



**AĞRI İL MERKEZİNDE BULUNAN LİSELERDE ELEKTROMANYETİK
ALAN ÖLÇÜMÜNÜN YAPILMASI**

Orhan AKIN

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ebru SENEMTAŞI ÜNAL
2019
Her Hakkı Saklıdır**

AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞRI İL MERKEZİNDE BULUNAN LİSELERDE ELEKTROMANYETİK
ALAN ÖLÇÜMÜNÜN YAPILMASI**

Orhan AKIN

FİZİK ANABİLİM DALI

AĞRI

2019

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

AĞRI İL MERKEZİNDE BULUNAN LİSELERDE ELEKTROMANYETİK
ALAN ÖLÇÜMÜNÜN YAPILMASI TEZ BAŞLIĞI BÖLÜME YAZILACAK

Dr. Öğr. Üyesi F.B. SENEKTAŞI ÜNAL danışmanlığında, Orhan AKIN tarafından
hazırlanan bu çalışma, 05.08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Fikri Anabilim Dalı Genel Fikri Bilim Dalı'nda
Yüksel ÜNAL tezi olarak oybirliği / oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Bahri GÜR

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Pınar BAYKAN

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi F.B. SENEKTAŞI ÜNAL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 20/09/2019 tarih ve 19 / 33-2. nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. N.rahim HAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AĞRI İL MERKEZİNDE BULUNAN LİSELERDE ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMÜNÜN YAPILMASI

Orhan AKIN

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru SENEMTAŞI ÜNAL

Elektromanyetik alanın canlılar üzerinde ciddi olumsuz etkilerinin olduğu biliniyor. Bu çalışmada Ağrı İl Merkezindeki liselerde kullanılan Akıllı tahtaların oluşturduğu EMA maruziyet düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada anlık ve sürekli olarak geniş bir frekans aralığında ölçüm alabilen el tipi Aaronia Spectran Analyzer HF - 6085 marka spektrum analizörü cihazı kullanılmıştır. Bunun için 1 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm' lik mesafelerde elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Daha sağlıklı sonuçların alınabilmesi için dersliğin ortasında en az 1,5 m yükseklikte ölçümler yapılmıştır. RF kaynağı olan akıllı tahtanın uzaklığa bağlı olarak değişen elektromanyetik alanın farklı şiddette değerlerin olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda mesafeye bağlı ölçüm değerleri ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin üstünde çıkmamıştır. Ayrıca ölçümlerde elde edilen değerler itibari ile yönetmelikte belirlenen değerlere uygunluğu tespit edilmiştir. Ancak mesafeye bağlı olarak alınan ölçümlerde maruz kalınan EMA'nın uzaklık azaldıkça arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

2019, 91 sayfa

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan (EMA), EMA kaynakları, Spektrum analizörü, Radyasyon, Akıllı tahta ve Maruziyet

ABSTRACT

Master Thesis

THE MEASUREMENT OF ELEKTROMAGNETIC FIELD IN HIGH SCHOOLS IN AĞRI CITY CENTRE

Orhan AKIN

Ağrı İbrahim Çeçen University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Physics Department

Advisor: Assist. Prof. Dr. Ebru SENEMTAŞI ÜNAL

The electromagnetic field is known to have serious adverse effects on living organisms. In this study, it is aimed to determine the EMA exposure levels formed by smart boards use in high schools in Ağrı city centre. In this study, a hand-made device which take measurements instantly and continuously in a wide frequency range, has been used. Electromagnetic field strength values varying according to distance of intelligent board with RF source have been determined. For this, electromagnetic field intensity values have been identified at distance of 1cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm and 100 cm. At least 1.5 m high measurements have been performed at the centre of the classroom to get more accurate result. As a result of the measurements distance related measurement values are higher than the limiting values that ICNIRP indicated. Also, as of the result of the measurements, in is identified that they are suitable for values indicated by regulation, however, it has been concluded that the more distance decreases result of the distance related measurements, increases.

2019, 91 pages

Keywords: Electromagnetic Field (EMF), EMA Sources, Radio Frequency, Spectrum Analyzer, Radiation of the interactive smart board, Occupational

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın deneysel kısmı Ağrı Merkezinde bulunan liselerde yapılmıştır. Bana bu imkanı tanıdığı için Ağrı Milli Eğitim Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Bu araştırma için beni yönlendiren, çalışmalarım süresince görüş ve önerilerinden istifade ettiğim değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ebru SENEMTAŞI ÜNAL'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca manevi yardımlarını esirgemeyerek bana destek olan sevgili eşime de teşekkürlerimi sunarım.

