektrumun çok geniş bir alanını kapsar. Elektromanyetik spektrum radyo ve TV vericisi, görünür ışık, kızıl ötesi ve mor ötesi yayılma, X-ışınları ve Gama ışınlarının tamamını içerir. Elektromanyetik spektrum, değişen dalga boyu ve frekans değerleri için aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4. Elektromanyetik spektrum (URL- 3)

Elektromanyetik spektrumun dalga boylarına göre dizilen bileşenleri şunlardır:

1.4.1. İyonlaştırıcı Elektromanyetik Işınlamalar

Enerji yükü fotonlar ya da parçacıklar çarptıkları cisimlerin koparak iyonlaşma oluşur. İyonlaşma, atomlardan ve moleküllerden elektron koparılmasıdır.

- **Gama ışınları:** 0,01nm'den küçük dalga boylu elektromanyetik ışınlamalarıdır. Atom çekirdeğinin çapından küçük dalga boyunu içerirler. Spektrumun en yüksek enerjili ve frekanslı bölgesidir. Kara delikler ve kuarzarlar gibi cisimler nükleer tepkimeler sonucu oluşurlar.
- **X-ışınları:** 0,01nm – 10nm arasında olan elektromanyetik dalgalarıdır. X-ışınları tıpta kullanılmaktadır. Röntgen ışınları gözle görülmeyen özelliğe sahiptir. Lambalar, X-ışınları yumuşak maddelerin içine nüfuz ederler.

1.4.2. İyonlaştırıcı Olmayan Elektromanyetik Işınımalar

Atomik bağları kırmak için gerekli enerjisi olmayan fotonların oluşturduğu dalgalara denir.

- **Morötesi (UV) Işınımalar:** 10nm ile 310nm arasında olan elektromanyetik dalgalardır. Dalga boyları görünür. Bölgeden daha kısadır. Güneşten Dünya'ya gelen UV ışınları yeryüzüne ulaşsa da bir kısmı UV ışınları atmosferde kalmaktadır.
- **Görünür Işık:** 400nm ile 700nm arasında olan elektromanyetik dalgalardır. İnsan gözü tarafından görülen aralıktır ve gök kuşağında yer alan renkler olarak tanımlanır. Görünür bölgede kırmızı renk en uzun dalga boyuna karşılık gelirken mor renk ise en kısa dalga boyuna sahiptir.
- **Kızılötesi (IR) Işınlar:** 710nm ile 1mm arasında olan elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgalar ve görünür bölge arasında kalan alanda yer alır. Bütün sıcak ve soğuk renkler maddeler tarafından oluşturulurlar.
- **Mikrodalgalar:** 1mm ile 1m arasında olan elektromanyetik dalgalardır. Maddeleri oluşturan atom ve moleküller ile etkileşmesi sürtünme hareketi ile oluşan ısı enerjisiyle meydana gelir.
- **Radyo Dalgaları:** 1mm'den uzun olan elektromanyetik dalgalardır. En uzun dalga boyuna sahiptirler. Radyo dalgaları her ortamda bulunabilir. Cep telefonlarında bilgi alışverişinde radyo dalgalarından faydalanır.

1.5. Elektromanyetik Alan Kavramları

Elektromanyetik kirlilik sorununun son zamanlarda dile getirilir olması elektrik ve elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun artması ile oluşmaktadır. Kullanılan her cihaz belli bir frekans bölgesinde istenilen ve istenilmeyen birçok işaret üretmektedir. Çalışan cihazların aynı ortamda birbirini etkilemesi elektromanyetik girişim (EMI) ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) konularını ön plana çıkarmaktadır.

1.5.1. Elektromanyetik Girişim (EMI)

Elektromanyetik cihazlar çevrede yayılan bir elektromanyetik enerji oluşturur.

EMI, cihazların ortama yaydığı ışıma ile gerçekleşebileceği gibi cihazın içindeki kablolardan da oluşur.

Günlük hayatta karşılaşılan elektromanyetik girişim örnekleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Cep telefonları çaldığı zaman veya floresan lamba açıldığında bilgisayar ve TV ekranlarının titreme oluşmaktadır.
- Uçuş sırasında açık olan cep telefonları uçağın kontrol sistemini bozmaktadır.
- Gerilim Hatları'nın altından geçen, arabanın radyosunda parazit oluşmaktadır.
- Hastaları taşıyan ambulansla telsiz veya cep telefonlarının kullandığı zaman kalp pili olan hastalar etkilenmektedir.

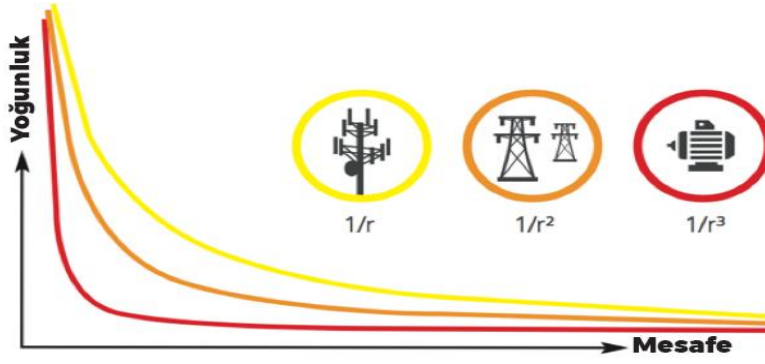
1.5.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)

Bir cihazın elektromanyetik ortamda, bir girişime neden olmadan ve bir girişimden etkilenmeden çalışma devam etmesi olayına elektromanyetik uyumluluk (EMC) denir.

Elektromanyetik uyumluluk günümüzde çok daha hassas bir konumda bulunmaktadır. EMC ile günlük hayatımızda birçok alanda; uzay teknolojilerinde, askeri alanlarda, tıp, endüstriyel uygulamalar ve otomobil sektörü gibi alanlarda karşılaşılmaktadır.

1.5.3. Yakın Alan Ve Uzak Alan

Elektromanyetik alanlar kaynağında verici anteninden enerji yayılım ortamına aktarılır. İletişim sırasında, anten ve yayılma ortamın iki ayrı iletkenlik seyrine sahiptir. Bu sebeple kaynaktan uzaklaştıkça EMA değerleri uzaklıkla azalan bir değişimi göstermektedir. Verici antenden itibaren dışa doğru bir süreksizlik söz konusudur.



Şekil 5. Alan kaynağına olan uzaklık ve EMA güç değişimi

r: Alan kaynağına olan uzaklık

1/r: Tek iletkenli sistemler, uzak alandaki E ve H (genellikle GSM, çağrı cihazları, radyo, TV gibi tüm kablosuz iletişim)

1/r²: İki veya daha fazla iletkenli olan sistemler, yakın alanda B (genellikle binalardaki elektrik hatları ve iletim hatları)

1/r³: Bobinler, yakın alanda B (genel olarak güç aktarımında kullanılan transformatörler, elektrik motorları, jeneratörler) (NARDA, 2009)

Kaynağına yakın alan bir noktada, alan özellikleri kaynak karakteristikleri ile birlikte belirlenmektedir. Eğer kaynak uzak alan bir noktada ise bileşenler alanın yayıldığı ortama bağlıdır. Kaynağa $2D^2/\lambda$ kadar olan mesafeye alan yakın alan olarak tanımlanmaktadır.

Elektromanyetik dalgaların, kaynaktan $2D^2/\lambda$ 'dan daha uzak olduğu mesafede de uzak alan olarak tanımlanır. Bu sebeple yakın alanı ve uzak alanı birbirinden ayıran mesafe $2D^2/\lambda$ denklemi ile verilmektedir.



Şekil 6. Yakın alan uzak alan gösterimi

Yakın alan içerisinde kaynağa olan uzaklık:

- Kaynağın özelliklerine ve kaynaktan olan mesafeye bağlıdır. Eğer kaynak yüksek akım, düşük gerilim özelliğine sahip ise ($E/H < 337\Omega$) manyetik alan baskın olup, kaynaktan uzaklaştıkça $H \sim \frac{1}{r^3}$ ve $E \sim \frac{1}{r^2}$ ile orantılı olarak azalır.
- Eğer kaynak yüksek gerilim, düşük akım özelliğine sahip ($E/H > 337\Omega$) ise elektrik alan baskın olup kaynaktan uzaklaştıkça $H \sim \frac{1}{r^2}$ ve $E \sim \frac{1}{r^3}$ ile orantılı olarak azalır.

Uzak alan içerisinde kaynağa olan uzaklık:

- Ortamın karakteristik empedansına eşittir. Kaynaktan uzak alanda dalga, düzlem dalgaya dönüşür ve böylece hava serbest uzayda dalga empedansı $\frac{E}{H} = z_0 = 377\Omega$ olur.

1.5.4. SAR (Specifi Absorption Rate) Değeri

SAR (Specifi Absorption Rate) Değeri, insan vücudunun kilogram başına Watt olarak absorbe edilen enerji miktarıdır.

$$SAR = \text{Özgül soğurma hızı}$$

Belli bir dokuda SAR doku iletkenliği ve artan yoğunluğa göre;

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad \left\{ \frac{W}{kg} \right\} \quad (9)$$

ile hesaplanır.

SAR değeri için limit değerler;

- 1°C artışı için 4 W/kg güç soğurması gerekmektedir.
- SAR sınır değeri baş için 2 W/kg olarak kabul edilmiştir.
- SAR değeri cep telefonu modeline göre 0,12-1,5 W/kg arasında değişmektedir.

Elektromanyetik dalganın birim yüzeyinden geçen, akış yönüne geçen enerji akısı güç akı yoğunluğunu göstermektedir.

$$S = \frac{EB}{\mu}, \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (10)$$

Avrupa ve Amerika, elektronik cihazların biyomedikal etkileri ve elektromanyetik enerjinin dokulara verdiği zararı üzerine çalışan kuruluşlar bulunmaktadır. 1,0 değerinin üzerindeki değerler yüksek risk taşımaktadır. Amerika’da yasal SAR değeri 1,6 W/kg, Avrupa’da ise yasal sar değeri 2,0 W/kg olarak belirlenmiştir. Ülkemizde SAR değeri 2,0 W/kg olarak belirlenmiştir.

1.5.5. Elektromanyetik Enerji (Poynting Vektörü)

Elektromanyetik enerji, uzayda elektrik alan ve manyetik alan tarafından taşınmaktadır. Yüku bir partikülün ivmeli hareketi elektromanyetik enerji kaynağını oluşturmaktadır.

Bir elektromanyetik alana eşlik eden güç yoğunluğu vektörüdür. Poynting vektörü kapalı bir yüzey üzerinde yüzey integralin, yüzey kuşattığı hacmi terk eden güce eşit olduğu Poynting teoremi olarak bilinir. Bu sonuç düzlem dalgalarında sınırlı değildir ve geneldir. Poynting vektörü $\mathbf{S}$ ile gösterilir ve birimi (W/m^2)’dir.

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (11)$$

ile ifade edilmektedir.

1.6. Elektromanyetik Kirlilik

İnsanoğlu eski çağlarda ateş yakarak bir bilgiyi bir dağdan diğer dağlara aktarırdı. Işık üreten kaynak olarak ateş kullanılmaktaydı. Gelişen iletişim teknolojileri, çeşitli ortamlardan yararlanılarak bilginin iletilmesini sağlamıştır. Teknolojinin bu ilerleyişi insan hayatını kolaylaştırırken, insan sağlığını etkileyecek olumsuz sorunlar oluşturmaktadır.

Bilim ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte sanayi, endüstri ile kentleşmenin beraberinde getirdiği çevre kirliliği, gürültü kirliliği, hava kirliliğinin yanı sıra elektromanyetik kirlilikte yaşamsal öneme sahiptir.

Yaşantımızı kolaylaştıran elektrik ve elektronik cihazlardaki artış canlının doğasını gizliden gizliye tehdit etmekte ve elektromanyetik kirliliğe yol açmaktadır.

1.6.1. Elektromanyetik Kirlilik Kaynakları

Elektromanyetik kirlilik (EMK), iletişim teknolojisi 1990'lı yıllar da TV kanallarının verici istasyonları ile başlatılmıştır. Zaman ilerledikçe cep telefonu istasyonları sayısı hızla artış göstermektedir.

50 Hz frekanslı yüksek gerilim hatları (YGH) etrafında oluşan manyetik alan kaynaklı ve GSM, TV vericileri gibi cihazların oluşturduğu elektrik alan kaynaklı elektromanyetik kirlilik oluşmaktadır. Aynı zamanda ev ve iş yerlerinde kullanılan elektrik ve elektronik cihazlar, elektromanyetik kirlilik oluşturmaktadır.

1.6.2. GSM Sistemleri

1991 yılında kullanılmaya başlanılan 1G GSM sistemi, bilgi alışverişinin hızla artış göstermesi insanların teknoloji ihtiyaçlarının giderilmesi için 2G, 3G, 4G ve 4,5G GSM sistemleri hızla takip etmiştir. GSM hücresel iletişim sistemleri non-iyonize bölgede 800 MHz ile 2600 MHz frekans bandını kullanmaktadır. GSM sistemleri hücresel sistemlerden oluşur. Frekans sınırlı sayıda olması sebebi ile hücre yapısı tasarlanmıştır. Oluşan her hücre bir baz istasyonunda tanımlanan kapsama alana ve kullanıcı kapasitesine ulaşmaktadır.

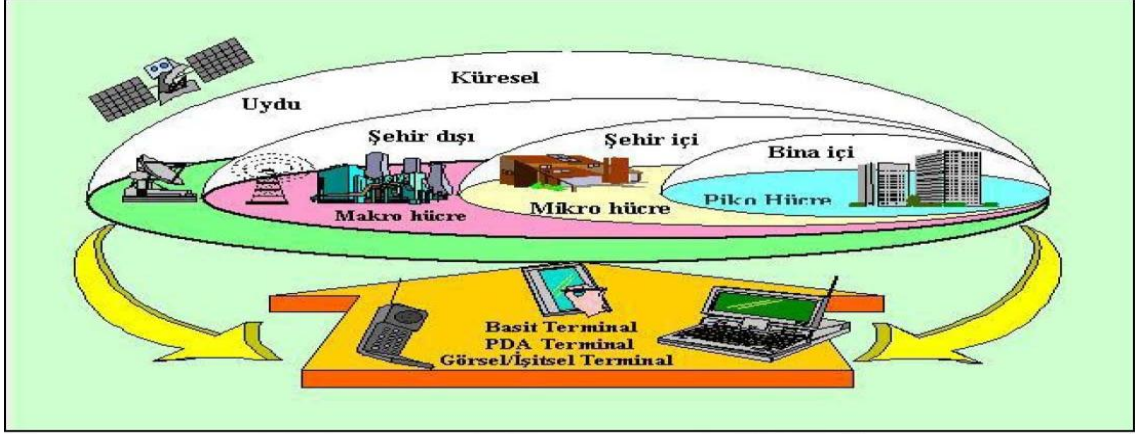
1.6.3. Baz İstasyonları

İletişimin kapsama alanını genişletmek için kurulan, birden fazla anten ile bir çanak antenden oluşan ve mikrodalga yayan bir cihazdır. Baz istasyonları, cep telefonları aboneler arasında iletişim sağlayan bir sistemdir. Her cep telefonu bir tane verici ile iletişim kurmak zorundadır. Günümüzde baz istasyonları farklı yönlerde doğru çevirerek değişik güçlerde yayın yapmasını sağlayan antenler kullanılmaktadır.

GSM sistemi antenin güç düzeyine bağlı üç tip hücre bulunmaktadır.

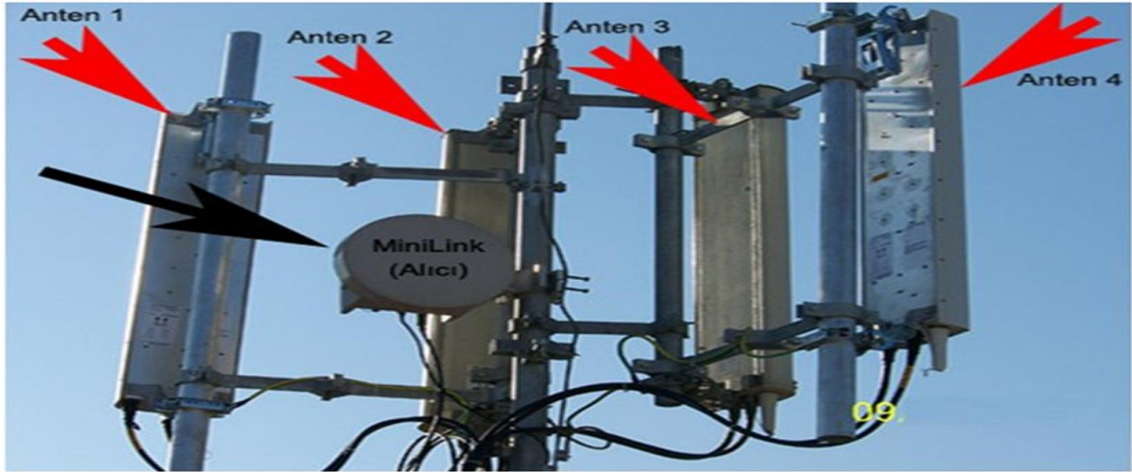
- **Makroseller:** Ana yapıyı oluştururlar. 35 km'lik bir mesafe de bağlantı oluşur. İnsan yaşam olanlarından uzak alanları kapsar.
- **Mikroseller:** Ana ağın etkinliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Şehir içerisinde insan nüfusunun daha seyrek olduğu alanı kapsar.
- **Pikoseller:** Bina içerisine yerleştirilen ve birkaç Watt güçle çalıştırılan baz

istasyonlarıdır. Dar alanlar, sokaklar, tüneller gibi çok düşük şiddetleri kullanılır.



Şekil 7. Makroseller, mikroseller, pikoseller'in gösterimi (URL-4)

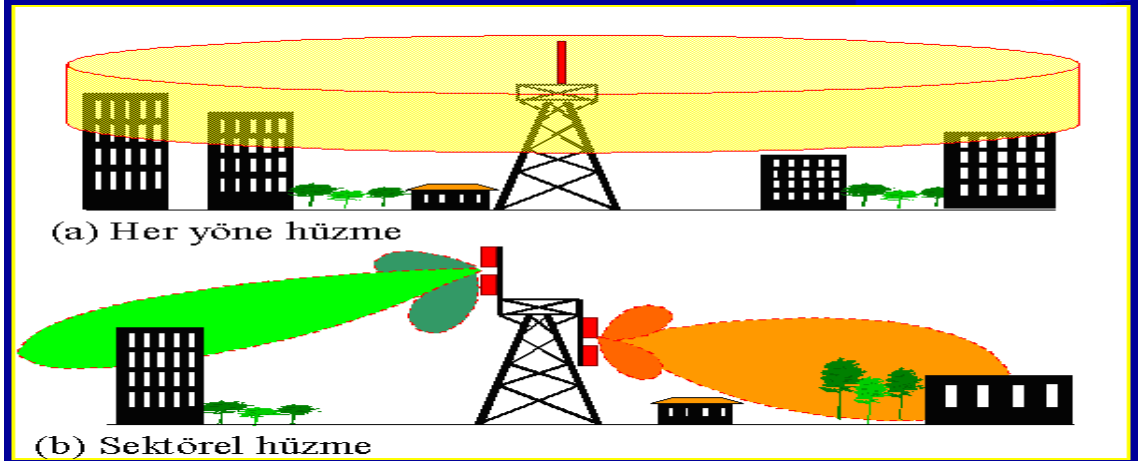
Bina çatılarına kurulan baz istasyonları, beyaz renkli ve kutu şeklinde, 4 metre boyunda, iki çubuk antenle bir antenle bir çanak antenden oluşan cihazlardır.



Şekil 8. Bir baz istasyonundaki antenlerin görüntüsü (URL-5)

Baz istasyonlarındaki antenlerin günlük çıkış mesafesi hesaplanırken antenin güvenlik mesafesi belirlenmektedir. Antenin günlük mesafesi içinde okul, ev, parkların bulunmasına, insanların yaşam alanlarına dikkat edilmektedir. Dikkat edilmediği durumlarda Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu bu istasyonlara izin verilmektedir.

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



Şekil 9. Antenleri geniş huzmeli ve belli bir alana yönelmiş sektörel hüzme (URL-6)

Baz istasyonları ile cep telefonlarının görüşme yapacağı alana hücre adı verilir. Her hücrede bir baz istasyonu bulunur. Baz istasyonları birbirine ağ şeklinde bağlıdır. GSM sistemleri ile baz istasyonlarının iletişimi elektromanyetik dalga ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Baz istasyonlarının yapısı (URL-6)

Baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik alan değişkenlik özelliği gösterip istasyonun kullanım yoğunluğuna göre değişim gösterir. Baz istasyonunun kapasitesi sınırlıdır ve fazla telefon devreye girdiği anda telefonun kapsama alanında olmadığı görülmektedir. Cep telefonların ses ve görüntü dalgalarının alışverişini sağlayan düşük güçlü radyo istasyonlardır.

Cep telefonlarının hızla artışı, kurulan baz istasyonlarının hızlıca artmasına sebep olmaktadır. Her geçen gün hızla çoğalan baz istasyonları Amerikada şehir dışında ve 30m yüksekliğe kurulurken, Türkiye de kurulan baz istasyonları dikkat ve tepki çekmek amaçlı şehir merkezlerinde binaların çatılarında ve birçok yerde kamufle edilerek yerleştirilmiş baz istasyonlarına örnek Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Bina duvarına yapılmış baz istasyonu (URL-7)



Şekil 12. Saat kulesi içerisine yerleştirilmiş baz istasyonu (URL-7)

1.7. Elektromanyetik Kirliliğin Etkileri

Dünyada 5 milyardan fazla kişi cep telefonlu kullanılmaktadır. Cep telefonunun bu hızla artması aynı zamanda baz istasyonlarının da orantılı bir şekilde artmasına sebep olmaktadır.

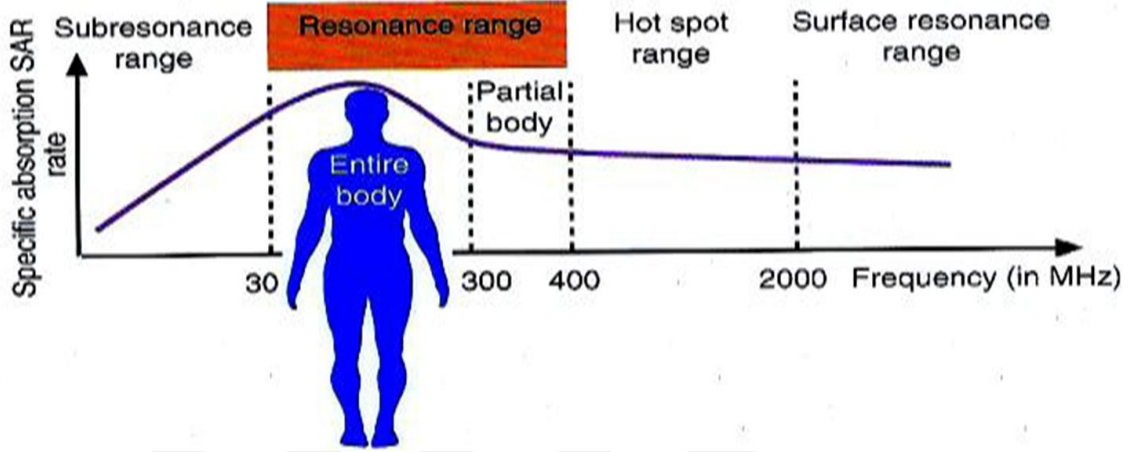
1 MHz ile 10 GHz arasındaki frekanslarda elektromanyetik alanların soğurulmuş enerji ile vücut doku ve ısısını etkilemektedir. Bu tür etkiler normalde EMA günlük maruz kalma yoluyla gerçekleşmez.

Elektromanyetik alanların birincil etkileri düşük ve yüksek frekanslarda insan vücudunu farklı yönlerde etkilemektedir.

- **En fazla 30 MHz:** İnsan vücudunda nüfus derinliği büyüktür, homojen olmayan güç dağılımı
- **30 MHz – 300 MHz:** ‘‘ Rezonans Aralığı’’ dalga boyları insan boyutuna çok yakın. Alan enerjisi büyük ölçüde soğurulmuş ve en düşük limitler bu aralıkta

bulunmuştur.