Orhan AKIN

Ağustos 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	5
2. 1. Elektrik Yüğü.....	8
2. 2. Elektrik Alan ve Elektrik Alan Çizgileri	8
2. 3. Manyetik Alan ve Manyetik Alan Çizgileri	10
2. 4. Elektromanyetik Dalga	13
2. 4. 1. Elektromanyetik spektrum.....	14
2. 4.2. Gama ışınları	15
2. 4. 3. X-ışınları	15
2. 4. 4. Morötesi dalgalar.....	15
2. 4. 5. Görünür ışık dalgası	15
2. 4. 6. Kızılötesi dalgalar.....	15
2. 4. 7. Mikrodalgalar	16
2. 4.8. Radyo dalgaları	16
2. 5. Radyasyon.....	16
2.6. Radyasyon Çeşitleri.....	17
2. 6. 1. İyonlaştırıcı radyasyon.....	17
2. 6. 1.a. Elektromanyetik radyasyon.....	18
2. 6. 1. b. Parçacık radyasyonu	18
2. 6. 2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon	20
2. 6. 2. a. Optik(Görünür) radyasyon	21

2. 6. 2. b. Elektromanyetik nitelikli radyasyon.....	21
2. 7. ERadyayon Birimleri.....	22
2. 8. Elektromanyetik Alan Kaynakları.....	23
2. 8.1. Gsm kökenli RF kaynaklar	24
2. 8.2. Radyo ve TV vericileri	26
2. 8. 3. Diğer elektromanyetik alan kaynakları.....	26
2. 9. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	28
2. 10. SAR(Specific Absorption Rate).....	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1. Araştırmanın Amacı	33
3. 2. Araştırma Hakkında Bilgi.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	36
4.1. Mesafeye Bağlı Alınan Ölçümler	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	82
KAYNAKLAR.....	86
ÖZ GEÇMİŞ.....	91

İÇİNDEKİ SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	Alfa parçacığı
ACTH	Adreno kortikotrop hormonu
ADS	Hızlandırıcı sürümlü sistemler
$B^+ - B^-$	Beta Parçacığı
Bq	Becquerel, radyoaktivite birimi
B	Manyetik alan
BBE	Bağıl Biyolojik Etkinlik
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
BTS	Base Transmiting Station
c	ışık hızı
C	Coulomb
cm	Santimetre
ÇDF	Çok Düşük Frekans
CRT	Cathode Ray Tube (Katod Işını Tüpü)
ÇYF	Çok Yüksek Frekans
dB	Desibel
e	Elektron
EC	Avrupa Birliği Direktifi Değerleri
eV	Elektron volt
E	Enerji (keV, MeV)
EM	Elektromanyetik
EMA	Elektromanyetik Alan
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
EMS	Elektromanyetik Spektrum
ENH	Enerji Nakil Hatları
γ	Gama Parçacığı
G	Gauss
GHz	Gigahertz
GSM	Global System for Mobile Communications
Gy	Gray, absorblanmış doz birimi

H	Manyetik Alan Şiddeti
HF	High Frequency (Yüksek Frekans)
Hz	Hertz
KeV	Kilo elektron volt
KHz	Kilohertz
km	Kilometre
kW	Kilovvat
MCS	Realtime Spektrum Analyzer
MHz	Megahertz
MeV	Mega elektron volt
mSv	Milisievert
μ T	Mikrotesla
n	Nötron
NIR	Non-Ionizing Radiation (İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon)
p	Proton
R	Röntgen, radyasyon şiddet birimi
RF	Radyo Frekansı
SAR	Specific Absorbtion Ratio (Özgül Soğurma Oranı)
SMA	Spinal Muskuler Atrofi(Gevşek bebek sendromu)
Sv	Sievert, eşdeğer doz birimi
SI	Uluslar Arası Birim Sistemi
μ	Mikro, alt birim (10^{-6})
UV	Ultraviyole ışınları
T	Tesla
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimarlar Odalar Birliği
V	Volt
ν	Frekans
v	Nötronun hızı
WHO	World Health Organizations (Dünya Sağlık Örgütü)
λ	Dalga boyu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. EAkıllı Tahtalara Örnek Resimle.....	3
Şekil 2. 2. Manyetik Alan ve Kuvvet Vektörleri.....	8
Şekil 2. 2. Manyetik Alan ve Kuvvet Vektörleri.....	8
Şekil 2. 3. Manyetik Alan Çizgileri.....	8
Şekil 2. 4. Manyetik Alanın Akım Geçen Tele Etkisi.....	9
Şekil 2.5. Elektrik Alan- Manyetik Alan Bilgisayar Etkisi.....	9
Şekil 2.6. Elektromanyetik Dalga.....	10
Şekil 2. 7. Elektromanyetik Spektrum.....	11
Şekil 2. 8. Radyasyon çeşitleri.....	14
Şekil 2. 9. α , β - parçacıklarının ve γ ışınlarının manyetik ve elektrik alandaki Sapmaları.....	17
Şekil 3.1. (a).AaroniaSpektran HF – 6085.....	29
Şekil 3.1. (b). Cihazın Yalıtkan Ayaklarla Kullanılması.....	29
Şekil 4.1. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta yapılan ölçüm.....	37
Şekil 4.2. Akıllı tahtadan 1cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	38
Şekil 4. 3. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	38
Şekil 4. 4. Akıllı tahtalardan 1cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	39
Şekil 4.5.Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta yapılan ölçüm.....	39
Şekil 4.6. Akıllı tahtadan 10cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	40
Şekil 4. 7. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	40
Şekil 4. 8. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	41
Şekil 4. 9. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta yapılan ölçüm.....	41

Şekil 4. 10. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	42
Şekil 4.11. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	42
Şekil 4. 12. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	43
Şekil 4. 13. Akıllı telefondan 60 cm uzaklıkta yapılan ölçüm.....	43
Şekil 4. 14. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	44
Şekil 4. 15. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	44
Şekil 4. 16. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçüm değeri.....	45
Şekil 4. 17. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta yapılan ölçüm.....	45
Şekil 4. 18. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	46
Şekil 4. 19. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	46
Şekil 4. 20. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	47
Şekil 4. 21. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi.....	48
Şekil 4. 22. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi.....	49
Şekil 4. 23. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	49
Şekil 4. 24. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	50
Şekil 4. 25. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	50
Şekil 4. 26. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	51

Şekil 4. 27. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	51
Şekil 4. 28. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	52
Şekil 4. 29. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	52
Şekil 4. 30. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	53
Şekil 4. 31. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	53
Şekil 4. 32. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	54
Şekil 4. 33. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	54
Şekil 4. 34. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	55
Şekil 4. 35. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	55
Şekil 4. 36. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	56
Şekil 4. 37. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	56
Şekil 4. 38. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi	58
Şekil 4. 39. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi.....	58
Şekil 4. 40. Akıllı tahtadan 1cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	59
Şekil 4. 41. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	60
Şekil 4. 42. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	60

Şekil 4. 43. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	61
Şekil 4. 44. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	61
Şekil 4. 45. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	62
Şekil 4. 46. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	62
Şekil 4. 47. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	63
Şekil 4. 48. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	63
Şekil 4. 49. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	64
Şekil 4. 50. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	64
Şekil 4. 51. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	65
Şekil 4. 52. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	65
Şekil 4. 53. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	66
Şekil 4. 54. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	66
Şekil 4. 55. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi.....	68
Şekil 4. 56. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi.....	68
Şekil 4. 57. Akıllı tahtadan 1cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	69
Şekil 4. 58. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	69
Şekil 4. 59. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	70