- **300 MHz – 10GHz:** elektromanyetik alanın insan vücudu içindeki etki derinliği bu aralık içinde azalmaktadır.
- **Aşırı 10 GHz:** vücut yüzeyinde artış bulunmaktadır.



Şekil 13. Vücut absorpsiyon eğrisi

- **1 MHz – 10 MHz arası:** Frekans aralığındaki EMA'ları vücut f dokusuna işlemektedir. İşlemin derinliği yüksek frekanslarda azdır.
- **10 MHz üstü:** Elektromanyetik alanlar dış yüzeyden emilmektedir. Enerjinin sadece küçük bir bölümü alt dokuya geçer. Yüksek alan güçleri katarak veya deri yanması gibi problemleri üretmektedir.
- **30 MHz yukarısı:** Vücuda büyük miktarda emilmiş homojen olmayan dağılım girmektedir.
- **30 MHz – 300 MHz:** Dalga boyları insan boyutuna çok yakındır. Alan enerjisi büyük ölçüde emilmektedir. Bu frekans alanında en düşük sınırlar bulunmaktadır.
- **300 MHz – 10 GHz:** İnsan vücuduna alınan bu EMA miktarı bu alanda azalmaktadır.
- **10 GHz üstü:** Vücut sıcaklığı artmaktadır.

EMA'ların düşük yoğunlukta uzun süreli insan sağlığına etkileri bilimsel çalışmalar WHO tarafından devam etmektedir.

Kan dolaşımı ve ısı iletkenlikte bir vücut parçasını soğurması EMA'ların bir sonucudur. Bir EMA maruz kalındığı zaman; kalp, akciğer, cilt ve iç organlarda zayıf

soğurma; beyinde orta soğurma; lens ve diz kapaklarında ise kuvvetli soğurmalar meydana gelmektedir.

1.8. Dünya Geneline EMA Limitleri Ve Standartları

Elektromanyetik alanlardan insanların korunması için ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen limit değerler oluşturulmuştur. Dünya ülkelerin de bu sınır değerler uygulanmaktadır.

- WHO (World Health Organization)
- ICNIRP (Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu - International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- Avrupa Birliği (EU EMF Recommendation)
- FCC (Federal Communications Commission – Federal Haberleşme Komisyonu)
- ANSI (American National Standards Institute- Amerikan Uluslararası Standartlar Enstitüsü)
- BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu)

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda birçok ülke ICNIRP ve WHO tarafından oluşturulan sınır değerleri uygularken bazı ülkeler Tablo 2’de belirledikleri sınır değerlerini uygulamaktadırlar.

Tablo 2. Ülkelerin frekans ve elektrik alan şiddeti

Ülkeler/Kuruluşlar	Frekans (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti(V/M)
NRBP, 1993 (UK)	900	46
	1800	61
FCC OET 65 (USA) ANSI / IEEE 1992	900	47
	1800	61
CANADA (SC6)	900	41
	1800	61
ICNIRP, 1998 CENELEC, (EU) 1995	900	41
	1800	81
TÜRKİYE 2011/BTK	900	8,25 (Ortam 28,8)
	1800	11,6 (Ortam 40)
İSVİÇRE 2000 / Swiss	900	4
ORNİ	1800	6
İTALYA 1999 /	900	6
DECREE381		20

Amerika Birleşik Devletleri’nde bu sınır değerler FCC (Federal Communications Commission) tarafından belirlenmekte ve bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ve ANSI (American National Standards Institute) tarafından oluşturulan standart değerler temel olarak alınmaktadır. IEEE/ANSI standartları da sınır değerlerin belirlenmesinde yaygın olarak kabul gören ve temel alınan değerlerdir. ICNIRP’ın belirlediği limit değerler ise aşağıdaki Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. ICNIRP limit değerleri (ICNIRP,1998)

Frekans aralığı	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	Güç Yoğunluğu (W/m²)
2-300GHz	61	0,16	0,20	10
400-2000MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$f/200$
10-400MHz	28	0,073	0,092	2
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	0,092	-
0,15-1MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
3-150 kHz	87	5	$0,92/f$	-
0,8-3kHz	$250/f$	5	6,25	-
0,025-0,8kHz	$250/f$	$4/f$	6,25	-
8-25Hz	10000	$4000/f$	$5/f$	-
1-8Hz	10000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
<1Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri hakkında getirilen sınır değerler frekansa göre değişiklik gösterir. Örneğin, baz istasyonlarının çalışma frekansları içine alınan 400 MHz – 2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu’nda yer alan sınır değerler elektrik alan 400 MHz ile 2000 MHz; manyetik alan şiddeti için $0,00375f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu $f/200$ W/m² ifadeleri ile verilmiştir.

Bu ifadeler ile verilen sınır değerler ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Ülkemizde kullanılan hücresel sistemler GSM 900, GSM 1800, UMTS 2100 LTE’dir.

Ülkemizde bu sınır değerler BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) tarafından ICNIRP’nin belirlemiş olduğu sınır değerler esas alınarak oluşturulmuştur. Ortam için izin verilen elektrik alan şiddeti değeri ICNIRP’nin belirlediği limit değerim %70’i hesaplanılarak, bir cihaz için verilen elektrik alan şiddeti ICNIRP’nin belirlediği limit değer %20’si hesaplanılarak oluşturulmuştur. Ortam ve tek bir cihaz için belirlenen değerler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Ortam ve tek bir cihaz için BTK tarafından önerilen limit değerler

Frekans aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)	
	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0,010-0,150	19,3	65,25
0,15-1	19,3	65,25
1-10	$19,3/f^{1/2}$	$65,25/f^{1/2}$
10-400	6,2	21
400-789	$0,305 f^{1/2}$	$1,03f^{1/2}$
790-2000	$0,275 f^{1/2}$	$0,96f^{1/2}$
2000-94000	12,3	42,93

Türkiye’de 16/05/2009 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan ‘‘Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesine İlişkin Yöneltilmelik’’ ile BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) tarafından gerekli teknik ve idari çalışmalar yapılmış olup 17/04/2018 gün ve 30394 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan yönetmeliğin 16. Maddesine göre elektrik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve güç yoğunluğu, ICNIRP’nin belirlediği %70’ini aşmayacak şekilde belirlenmiştir. ICNIRP Limitleri; 900 MHz için 41 V/m, 1800 MHz için 58 V/m’dir. Bu değerler ABD ve Avrupa Birliği üyesi ülkeler dahil 42 ülke tarafından kabul edilmiş değerlerdir. Ülkemizde ise cihaz başına kabul edilen limit değer standartları yaklaşık ¼’üne karşılık GSM 900 MHz için 8,25 V/m, GSM 180 MHz için 11,6 V/m, GSM 2200 MHz için 12 V/m olarak kabul edilmiştir (Resmi Gazete).

BTK’nın 2018’de yayınladığı yöneltilmeliğe göre limit değerler Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. Hücresel sistemlerin BTK yönetmeliğine göre limit değerleri

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

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

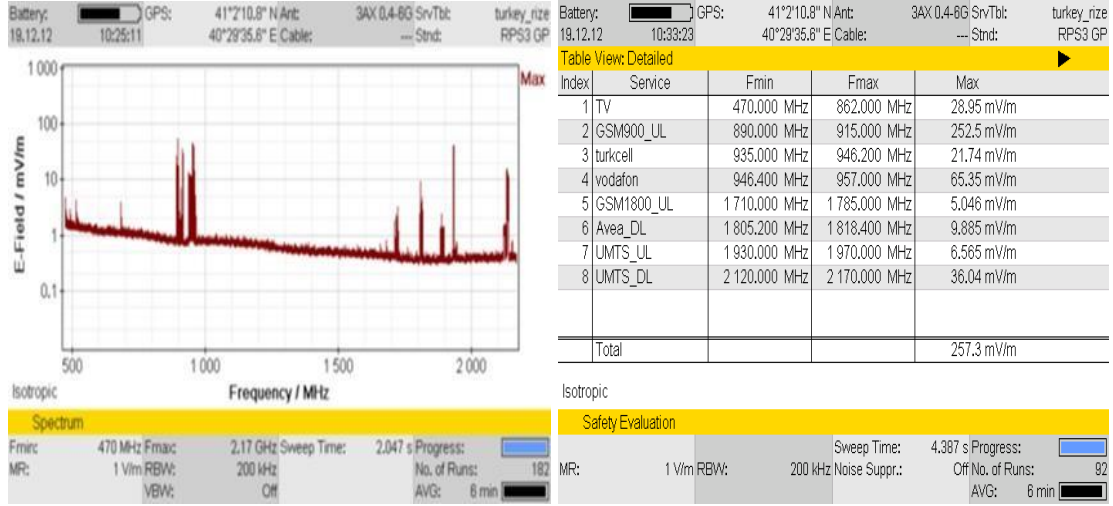
2.1. Elektrik Alan Ölçümünde Kullanılan Cihaz



Şekil 14. Narda SRM-3006 Cihazı

Ölçümlerde Narda SRM (Selektif Radyasyon Metre) 3006 cihazı kullanılmıştır. SRM -3006 ile 9 kHz ile 6 GHz frekans aralığında yüksek frekanslı elektromanyetik alanların güvenlik analizlerini ve çevresel ölçümlerini yapmaya yarayan elde taşınarak kullanılabilen büyüklükte bir frekans seçici ölçüm sistemidir. Bu büyüklükte frekansları olan sinyallerin dijital olarak örneklenmesi çok güç olduğundan, SRM 3006 hem analog hem de dijital sinyal işlemeyi birlikte kullanır. Radyo yayınları, TV, mobil iletişim, radar ve kablosuz iletişim gibi yüksek frekanslı elektromanyetik alanların mutlak ve sınır değerlerinin ölçümü için çok uygundur. Cihazın ölçüm sisteminde elektrik ve manyetik alan değerleri, ortalama ve maksimum olarak alınabilmektedir. Cihazın algıladığı alan değerinde doygunluğa ulaşması ve kararlı hale gelebilmesi için 6 dakikalık ölçüm zamanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ölçümler 6 dakikalık zaman diliminde gerçekleştirilmiştir.

Narda SRM-3006 cihaz ile yapılan ölçümler Şekil 16'da gösterildiği gibi 3 farklı görünümde kaydedilebilmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 15. SRM 3006 cihazı 3 farklı görünüm; (a) Spektrum, (b) Data Tablosu, (c) Bar Grafiği

(a) Spektrum Görünümü: Bu görünümde elde edilen ölçüm sonuçlarında her bir pik bir kaynaktan gelen sinyali temsil eder.

(b) Data Tablosu Görünümü: Bu görünümde elde edilen ölçüm sonuçları sayısal değerlerin sıralanması şeklindedir.

(c) Bar Grafiği Görünümü: Elde edilen ölçüm sonuçlarının sütun grafiği şeklinde gösterilmesidir.

SRM 3006 cihazının standart setinde genellikle bir adet üç eksenli anten bulunmaktadır. Bu üç eksenli anten sayesinde, alanın ölçülecek olan üç mekânsal bileşenin otomatik olarak belirlenmesini sağlayan basit ve hızlı izotropik ölçümler yapılabilmektedir.

Daha düşük frekanslı dalgaların yapılan elektrik ve manyetik alan ölçümleri için ayrıca tek ve üç eksenli antenlerde mevcuttur. Her NARDA anteni RF kablusunun yanı

sıra bir adet kontrol kablosu ile beraber gelir. Bu kabloda çok uçlu konektör yardımıyla cihaza bağlanılarak (tip, seri numarası, kalibrasyon tarihi, anten faktörlerinin listesi gibi) anten faktörlerini cihaza aktarır; böylece SRM 3006 bu veriyi, tanır ve kullanır.

2.2. Çalışma Alanı Ve Ölçüm Metodu

Çalışma alanımız, Bayburt ili Demirözü ilçesi Beşpınar beldesi ve çevresidir. Bu çevrede nüfus miktarının yaz aylarında artmakta olup bölgede hayvancılık ve arıcılık faaliyetleri yoğun olarak yapılmaktadır. Ayrıca bölgede Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi tarafından “İyonize Olmayan Elektromanyetik Alanların Bal Arıları Ve Bal Üretimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” konulu proje çalışması yapılması, bölgenin elektromanyetik kirlilik açısından incelenmesi değerlendirilmesinde önem kazanmış ve bu tez çalışmasının yapılması planlanmıştır.