Şekil 4. 60. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	70
Şekil 4. 61. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	71
Şekil 4. 62. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	71
Şekil 4. 63. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	72
Şekil 4. 64. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	72
Şekil 4. 65. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu.....	73
Şekil 4. 66. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	73
Şekil 4. 67. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	74
Şekil 4. 68. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	74
Şekil 4. 69. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri.....	75
Şekil 4. 70. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri.....	75
Şekil 4. 71. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri.....	76
Şekil 4. 72. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi.....	77
Şekil 4. 73. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Bazı α kaynakları.....	11
Çizelge 2. 2. Radyasyon birimleri	11
Çizelge 2. 3. Hücresel ağların çıkış güçleri	11
Çizelge 2. 4. Televizyon ve radyo verici antenlerin çıkış güç.....	13
Çizelge2.5.Çevremizde olan elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri.....	15
Çizelge2.6.Çevremizde olan elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri.....	26
Çizelge2.7.Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş limit değerler.....	42
Çizelge 2. 8. Bazı frekanslar için hazırlanmış sınır değerler.....	44
Çizelge 2. 9. Türkiye’de geçerli elektromanyetik radyasyon sınır değerleri.....	45
Çizelge 4. 1. Akıllı Tahtanın A okulundaki ölçüm değerleri.....	47
Çizelge 4. 2. Akıllı Tahtanın B okulundaki ölçüm değerler.....	57
Çizelge 4. 3. Akıllı Tahtanın C okulundaki ölçüm değerler.....	67
Çizelge 4. 4. Akıllı Tahtanın D okulundaki ölçüm değerleri.....	67
Çizelge 4. 6. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Manyetik Alan Değerlerin Karşılaştırılması.....	80
Çizelge 4. 6. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Manyetik Alan Değerlerin Karşılaştırılması.....	81
Çizelge 4. 7. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Manyetik Yoğunluğu Değerlerin Karşılaştırılması.....	82

1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile icat edilen teknolojik cihazların çalıştırılmasından dolayı elektrik enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. İhtiyacın karşılanması için yüksek enerji sağlayan nükleer enerji kaynaklarını kullanmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Elektrikli aletlerin hepsi üzerinden geçen akım miktarına ve etkisi altında bulunduğu gerilim miktarına bağlı olarak, yani harcadıkları güçleri ile orantılı olarak farklı frekanslarda elektromanyetik alan meydana getirir. Kullanımı zaruret haline gelen elektrikli cihazlardan radyo ve televizyon vericilerin, radarların, telsizlerin, mikrodalga fırınların, tıbbi cihazların, cep telefonlarının, akıllı tahtaların, bilgisayarların ve daha birçok cihazın oluşturduğu elektromanyetik radyasyona her yaştan insan maruz kalmaktadır.

Okullardaki dersliklerde bulunan ve birer elektromanyetik alan kaynağı olan akıllı tahtalar bilgisayarda var olan güç, hız ve esneklik gibi özelliklerini elektronik kalem olmadan da dokunmatik olarak tahtayı kullanmamıza imkan tanıyan bir cihazdır. Bilgisayar monitörünün akıllı tahta üzerine bir projeksiyon ile yansıtılması neticesinde dokunmatik işlem yapılmasına olanak sağlayan bir teknolojidir.

Akıllı tahtalar öğretmenler, öğrenciler ve diğer çalışanlar açısından olumsuz sağlık risklerine sebep teşkil edebilir. Çocuk yaştaki öğrenciler küçük vücut yapılarından dolayı çevrelerindeki zararlı faktörlerden büyüklere nazaran daha fazla etkilenirler. Öğrenci velileri bu durumda haklı endişelerini dile getirmektedirler.

Bu çalışma hassas bir bölge olan okullarda öğrenci ve öğretmenlerin işini kolaylaştıran akıllı tahtaların oluşturduğu elektromanyetik alanın 1cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm gibi farklı uzaklıklarda şiddet değerleri tespit edilmeye çalışıldı.

İnsanı düşünmeye sevk eden şeylerden biri ülkelerin belirlediği sınır değerlerin farklı olmasıdır. EMA'ların değişik frekanslardaki biyolojik ve ısısal olmayan etkilerine ve mevcut standartların yetersizliklerine ABD de yayınlanan ve

bilim dünyası tarafından sözü geçen alanında uzman 14 tane TIP doktorunun hazırladığı Bioinitiative Raporunda ifade edilmiştir. Ülkemizdeki EMA'larla ilgili yönetmeliklerdeki sınır değerler güncellenerek yeniden gözden geçirilmelidir. Elektronik haberleşme altyapılarında kullanılan cihazların (Radyo/TV vericileri, baz istasyonları, R/L v.b) ve tüketiciler tarafından kullanılan cihazların (Akıllı tahtalar, cep telefonu, DECT, kablosuz telefonlar, alçak güçlü cihazlar v.b) Dünya Sağlık Örgütü ve ICNIRP gibi kuruluşlar tarafından kabul edilen limit değerlerin altında kullanılmaları durumunda canlılar üzerinde olumsuz etki yapmadığı sonuçlarda ifade edilmesine rağmen bu alanda devam eden araştırmalar netlikle sonuçlanana kadar tüm dünyada bu cihazlarla ilgili işletmecilerin ve üreticilerin gelişen teknolojileri yakından takip ederek ortama yaydıkları EMA ve SAR değerleri gibi parametreleri daha düşük seviyelere çekmek için ellerinden gelen her şeyi yapmaları tavsiye edilir.

Elektromanyetik alan maruziyetine karşı alınabilecek tedbirleri iki vaziyette ele alabiliriz; Birincisi kişilerin ev, okul ve ofislerinde yararlandıkları aletlerin meydana getirdiği elektromanyetik alana karşı alınabilecek önlemler, ikincisini ise kamusal alanlarda toplumun ortak yapacağı faaliyetler şeklinde ifade edebiliriz.

Elektromanyetik alandan korunmak için aşağıdaki güvenlik tedbirleri alınabilir:

- 2013/35/EU Sayılı AB Direktifi'nde iş sahibi bir kimsenin kendi işyerinde çalıştırdıklarına yönelik EMA'lar sebebiyle oluşabilecek bütün tehlikelere karşı değerlendirme yapmalı ve gerektiği takdirde, çalışanların etkilendiği EMA'ların derecelerini ölçmek ya da bu dereceleri hesaplamak zorunda olduğu belirtilmiştir. Ülkemizde de bu konun üzerinde daha da durulması gerekir ve çeşitli çalışmalar yapılmalıdır.
- Standart kablolu telefon kullanımı okul ve ev gibi alanlarda elektromanyetik alan bakımından DECT telefonlardan daha çok önerilmektedir.
- Bilhassa eğitim kurumların bulunduğu yerlerde Radyo, TV kanalları, mobil iletişim ve WLAN için belirli bir güç sınırlaması getirilmelidir.
- Ülkemizde kullanılan EMA kaynağı olan cihazların periyodik olarak denetlenmesi gerekir. CE'si bulunmayan malzemelerin kullanılmaması gerekir.
- Katot Işınlı Tüpü (CRT) yerine LCD monitör kullanılmalıdır.

- SAR değeri düşük olan akıllı tahtalar tercih edilmelidir.
- Ülkemizdeki EMA"larla ilgili yönetmeliklerdeki limit değerler Avrupa ülkelerine kıyasla fazlaca olduğundan, limit değerlerin tekrardan gözden geçirilerek ihtiyat ilkesi içerisinde tekrardan yenilenmesi ve günümüze uygun hale getirilmesi gerekmektedir.
- Yüksek frekansa sahip olan elektromanyetik alanlardan veya bu alan içinde bulunan ve özellikle metal cisimlerden uzak kalınmalıdır.
- Frekanslı düşük olan elektromanyetik alanların etkisini daha da minimize etmek için metal engeller kullanılmalıdır.
- Özellikle günlük hayatta sık kullandığımız elektrikli aletlerin ülkemizde kabul edilen standartlarda olmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 1. 1. Akıllı tahtalara örnek resim

Bilgisayar monitörleri 0(sıfır) ile 1015 Hz arası bazı belirli frekanslarda elektromanyetik ışıma yaparlar. Ama bu aralıktaki elektromanyetik dalgaların paketçik(quantum) enerjileri bir elektronu yörüngesinden iyonlaştıracak kadar yüksek değildir. Akıllı tahtalara uzun süreli maruziyet durumunda, özellikle öğretmen ve öğrenciler elektromanyetik enerjinin etkisi altında kalacaklardır. Okul ortamlarında birden fazla akıllı tahtanın olması maruziyet oranını artırır. Yapılan

alışmalar da vücuttaki melatonin seviyesinin azalmasında ve adrenokortikotrop hormonunun (ACTH) seviyesinin artmasında monitörlerden yayılan elektromanyetik dalgaların etkisinin olduğu gözlenmiştir (Arnetz and Berg, 1996). Bunun yanında tavuk embriyoları üzerinde yapılan çalışmalarda da monitörlerden yayılan elektromanyetik dalgaların embriyo ölümlerine neden olduğu belirtilmiştir (Youbicier et.al. 1997).

EMA ‘nın insan sağığı üzerindeki etkisi ile ilgili önceden yapılmış çalışmalar şunlardır.