Çalışma alanına ait birkaç görüntü Şekil 17 ve Şekil 18’de verilmektedir. Bu alanda bahsi geçen alan kaynaklarının oluşturduğu elektromanyetik kirliliği belirleyen alan değerlerine ait ölçümler yapılmıştır.



Şekil 16. Belde'nin kuzey tarafından görünümü



Şekil 17. Belde'nin güney tarafından görünümü

Ölçümler, belde nüfusunun kalabalık olduğu 2017 yaz döneminde (Haziran, Temmuz, Ağustos) yapılmıştır.

Belde ve etrafında 11 nokta belirlenmiş olup, bu noktalarda kullanım yoğunluğu düşünülerek günün dört farklı zaman diliminde (sabah, öğle, akşam, gece) 6 dakikalık periyotlarda elektrik alan şiddetinin maksimum değerleri ölçülmüştür. Ölçümler 08/06/2017 tarihlerinde başlayıp 28/08/2017 tarihinde tamamlanmıştır.

Ölçümlerde frekans 470 MHz ile 2,16 GHz aralığında bant genişliği ise 200kHz olarak belirlenmiştir. Alınan ölçümler, NARDA 3006 SRM TOOLS yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. 11 ayrı noktada yapılan ölçümlerin tablo, spektrum ve bar grafiği görüntülerinin her biri için alınan kayıtlar oldukça fazla veri bilgisi oluşturulmuştur. Seçilen frekans aralığı bölgesi içinde gruplanan iletişim frekans aralıkları Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Frekans aralıkları ve kanallar

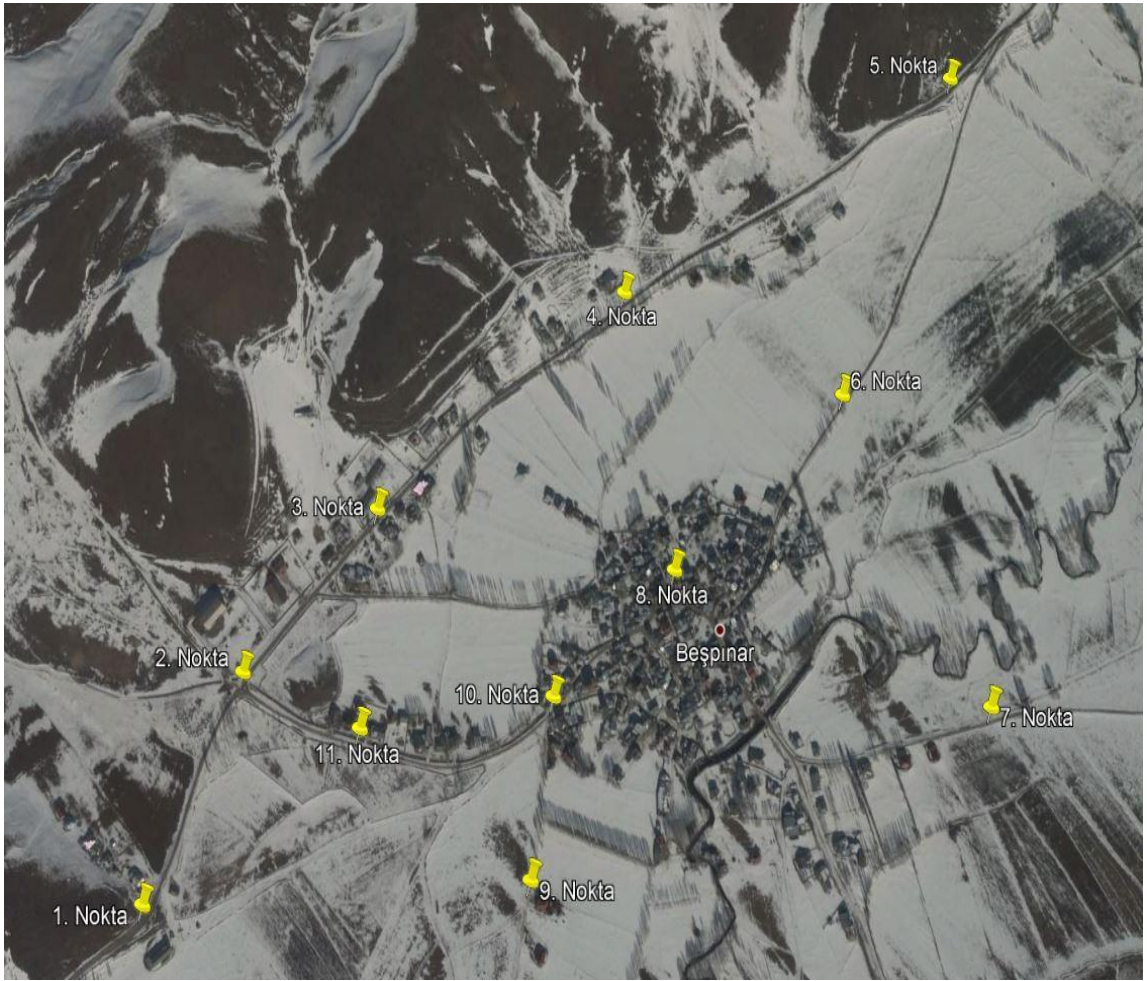
Frekans Aralıkları (MHz)	Kanallar
791 – 821	3Gpp Band 20 Down- LTE Band 20 Down
832 – 862	3Gpp Band 20 Up- LTE Band 20 Up GSM-R Up
876 – 880	GSM-R Up
880 – 890	E-GSM Up -3Gpp Band 8 Up-3G Class 9 Up-LTE Band 8 Up
890 – 915	P-GSM Up -3Gpp Band 8 Up-3G Class 9 Up-LTE Band 8 Up
921 – 925	GSM-R Down
925 – 935	E-GSM Down -3Gpp Band 8 Down-3G Class 9 Down-LTE Band 8 Down
935 – 960	P-GSM Down -3Gpp Band 8 Down-3G Class 9 Down-LTE Band 8 Down
1710 – 1785	DCS 1800 Up-3Gpp Band III Up-3G CLASS 8 Up- LTE Band 3Up
1805 – 1880	3Gpp Band III Down-DCS 1800 Down-3G Class 8 Down-LTE Band 3 Down
1920 – 1980	3Gpp Band I Up-LTE Band 1 Up
2010 – 2025	LTE Band 34
2110 – 2170	3Gpp Band I Down-LTE Band 1 Down

Çalışmada; elektrik alan şiddetinin maksimum değeri, elektrik alan şiddetinin maksimum ortalama değeri, manyetik alanların ve güç yoğunluklarının zamanla değişimleri tablo ve grafiksel olarak gösterilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Elektrik Alan Şiddeti Ölçümleri

Ölçümler, Bayburt İli Demirözü İlçesi Beşpınar Beldesi'nde gerçekleştirilmiştir. Belde etrafında belirlenen 11 konum belde nüfusunu yoğun olduğu, arıcılık ve hayvancılık çalışma alanlarının olduğu bölgelerdir. Bölgede yürütülen proje kapsamında deney noktaları ölçüm noktaları olarak ele alınmıştır. Yapılan bu ölçümler belde haritası üzerindeki konumları Şekil 19'da verilmektedir.



Şekil 18. Ölçüm alınan noktaların harita üzerindeki konumları

Ölçümü yapılan 11 noktanın bulundukları konum numaraları ve koordinat bilgileri Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Ölçüm yapılan konumların koordinat bilgileri

Konum	Koordinatlar	
	Enlem	Boylam
1	40°1'57.2"	39°50'25.6"
2	40°2'14.3"	39°50'41.2"
3	40°2'20.4"	39°50'50.8"
4	40°2'28.8"	39°51'06.8"
5	40°2'33.4"	39°51'20.3"
6	40°2'39.8"	39°51'37.2"
7	40°2'24.1"	39°51'24.3"
8	40°2'01.5"	39°51'25.8"
9	40°2'20.1"	39°51'12.4"
10	40°2'11.6"	39°51'03.2"
11	40°2'17.2"	39°51'10.5"

3.2. Ölçümlerde Elde Edilen Veriler

Bayburt İli Demirözü İlçesi Beşpınar Beldesi'ndeki elektrik alan şiddeti ölçümleri 11 farklı konumda haziran, temmuz ve ağustos ayları içinde gerçekleştirilmiştir. Cihazın ölçüm süresi boyunca aldığı veriler Excel dosyası olarak kaydedilmiştir. Bu veriler bilgisayar ortamına transfer edilip günün dört farklı zaman diliminde alınan ölçümler için değerlendirilmiştir. Frekans bantlarına göre oldukça fazla olan verilerden maksimum olan değerler seçilip tablolar oluşturulmuştur.

3.2.1. Haziran Ayı Ölçümleri

Haziran ayında bal arılarının elektromanyetik alanlardan etkilenip etkilenmediğinin incelenmesi için başlatılan projenin kurulum ve ölçüm çalışmalarının başlamasından ötürü öğlen saatinde tek seferlik elektrik alan şiddeti ölçümü yapılmıştır. Öğlen saatinde yapılan ölçüm sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Haziran ayı ölçülen elektrik alan değerleri

Konum	E _{max} (V/m)
1	0,7443
2	0,2003
3	0,5698
4	0,0313
5	0,0536
6	0,1280
7	0,0555
8	0,6961
9	0,2005
10	0,1815
11	0,5585

Belirlenen konumlarda yapılan elektrik alan şiddetinin maksimum ölçüm verilerinden faydalanarak manyetik alan ve güç yoğunluğu verileri Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Haziran ayı ölçülen manyetik alan değerleri

Konum	H _{max} (mA/m)
1	1,9742
2	0,5313
3	1,5114
4	0,0830
5	0,1421
6	0,3395
7	0,1472
8	1,8646
9	0,5318
10	0,4814
11	1,4814

Tablo 10. Haziran ayı ölçülen güç yoğunluğu değerleri

Konum	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
1	1,4694
2	0,1064
3	0,8612
4	0,0025
5	0,0076
6	0,0434
7	0,0081
8	1,2852
9	0,1066
10	0,0877
11	0,8273

Belirlenen konumlarda alınan elektrik alan şiddetinin maksimum noktalarında ölçülen değerlere karşılık gelen frekans bant aralığı Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Haziran ayı konumlara göre elektrik alan ve frekans bant aralığı

Konum	E _{max} (V/m)	Frekans Bant Aralığı
1	0,7443	925-935
2	0,2003	1805-1880
3	0,5698	1805-1880
4	0,0313	925-935
5	0,0536	925-935
6	0,1280	925-935
7	0,0555	1805-1880
8	0,6961	1805-1880
9	0,2005	1805-1880
10	0,1815	1920-1980
11	0,5585	1920-1980

3.2.2. Temmuz Ayı Ölçümleri

Temmuz ayında elektrik alan şiddetinin maksimum değerleri günün dört farklı zaman diliminde alınmıştır. Sabah saati 08:00 – 10:00, öğlen saati 13:00 – 15:00, akşam saati 17:00 – 19:00 ve gece 22:00 – 24:00 saatleri arasında belde merkezi ve etrafında belirlenen konumlarda SRM 3006 cihazı ile 6 dakikalık elektrik alan ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 12’de verilmektedir

Tablo 12. Temmuz ayı gün içerisinde ölçülen elektrik alan değerleri

Konum	$E_{\max}$ (V/m)			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,0587	0,0837	0,0647	0,1437
2	0,0740	0,0597	0,0707	0,0545
3	0,1248	0,3047	0,4428	0,7565
4	0,0998	0,1528	0,2505	0,1312
5	0,2863	0,4466	0,3993	0,1388
6	0,8974	0,5652	0,3216	0,8007
7	0,4973	0,8318	0,6947	0,4782
8	0,1898	0,5682	0,5231	0,2566
9	0,2219	0,9945	0,1850	0,2955
10	0,2829	0,3293	0,2312	0,1026
11	---	0,1441	0,0317	---

Günün dört farklı zaman diliminde elde edilen elektrik alan şiddeti hesaplanmış ve değerler kullanılarak manyetik alan ve güç yoğunluğu verileri hesaplanmış, elde edilen veriler Tablo 13 ve Tablo 14’te verilmektedir.