Kullanımı her geçen gün yaygınlaşmakta olan elektrikli aletler ile orantılı olarak çevremizdeki elektromanyetik alan şiddetinin de hızlı bir şekilde artması kaçınılmaz olmaktadır. EMA büyük ölçüde etkilenen kişiler üzerinde yapılmış toplumdaki hastalık, kaza ve sağıkla ilgili durumların dağılımını, görülme sıklığını ve bunları etkileyen belirteçleri inceleyen bir tıp bilim dalı olan epidemiyolojik araştırmalar elektromanyetik alandan etkilenme oranı ile kansere yakalanma riski arasında paralel bir ilişki olduğuna değinilmiştir (Theriault 1970-1989; Savitz 1995).

Yetişkin insanlarda görülen kanser ile yaşam alanlarındaki elektromanyetik alanı konu edinen yayınlanmış epidemiyolojik araştırmanın on bir tanesi şunlardır. Bu çalışmalardan yedi tanesinin oluşum sebebi yüksek gerilim hatlarının etkisi ile ilgilidir. Araştırma sonuçları kesinlik ifade etmediğı gibi daha çok tehlike oluşturabilmektedir (McDowall 1986; Feychting 1994). Dört tanesinin oluşum sebebi ise elektrikli battaniyelerdir. (Preston-Martin et al. 1988; Vena 1994). Yapılan bu çalışmaların üçü ise tüm kanser çeşitlerini içinde barındırır (Wertheimer et al. 1982; Wertheimer and Leeper 1979; McDowall 1986). Bunun yanı sıra ayrıca kötü huylu olan kan hastalıkları ve lösemi (Severson et al. 1988; Youngson et al. 1991), birisi lösemi ve birisi beyin kanseri (Feychting 1994), iki tanesi meme kanseri (Vena ve ark, 1991, Freudenheim et al. 1994) ve birisi testiküler kanser olmak üzere bu dört çalışma ile sınırlıdır (Verreault et al. 1990).

Elektromanyetik alan etkilerinin etiyolojik rolü ve sağık üzerindeki olumsuz etkilerine bakıldığı zaman çocuklarda görülen lösemi ve beyinde oluşan kanser ile

düşük ve yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar arasında ilişki olduğunu epidemiyolojik çalışmalar göstermektedir (Preston-Martin et al. 1996; Theriault et al. 1970-1989; Wertheimer and Leeper 1979; Gurney et al. 1996). 3-7 yaşlarında pik yapan Akut T-lenfoblastik lösemi çocukluk çağı lösemilerinin %80 sebebinin oluşturmaktadır. Yetişkin insanlardaki lösemilerin ise %20 sini Akut T-lenfoblastik lösemisi oluşturur. Bazı kemoterapi ajanlarına ve radyasyonun lösemi endüksiyonuna Benzen gibi toksinlerin yardımcı olduğu sanılmaktadır. Kromozomlarda görülen anormallikler akut lösemi gelişiminde ve çocukluk çağı T-ALL'nin agresif özelliğinde de Benzen toksininin etkisi olduğu görülmüştür (O'Connor et al. 199; Hoelzer et al. 2002). Elektromanyetik spektrumda bulunan yüksek frekansa sahip alanlarda lösemik hücrelerin daha duyarlı oldukları epidemiyolojik ve deneysel araştırmalarla belirlenmiştir.

Çocukluk lösemi sıklığı aralığına bakıldığında ev dışındaki kabloların dahi 0.2 μ T üzerinde belirsiz bir fazlalık oluşturduğu ortaya konulmuştur. 4 yaş altındaki çocukların yaşadığı yerleşim yerlerinde manyetik alandan etkilenme ile lösemisinde artışının doğru orantılı olduğu görülmüştür (Linet and Tuzuner 2003).

Yüksek gerilim hatlarının 100 metrelik etki alanı içinde yaşayan yetişkin insanlar üzerinde yapılan araştırmalarda, lösemisinde artış tespit edilmiştir (Le 1997).

Çocuklarda görülen lösemi ile elektromanyetik radyasyon maruziyeti arasında önemli bir bağın bulunduğu Kanada'da yapılan bir araştırma sonucu ortaya konmuştur (Green and Miller 1999a).

Yapılan istatistiklere göre lösemi ve manyetik alan arasında önemli ölçüde bir ilişkinin bulunduğu Ahlbom tarafından yayınlanan raporda ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışmaya göre ortalama 0.4 μ T ya da daha yüksek değerlerde manyetik radyasyona 24 ila 48 saat boyunca etkilenen çocuklar üzerinde uzun süreli ölçümler yapılırsa bu ilişkinin önemli ölçüde olduğunun görüleceği ifade edilmiştir (Ahlbom Day 2000).