Tablo 13. Temmuz ayı gün içerisinde ölçülen manyetik alan değerleri

Konum	H – Alan (mA/m)			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,1550	0,2220	0,1716	0,3811
2	0,1962	0,1583	0,1875	0,1445
3	0,3310	0,8082	1,1745	2,0066
4	0,2647	0,4053	0,6644	0,3480
5	0,7522	1,1846	1,0591	0,3681
6	2,2803	1,4992	0,8530	2,1238
7	1,3190	2,2063	1,8427	1,2684
8	0,5034	1,5071	1,3875	0,6806
9	0,5885	2,6379	0,4907	0,7838
10	0,7504	0,8734	0,61326	0,2721
11	---	0,3822	0,0840	---

Tablo 14. Temmuz ayı gün içerisinde ölçülen güç yoğunluğu değerleri

Konum	Güç Yoğunluğu (W/m ²)			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,0091	0,0185	0,0111	0,0547
2	0,0145	0,0094	0,0132	0,0078
3	0,0413	0,0094	0,5200	1,5180
4	0,0264	0,0619	0,1664	0,4565
5	0,2174	0,5290	0,4229	0,0511
6	2,1361	0,8473	0,2743	1,7005
7	0,6559	1,8352	1,2801	0,6065
8	0,0955	0,8563	0,7258	0,1746
9	0,1306	2,6234	0,0907	0,2316
10	0,2122	0,2876	1,4178	0,0279
11	---	0,0550	2,6654	---

Belirlenen konumlarda sabah, öğlen, akşam ve gece saatlerinde yapılan elektrik alan şiddetin maksimum olduğu noktalara karşılık gelen frekans bant aralıkları tespit edilerek Tablo 15’te verilmektedir.

Tablo 15. Temmuz ayı konumlara göre elektrik alan frekans bant aralığı

Konum	Sabah		Öğle		Akşam		Gece	
	$E_{\max}$ (V/m)	Frekans aralığı	$E_{\max}$ (V/m)	Frekans aralığı	$E_{\max}$ (V/m)	Frekans aralığı	$E_{\max}$ (V/m)	Frekans aralığı
1	0,0587	925-935	0,0837	925-935	0,0647	925-935	0,1436	1920-1980
2	0,0740	1920-1980	0,0597	1920-1980	0,0706	1920-1980	0,0544	1920-1980
3	0,1248	1920-1980	0,3047	1920-1980	0,4427	1920-1980	0,7565	1920-1980
4	0,0998	1920-1980	0,1528	1920-1980	0,2505	1920-1980	0,1312	1920-1980
5	0,2863	1805-1880	0,4466	1920-1980	0,3993	1805-1880	0,1387	1805-1880
6	0,8974	1805-1880	0,5652	1805-1880	0,3215	1805-1880	0,8006	1805-1880
7	0,4973	1920-1980	0,8318	1805-1880	0,6947	1805-1880	0,4781	1920-1980
8	0,1898	1920-1980	0,5682	1920-1980	0,5231	1920-1980	0,2565	1920-1980
9	0,2219	1920-1980	0,9945	1920-1980	0,1850	1920-1980	0,2955	1920-1980
10	0,2829	890-915	0,3293	890-915	0,2312	935-960	0,1025	1920-1980
11	---	---	0,1441	1805-1880	0,0316	935-960	---	---

Temmuz ayında belirlenen konumlarında, gün içerisinde alınan elektrik alan değerlerinin maksimum ortalama değerleri hesaplanılarak bu değerlere karşılık gelen manyetik alan ve güç yoğunluğunun maksimum olduğu veriler Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 16. Temmuz atı elektrik alan maksimum ortalama değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğu maksimum değerleri

Konum	$E_{\max ort}$ (V/m)	$H_{\max}$ (mA/m)	$S_{\max}$ (W/m ²)
1	0,0877	0,2326	0,0204
2	0,0646	0,1715	0,0110
3	0,4071	0,1080	0,4396
4	0,1585	0,4206	0,0666
5	0,3177	0,8427	0,2677
6	0,6461	1,7130	1,1074
7	0,6254	1,6590	1,0375
8	0,3844	1,0196	0,3919
9	0,4242	1,1252	0,4773
10	0,2364	0,6272	0,1482
11	0,0878	0,2330	0,0204

3.2.3. Ağustos Ayı Ölçümleri

Ağustos ayında elektrik alan şiddetinin maksimum değerleri günün dört farklı zaman diliminde alınmıştır. Sabah saati 08:00 – 10:00, öğlen saati 13:00 – 15:00, akşam saati 17:00 – 19:00 ve gece 22:00 – 24:00 saatleri arasında belde merkezi ve etrafında belirlenen konumlarda SRM 3006 cihazı ile 6 dakikalık elektrik alan ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17. Ağustos ayı konumlara göre elektrik alan ölçüm değerleri

Konum	$E_{\max} - \text{Alan (V/m)}$			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,0437	0,0714	0,1810	0,0779
2	0,0389	0,0961	0,1046	0,0814
3	0,1008	0,5321	0,1533	0,1878
4	0,0723	0,0689	0,4895	0,0912
5	0,8181	0,6984	0,3389	0,4785
6	0,6116	1,3007	0,5482	0,6610
7	0,0539	0,0859	0,1084	0,2049
8	0,2239	0,2302	0,5073	0,3328
9	0,4173	0,2408	1,3228	1,1442
10	0,2096	0,1779	0,2200	0,0869
11	0,2845	0,0636	0,0541	0,0507

Günün dört farklı zaman diliminde elde edilen elektrik alan şiddeti hesaplanmış, değerler kullanılarak manyetik alan ve güç yoğunluğu verileri hesaplanmış, elde edilen veriler Tablo 18 ve Tablo 19’da verilmektedir.

Tablo 18. Ağustos ayı konumlara göre manyetik alan ölçüm değerleri

Konum	$H - \text{Alan (mA/m)}$			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,1159	0,1893	0,4801	0,2066
2	0,1031	0,2549	0,2774	0,2159
3	0,2673	1,4114	0,4066	0,4981
4	0,1917	0,1822	1,2984	0,2419
5	2,1700	0,1827	0,8989	1,2692
6	1,6222	0,7976	1,4541	1,7533
7	0,1429	0,2278	0,2875	0,5435
8	0,5938	0,6106	0,1345	0,8827
9	1,1068	0,6387	3,5087	3,0350
10	0,5559	0,4718	0,5835	0,2305
11	0,7546	0,1687	0,1435	0,1344

Tablo 19. Ağustos ayı gün içerisinde ölçülen güç yoğunluğu değerleri

Konum	Güç Yoğunluğu (W/m ²)			
	Sabah	Öğlen	Akşam	Gece
1	0,0050	0,0113	0,0868	0,0160
2	0,0040	0,0244	0,0290	0,0175
3	0,0269	0,7510	0,0623	0,0935
4	0,0138	0,0125	0,6355	0,0220
5	1,7752	0,0125	0,3046	0,6073
6	0,9921	0,2398	0,7971	1,1589
7	0,0077	0,0195	0,0311	0,1113
8	0,1329	0,1405	0,6826	0,2937
9	0,4619	0,1538	4,6413	3,4726
10	0,1165	0,0839	0,1283	0,0200
11	0,2146	0,0107	0,0077	0,0068

Belirlenen konumlarda sabah, öğlen, akşam ve gece saatlerinde yapılan elektrik alan şiddetinin maksimum olduğu noktalara karşılık gelen frekans bant aralıkları tespit edilerek Tablo 20’de verilmektedir.

Tablo 20. Ağustos ayı konumlara göre elektrik alan ve frekans bant aralığı

Sabah			Öğle		Akşam		Gece	
Konum	$E_{\max}(\text{V/m})$	Frekans aralığı	$E_{\max}(\text{V/m})$	Frekans aralığı	$E_{\max}(\text{V/m})$	Frekans aralığı	$E_{\max}(\text{V/m})$	Frekans aralığı
1	0,0437	925-935	0,0714	925-935	0,1810	2412-2484	0,0779	1920-1980
2	0,0389	925-935	0,0961	925-935	0,1046	1920-1980	0,0814	925-935
3	0,1008	2412-2484	0,5321	925-935	0,1533	2412-2484	0,1878	925-935
4	0,0723	925-935	0,0689	925-935	0,4895	1920-1980	0,0912	2412-2484
5	0,8181	1805-1880	0,6984	1805-1880	0,3389	2412-2484	0,4785	1805-1880
6	0,6116	1805-1880	1,3007	1805-1880	0,5482	1920-1980	0,6610	1805-1880
7	0,0539	1805-1880	0,0859	1920-1980	0,1084	2412-2484	0,2049	1920-1980
8	0,2239	1805-1880	0,2302	1805-1880	0,5073	1920-1980	0,3328	1805-1880
9	0,4173	925-935	0,2408	925-935	1,3228	890-915	1,1442	2412-2484
10	0,2096	1805-1880	0,1779	925-935	0,2200	1920-1980	0,0869	925-935
11	0,2845	925-935	0,0636	925-935	0,0541	935-960	0,0507	935-960

Ağustos ayında belirlenen konumlarda, gün içinde ölçülen elektrik alan şiddet verilerinin maksimum ortalama değerleri alınarak manyetik alan ve güç yoğunluğunun maksimum olduğu değerler bulunmuştur. Elde edilen veriler Tablo 21’de verilmektedir.

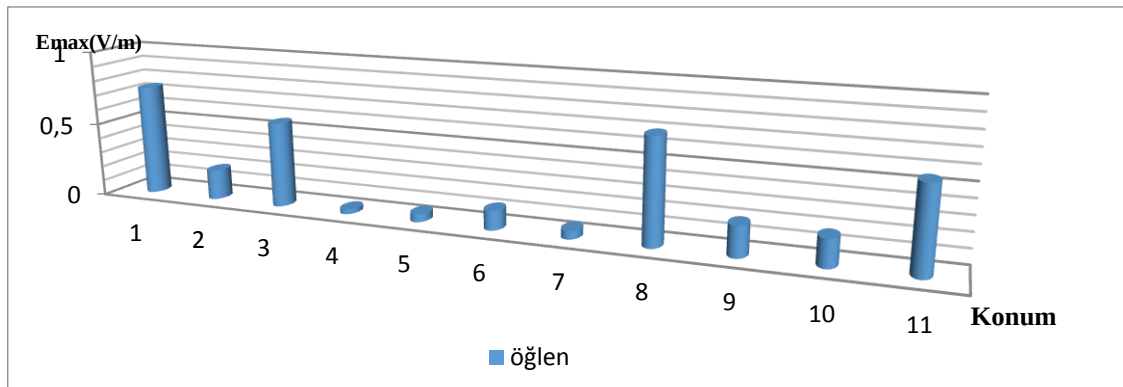
Tablo 21. Ağustos ayı elektrik alan ortalama maksimum değeri, manyetik alan, güç yoğunluğu veriler

Konum	$E_{\max\text{ort}}$ (mV/m)	H(mA/m)	S(W/m ²)
1	0,0935	0,2481	0,0232
2	0,0803	0,2130	0,1710
3	0,2435	0,6460	0,1573
4	0,3433	0,9106	0,3126
5	0,5835	1,5478	0,9031
6	0,7804	2,0700	1,6155
7	0,2346	0,6223	0,1460
8	0,3237	0,8586	0,2779
9	0,7813	2,0725	1,6193
10	0,1736	0,4605	0,0799
11	0,1132	0,3004	0,0340

3.3. Sonuçların Grafikselsel Gösterimi

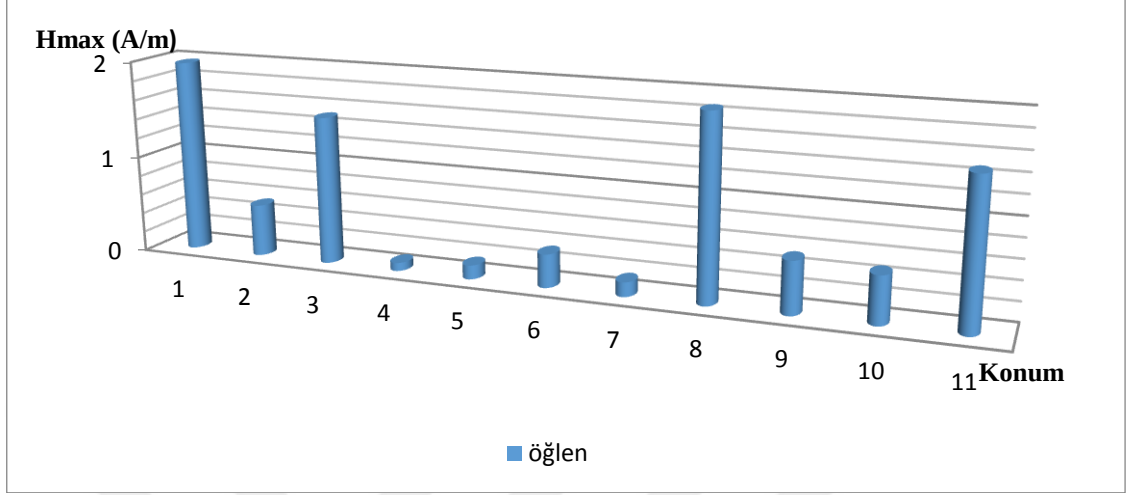
3.3.1. Haziran Ayı Ölçüm Grafikleri

Belirlenen konumlarda yapılan ölçümlerde bulunan maksimum elektrik alan değerlerinin ölçüm noktalarına göre çizilen değişim grafiği Şekil 19’de verilmektedir.

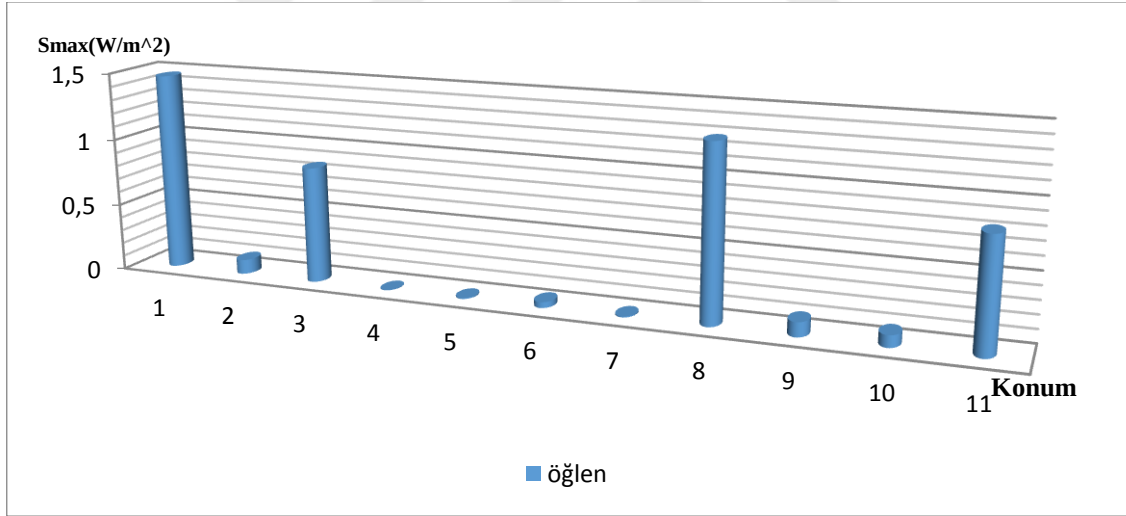


Şekil 19. Haziran ayı içerisinde ölçülen elektrik alanının maksimum değerlerinin konuma göre değişimi

Sayfa 14’te verilen $H = E/Z_0$ bağıntısından hesaplanan manyetik alan değerleri ile Denklem 11’de verilen güç yoğunluğu değerlerine ait değişim grafikleri Şekil 20 ve Şekil 21’de verilmektedir.



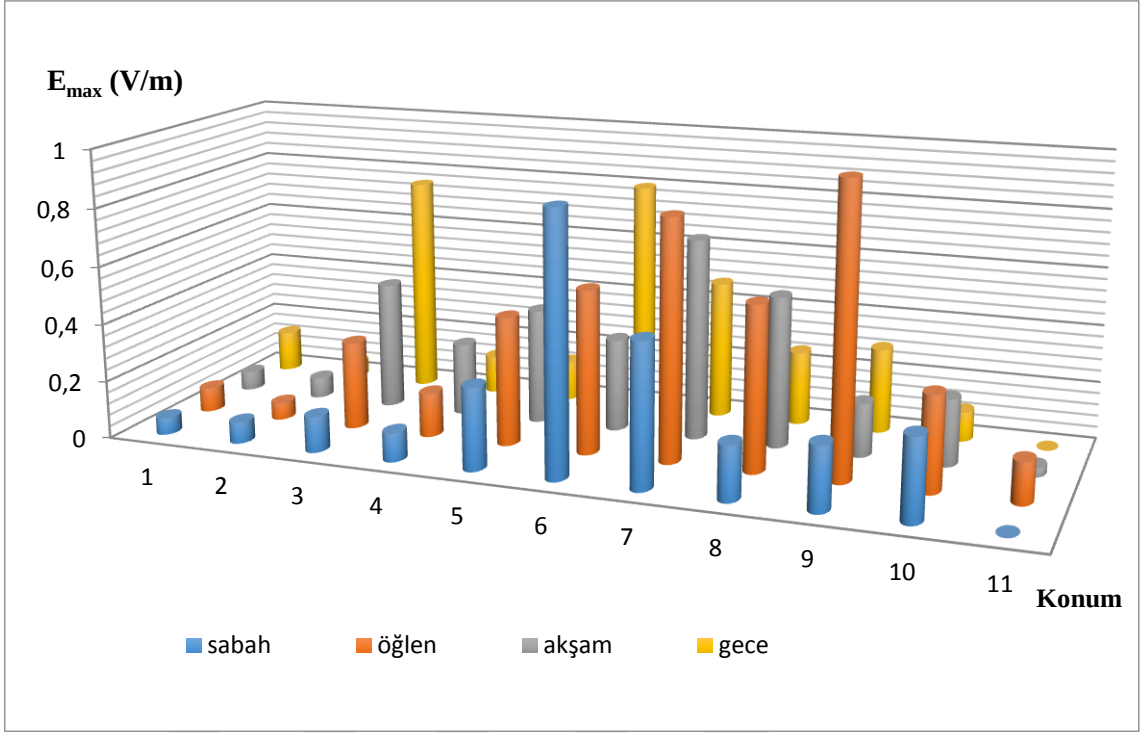
Şekil 20. Manyetik alanın konuma göre değişimi



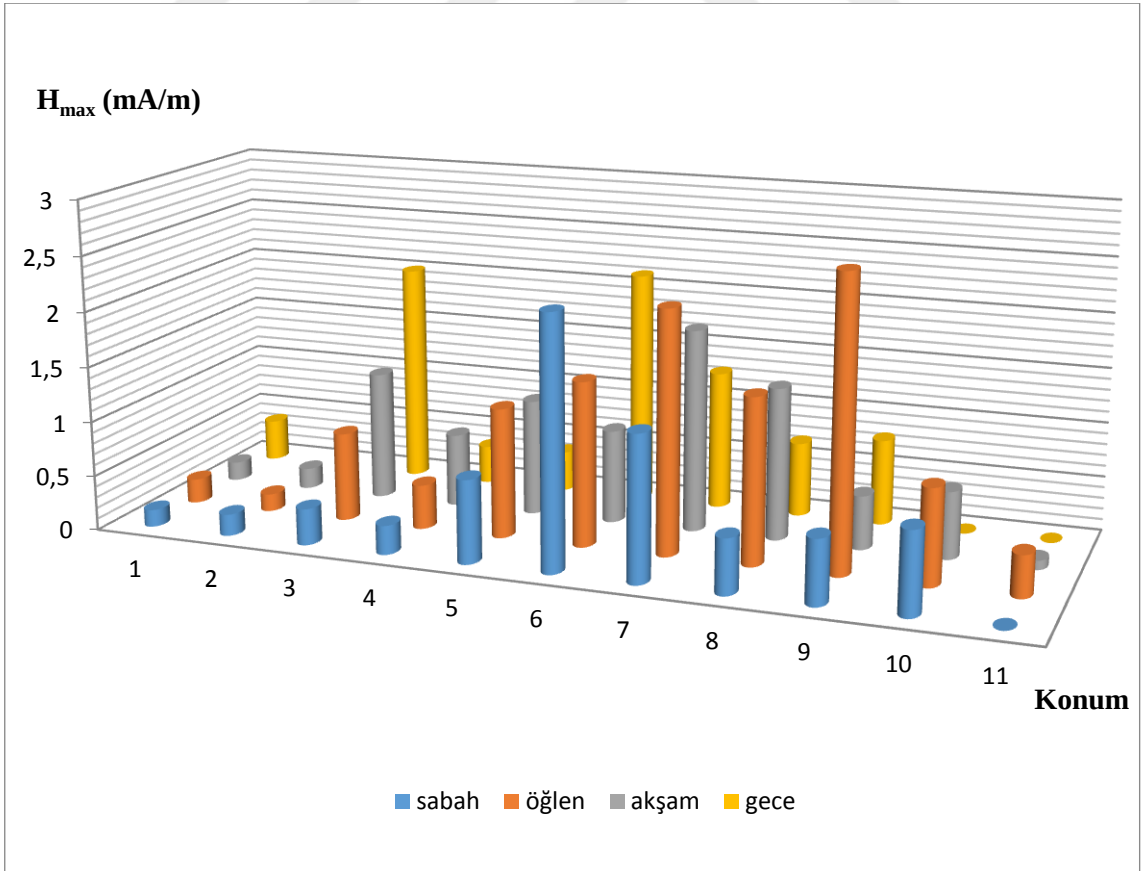
Şekil 21. Güç yoğunluğunun konuma göre değişimi

3.3.2. Temmuz Ayı Ölçüm Grafikleri

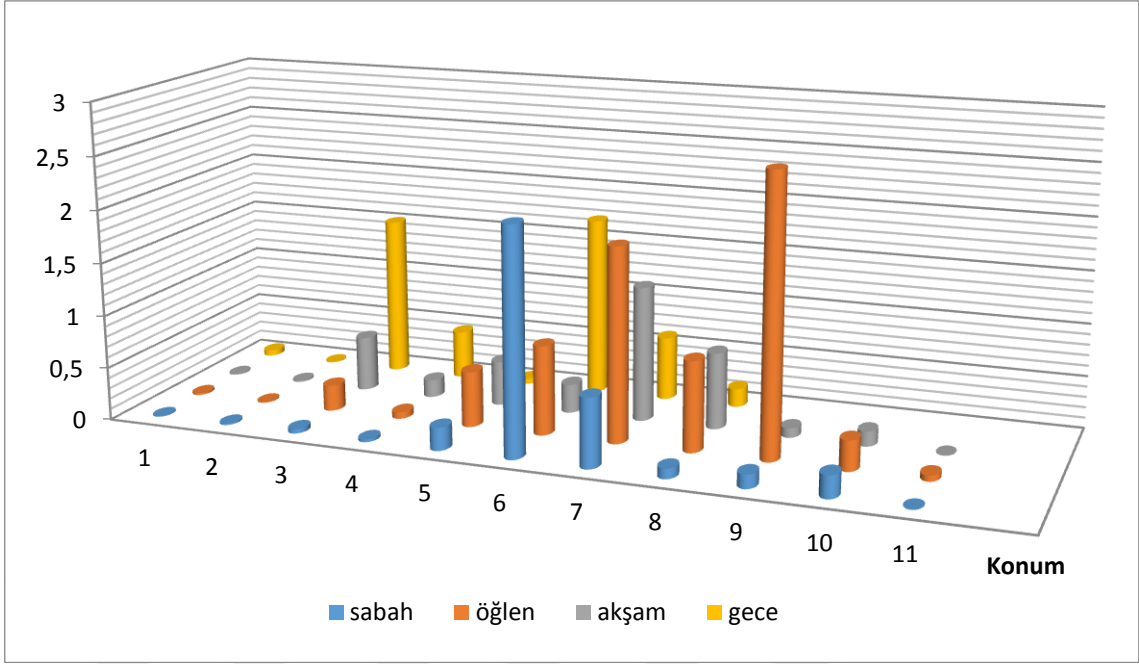
Temmuz ayında belirlenen konumlarda gün içerisinde dört kez tekrarlanılarak yapılan ölçüm sonuçlarının elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 22, Şekil 23 ve Şekil 24’te verilmektedir.