15 μ T'da 50 Hz radyasyona bırakılan ve 15-22 hafta süresince bu alana maruz kalan denek farelerde lösemiye yakalanma riskinde ciddi bir artışın olduğu ortaya konmuştur (Vallejo et al. 2001).

Hayvan deneklerinin bulunduğu bir çalışmada 2000 μ T alana 52 hafta boyunca haftada 30 saat boyunca etkisi altında kalınması sonucunda deri tümörlerinin oluştuğu görülmüştür (McLean 1995).

Hamile kadınların düşük gebelik ihtimaline baktığımız zaman tablet, bilgisayar ve telefon kullanan kadınlarda risk artmaktadır (Şeker ve Çerezci, 19949). Hamile kadınlar da düşük doğum yapma riski ile Yüksek gerilim hatları arasında olumsuz bir ilişki bulunmuştur (Lee 2002).

Manyetik alanın bellek üzerinde etkileri de araştırılmıştır (Areece 1998). Gönüllü denek olan pek çok kişi üzerinde evlerdeki elektrikli aletlerini oluşturduğu düzeyde bir alanın kafalarını iki yanına konulan bobinlerle oluşturulan manyetik alan etkisi araştırılmıştır. Daha sonra bu insanlara bellek testi olarak adlandırılan testler uygulanmıştır. Alan maruziyetinde kalan bu kişilerde kısa süreli bellek kayıplarının yaşandığı anlaşılmıştır. Sonuç olarak insan beyninde var olan elektriksel etkinin evlerde kullanılan elektrikli cihazların meydana getirmiş olduğu manyetik alanlardan etkileyebilme özelliğine sahip olduğu ortaya konmuştur (Areece 1998).

Amerika Uluslararası Araştırma Komitesince oluşturulmuş bir araştırma ekibi, dizüstü bilgisayar, cep telefonları özellikle akıllı telefonlar ve internet bağlantısı olan tablet gibi cihazların alana yaydıkları radyo frekansının(RF) tesiri altında kalan insanlarda ortaya çıkabilecek olası sağlık üzerinde oluşturduğu etkileri daha geniş perspektifte bir çalışma yapılmaktadır (ICT 2008).

Radyo frekanslarıyla oluşturduğu enerji ile cep telefonları antenlerinin kulak yoluyla insanın beyin yapısına hasar verdiğini Barner yaptığı bazı araştırmalarda belirtmiştir. Bunun yanı sıra Barner; Kanseri türlerinden bazılarının 20-30 yıl kadar

uzun süre sonra ortaya çıkabileceğini ve bu durumdan dolayı uzun vadeli çalışma süresinin önemli hale geldiğini de ekler Barner (ICT 2008).

Cep telefonu kullanırken on yıldan fazla hep aynı kulakla görüşme yapanların iki kulakla da görüşme yapanlara oranla beyin tümörü olma riskinin daha yüksek olduğu raporda belirtilmiştir. (Neurology 2004).

Hiçbir yere bağlı olmadan yapılmış olan araştırmalarda cep telefonu kullanımı neticesinde oluşan beyin tümörleri ihtimalinin arttığı kaydedilmiştir (Journal international 2007).

Yapılan literatür çalışmalarından derleme sonucu elektromanyetik radyasyonun hemen her yerde olabileceği ve ölçümlerinin yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2. 1. Elektrik Yüğü

Atom altı parçacıklarda, elektromanyetik etkileşimleri ortaya koyan özellik elektrik yüküdür. Bu nedenle elektrik yükü bulunan bir madde, elektromanyetik alanlara etkir veya o alanlardan etkilenir. Pozitif (+) ve negatif (-) olmak üzere iki türlü elektrik yükü vardır. Elektrik yükünün birimi Coulomb (C)'dur. Yüklü iki parçacık arasındaki ilişki Coulomb Yasası ile izah edilir (Raymond and Jewett 2008).

Buna göre:

- Elektrik kuvvetinin büyüklüğü iki nokta yük arasındaki yüklerin çarpımıyla doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ise ters orantılıdır.
- İki yükün birbirleri üzerinde meydana getirdikleri kuvvetlerin doğrultusu her zaman onları bir araya getiren doğru boyuncadır.
- İki yük arasındaki kuvvet; yükler aynı işaretli ise itici, zıt işaretli ise çekicidir.