Şekil 22. Elektrik alan maksimum değerinin belirli vakitlerde konuma göre değişim

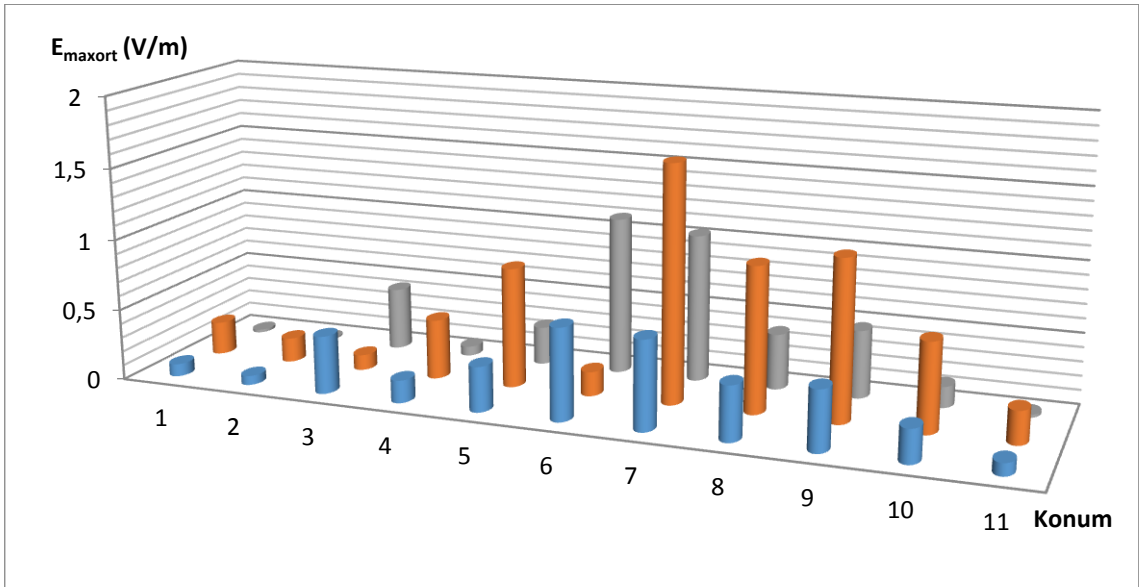


Şekil 23. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatine göre değişimi



Şekil 24. Hesaplanan güç yoğunluğunun ölçüm saatine göre değişimi

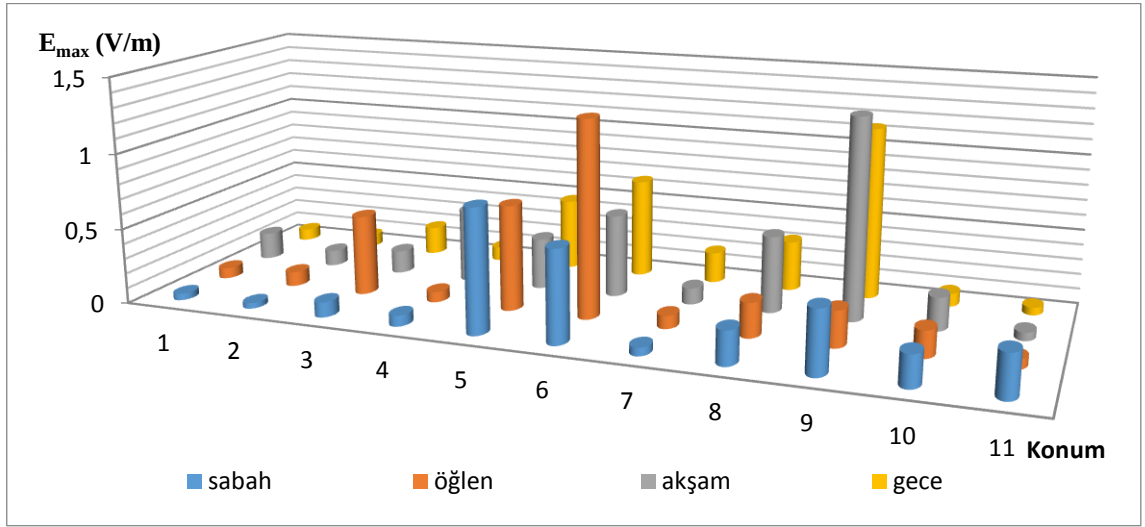
Temmuz ayı gün içerisinde dört kez tekrarlanılarak yapılan maksimum elektrik alan şiddet değerlerinin gün ortalama değerleri hesaplanılarak, maksimum manyetik alan ve maksimum güç yoğunluğu verilerinin ölçüm saatine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 25'te verilmektedir.



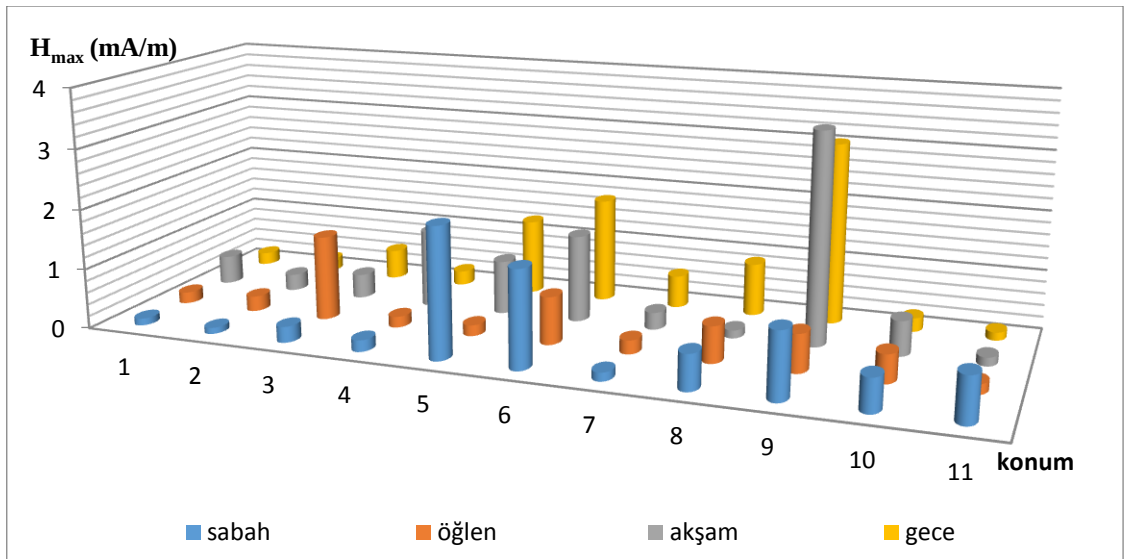
Şekil 25. Hesaplanan elektrik alanın maksimum ortalama değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişim grafiği

3.3.3. Ağustos Ayı Ölçüm Grafikleri

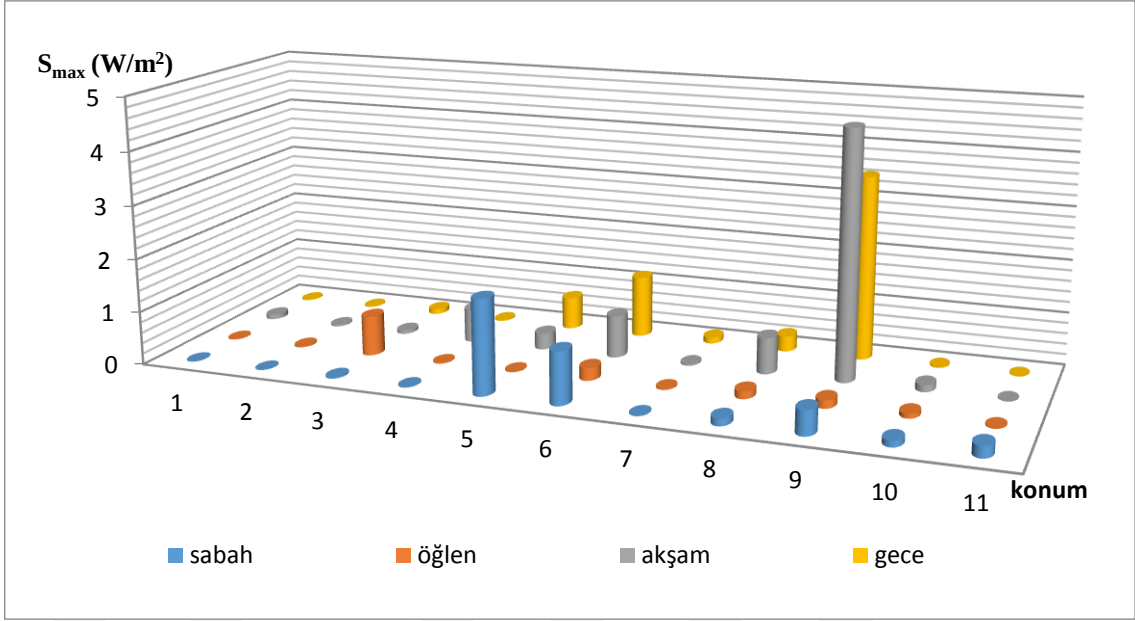
Ağustos ayı belirlenen konumlarda gün içerisinde sabah, öğlen, akşam ve gece olmak üzere ölçülen elektrik alan değerlerinin ölçüm sonuçlarının, elektrik alan şiddetinin maksimum değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğunun maksimum olduğu noktaların ölçüm saatlerine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 26 Şekil 27 ve Şekil 28’de verilmektedir.



Şekil 26. Elektrik alan maksimum değerlerinin ölçüm saatine göre değişimi

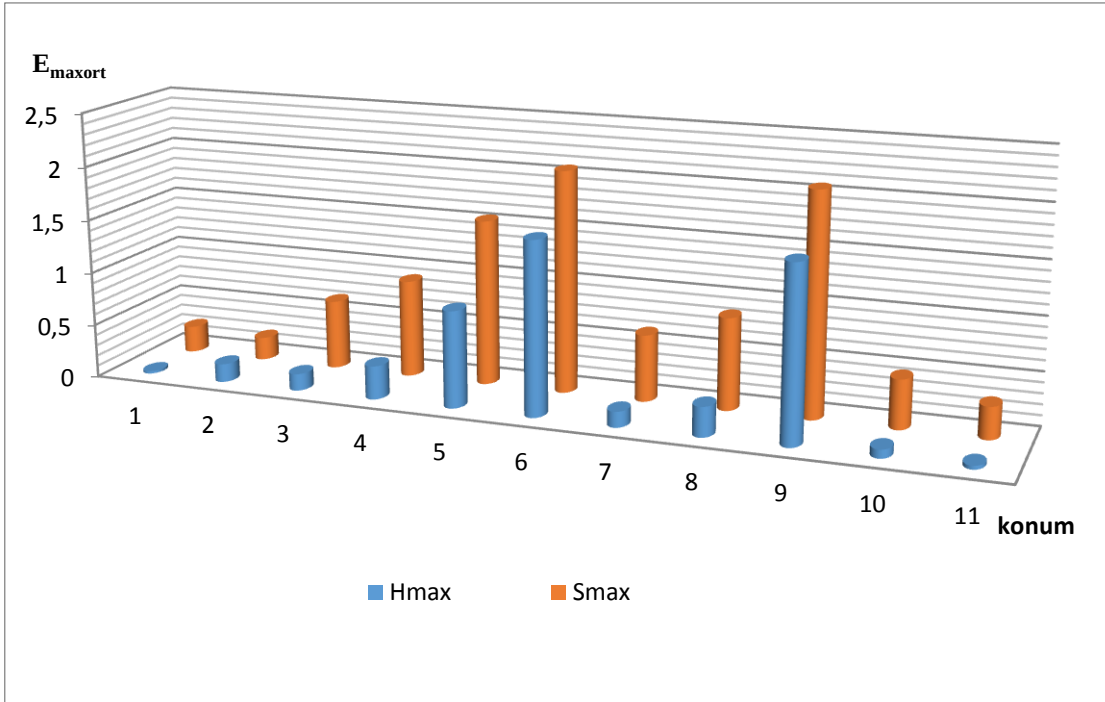


Şekil 27. Hesaplanan manyetik alanın ölçüm saatine göre değişimi



Şekil 28. Hesaplanılan güç yoğunluğunun ölçüm saatine göre değişimi

Ağustos ayı içerisinde dört kez tekrarlanılarak yapılan maksimum elektrik alan şiddet değerlerinin gün ortalama değerleri hesaplanılarak, maksimum manyetik alan ve maksimum güç yoğunluğu verilerinin ölçüm saatlerine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 29’da verilmektedir.



Şekil 29. Hesaplanılan elektrik alanın maksimum ortalama değeri, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatlerine göre değişim grafiği

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Bayburt ili Demirözü ilçesine bağlı Beşpınar beldesinde elektromanyetik alan değerlerinin incelemesi yapılmıştır. Belde etrafında belirlenen 11 farklı konumda sabah, öğle, akşam ve gece saatlerinde beldede yaşayan insanların elektrik ve elektronik cihazları kullanım yoğunluğu düşünülerek farklı saatler de SRM–3006 (Selektif Radyasyon Metre) cihazı ile çevresel ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar ICNIRP ve BTK tarafından ilan edilen standart değerler ile karşılaştırılmıştır

Beldede hayvancılık ve arıcılık faaliyetleri sebebiyle yaz aylarında yaşanan nüfus artışı Elektromanyetik Alanların kullanım yoğunluğunu da arttırmış olup daha önce bahsedilen arılar üzerinde planlanan kaynaklı alan değerlendirilmelerinde düşünülürse ölçümler daha bir önem kazanmıştır.

Yapılan tez çalışmasında alınan ölçümler günün farklı saatlerinde ve farklı zaman dilimlerinde değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ülkemizde bu sistemlerin kurulumu ve işleyişinin takibini yapan BTK'nın Tablo 3 ve Tablo 4'te verilen standartlarına göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme 3. bölümde hazırlanan tablo ve çizilen grafiklere göre yapılmıştır. Elektromanyetik alanın elektrik alan bileşeninin büyüklüğü temelinde yapılırsa da ortamda oluşan manyetik alan ve güç yoğunluğu değerleri de hesaplanılarak tablolarda gösterilmiş ve grafikleri çizilmiştir.

Haziran ayı ölçümlerinde elektrik, manyetik alan ve güç yoğunluğu verilerinin öğlen saatindeki değişimleri incelenmiştir. En yoğun 1, 3, 8 ve 11. konumlarda elde edilen maksimum elektrik alan en yüksek değerler olarak tespit edilmiştir. Yüksek değerlerde tespit edilen 1. konumun beldede yürütülen proje deney grubuna, 3 ve 8. konumlarda belde merkezi ve sağlık ocağı yakınında olması, aynı zamanda belde merkezinde baz istasyonu bulunmasından dolayı haziran ayında yapılan ölçümlerde bu konumlarda yüksek değerler bulunmuştur. 11. konumda belde de bulunan demirci dükkânında alınan ölçümde o saatlerde kullanılan cihazların kullanım yoğunluğunun fazla olmasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. 2, 4, 5, 6, 7, 9 ve 10. konumlarda tespit edilen değerlerin daha düşük olmasının günün öğle saatlerinde insan yoğunluğunun iş ve belde dışındaki sosyal alanlarda olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Temmuz ayı ölçümlerinde elektrik ve manyetik alan, güç yoğunluğunun ölçüm saatindeki elektromanyetik alan değişimi incelenmiştir. Günün 4 farklı zaman diliminde

ölçümler alınmıştır. Sabah saatinde en yüksek değerler 6 ve 7. konum da olup, öğle saatinde 6, 7, 8 ve 9. konumlarda, akşam saatinde 7 ve 8. konumlarda, gece saatinde ise 3, 6 ve 7. konumlarda yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Temmuz ayında belirtilen konumlarda elektrik alan yoğunluğunun yüksek çıkmasının nedeni haziran ayı itibarıyla belde nüfusunun artmasından kaynaklanabileceği söylenebilir. Yüksek değerde ölçülen konumların belde merkezi ve çevresinde olması, gün içerisinde çocukların ve gençlerin yoğun olduğu bölgelerdir. Aynı zamanda belde merkezinde bulunan cami minaresindeki baz istasyonu 8. konumdaki ölçüm noktamıza oldukça yakın mesafede bulunmaktadır. Düşük değerde çıkan konumların gün içerisinde beldedeki insanların aktif olarak işte olması ve bununla birlikte gece saatlerinde en alt düzeyde olmasını nedeni iş yerlerinin kapalı olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ölçüm sonucu elde edilen bu veriler ölçüm cihazının yakaladığı anlık değerler olup, bir sonraki ölçümde değişkenlik gösterebilirler. Tespit edilen yüksek değerler sınır değerlerin üzerinde olmadığı için belde ve çevresini etkilemeyecek ölçümler yapılmamıştır.

Ağustos ayı elektrik, manyetik alan ve güç yoğunluğunun ölçüm saatindeki değişimi incelenmiştir. Günün 4 farklı zaman diliminde ölçümler alınmıştır. Sabah saatinde alınan ölçümler de 5 ve 6. konumlarda, öğle saatinde alınan ölçümlerde 5 ve 6. konumlarda, akşam saatinde alınan ölçümlerde ise 9. konum, gece saatinde alınan ölçümlerde 9. konum da elektrik alan veriler yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Temmuz ayına göre ağustos ayındaki elektrik alan ölçümlerinin daha düşük değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu farklılaşmanın yaz mevsimi sonuna gelinmesi ile nüfusun bir kısmının şehre göç etmesi, elektronik cihazların kullanımının azalması ve kullanım yoğunluğunun düşmesi, insan sayısındaki azalmaya bağlı olarak sanayi yerlerindeki işlerin azalması ile elektrik alan ölçüm değişimi farklılık oluşmasına etki ettiği gözlenmiştir.

Ortak yaşam alanlarında elde edilen elektromanyetik alanların, diğer konumlara göre daha yüksek değerde çıkmıştır. Elektromanyetik alan yoğunluğunda bölgesel ve zamansal olarak anlık yükseklik tespit edilse de sınır değerleri aşan ölçümlerle karşılaşılmamıştır.

5. ÖNERİLER

Belde içerisinde yapılan ölçümler esnasında; teknolojik cihazları yoğun bir şekilde kullanan çocuk, genç, yetişkinlerin maruz kaldığı elektromanyetik kirlilikten haberdar olmadıkları gözlenmiştir. Elektromanyetik kirliliğin insan sağlığını etkileyebileceği konusunda insanları bilgilendirmek ve gerekli önlemleri almalarını sağlamak.

Baz istasyonu vericileri, Wi-Fi, radarlar, radyo vericileri gibi insanların yaşam alanlarına yakın yerlere konumlandırılması sonucu oluşan elektrik alan şiddeti ve güç miktarları ile ilgili kurallar belirlenerek bu doğrultuda uygulanmalıdır.

Baz istasyonlarının kurulduğu yerlere oluşturduğu elektromanyetik alan şiddetine göre uyarı, işaret levhalarının konulması sağlanmalı ve açık alanlardaki istasyonların çevrelerini uyarı işaretleri ile sınırlandırma gibi önlemler almak.

Elektromanyetik kirlilik oluşturabilecek kurulumlar yapılırken uyulması gereken noktalar ve halk sağlığı konusunda Ulaştırma Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve kamu kurumu niteliğindeki meslek kuruluşları ile iş birliği yapılmalı ve projeler geliştirilmelidir.

Elektromanyetik kirlilik konusunda uluslararası çalışmalara ilişkin halkı bilgilendirecek programlar yapılmalıdır.

Baz istasyonları ve yüksek gerilim hatları, parklar, sağlık ocakları, okul bahçeleri, sanayi alanları gibi toplu yaşama ve kullanım alanlarına kurulmasının sakıncalı olup olmadığına dair tespitler yapılarak risk haritaları oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- BTK, (2018). BTK Kurs Notları. Ankara, Türkiye, 60s.
- Cansız, M. (2010). Diyarbakır il merkezinin elektromanyetik alan haritasının çıkartılması ve durum değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- ICNIRP. (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*, 74(4), 494–522.
- 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, Türkiye, 76s.
- Dilek, B., As, N., Şahin, M., E. and Karan, Y. (2014). Electromagnetic pollution measurement in the RTE university campus are. *Global Journal on Advances in Pure and Applied Sciences*, 03, 65-72.
- Eyüboğlu, E. and Kaya, H. (2010). Measurement of TV/radio transmitters at Trabzon-Boztepe region induced electric field strength and evaluation of results. Electrical, Electronics and Computer Engineering (ELECO), *National Conference on. IEEE*.
- Genç, Ö. (2010). Radyo frekanslarında elektromanyetik kirliliğe GSM bantlarının etkisinin istatistiksel analizi. Konya.
- Genç, Ö. Bayrak, M., and Yıldız, E. (2010). Analysis of the effects of GSM bands to the electromagnetic pollution in the RF spectrum. *Progress In Electromagnetics Research*, 101 17-32s.
- Hardell, L. and Sage, C. (2008). Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure Standard. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 62(2), 104-109.
- Henderson, S.I. and Bangay, M. J. (2006). Survey of RF exposure levels from mobile telephone base stations in Australia. *Bioelectromagnetics*, 27(1), 73-76.
- NARDA. (2009). Basic Insights safety in electric, magnetic and electromagnetic fields. Germany, 12-20.
- NARDA. (2010). NARDA SRM 3006 kullanma kılavuzu. Almanya, 226s.
- Şahin, M. E. As N. and Karan Y. (2013). Selective radiation measurement for safety evaluation on base station. *Gazi University Journal of Science*, 26(1), 73-83.
- TMMOB, (2012). Elektronik Mühendisleri Odası, İzmir, Erişim Tarihi: 14.02.2016 http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf.

- Uygunol O. ve Durduran S.S. (2010). Elektromanyetik kirlilik haritalarının coğrafi bilgi sistemi yardımı ile oluşturulması. Konya Örneği. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, sayfa 102.
- URL-1, (2019). <https://www.fizik.net.tr/site/dalgalar-temel-kavramlar-yay-dalgaları/> (22 Nisan2019).
- URL-2, (2019). <https://www.hakanbuzoglu.com/elektromanyetik-spektrum-isik-radyofrekans-ultrason-lazer> (22 Nisan2019).
- URL-3, (2019). <https://www.muhendisbeyinler.net/elektromanyetik-dalgaların-spektrumu/> (22 Nisan2019).
- URL-4, (2019). <http://teknikpcdersleri.blogcu.com/hucresel-iletisim-sistemleri/10672687> (22 Nisan2019).
- URL-5, (2019). https://www.trod.org.tr/hastalarimiz_icin.php?id=990 (22 Nisan2019).
- URL-6, (2019). <https://www.projehocam.com/baz-istasyonlari-gerçekten-zararlimi/> (22 Nisan2019).
- URL-7, (2019). <http://www.emrkoruma.com/index.php?part=rz5> (22 Nisan2019).
- T.C. Resmi Gazete, (2009). Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesine İlişkin Yönetmelik. 27230 Mükerrer, 16.05.2009.
- T.C. Resmi Gazete, (2018). Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Taslağı. 30394 Mükerrer, 12.4.2018.

ÖZGEÇMİŞ

Betül Ceylan Sayı 05/01/1990 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini 2003 yılında 100. Yıl İlköğretim Okulunda; 2006 yılında Yunus Emre Lisesi'nde tamamladı. 07/09/2009 tarihinde başladığı lisans eğitimini 18/07/2014 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde tamamladı. 2015 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında başladığı yüksek lisansa halen devam etmektedir. Yüksek lisans eğitimi süresince 1 adet uluslararası kongreye sözlü bildiri ile katıldı. 1 adet BAP destekli projede lisansüstü öğrencisi olarak bulundu. Ayrıca 2017- 2018 yıllarında Trabzon Özel Akçaabat Uğur Anadolu Lisesi, Özel Akçaabat Uğur Temel Lisesi, Özel Akçaabat Uğur Sağlık Mesleki ve Teknik Lisesi'nde Fizik Öğretmenliği yapmıştır. Orta seviyede İngilizce bilmektedir.