İki yük arasındaki elektriksel kuvvetin (Coulomb kuvveti) büyüklüğü: $F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ formülü ile bulunur. Formülde; k ($9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$) Coulomb sabiti, r(m) yükler arasındaki uzaklık, q_1 ve q_2 yük büyüklükleridir (Raymond and Jewett 2008).

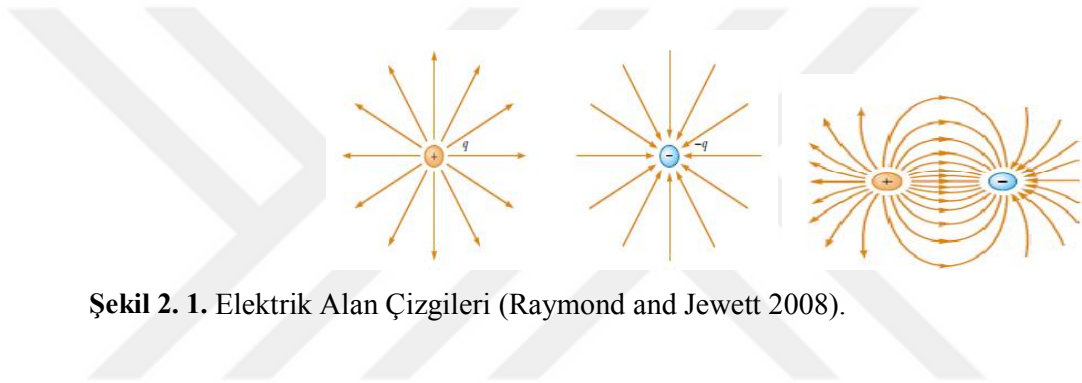
2.2. Elektrik Alan ve Elektrik Alan Çizgileri

Belirli bir alanda yükler tarafından meydana gelen, yüklerin birbirleriyle olan etkileşimlerini ve yönünü belirtmek için ortaya konmuş kavrama alan çizgileri denir. Elektriksel alan ise herhangi bir noktadaki pozitif birim yüke etki eden kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Elektrik yüklerinin hepsi elektrik alana sahiptir ve bu elektrik alan sayesinde yüklü cisimler birbirlerine elektrik kuvvet uygular. Alan, elektrik yüklerin birbirlerine uyguladıkları itme ya da çekme kuvveti uzaklık ile ters orantılı olarak mütemediyen sürer.

Elektrik alan, vektörel bir büyüklüktür ve birimi volt/metre (v/m)'dir. Birden fazla yükün bir noktada oluşturduğu net elektrik alan, her bir yükün oluşturduğu elektrik alanların vektörel toplamına eşittir (TMMOB 2010).

Elektrik cihazlarına uygulanan gerilim değeri arttıkça, buna bağlı olarak meydana gelen elektrik alanda da artış olur. Elektrik alan şiddeti kaynağa olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Elektrik alan yalıtkan özellikli cisimlerle engellenebilir (TMMOB 2010).

Elektrik alanın yönü, pozitif birim yüke etkiyen kuvvetinin yönü ile aynıdır. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi pozitif bir yükün elektrik alan çizgileri dışa doğru, negatif bir yükün elektrik alan çizgileri içe doğru yönelir (Raymond and Jewett 2008).



Şekil 2. 1. Elektrik Alan Çizgileri (Raymond and Jewett 2008).

Elektrik alanın özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Alan çizgileri birbirini kesmezler.
- Alan çizgilerin sayısı yük miktarı ile doğru orantılıdır.
- Elektrik alan çizgileri bir artı yükten çıkar bir eksi yükte son bulur.
- Alan çizgileri birbirine yakın olduğunda elektrik alan büyük, uzak olduğunda küçük olur.
- Elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgilerine her noktada diktir.
- Elektrikli cihazların açma ve kapatma düğmeleri kapalı olsa bile elektrik alan oluşabilmektedir.
- Elektrik alanlar; insan derisinden geçerken şiddeti çok azalır. Ayrıca bu alanlar duvardan geçemez.
- Elektrik alanlar insan bedenin yüzey kısımlarında etkisi düşük zayıf akımlar oluşturur.

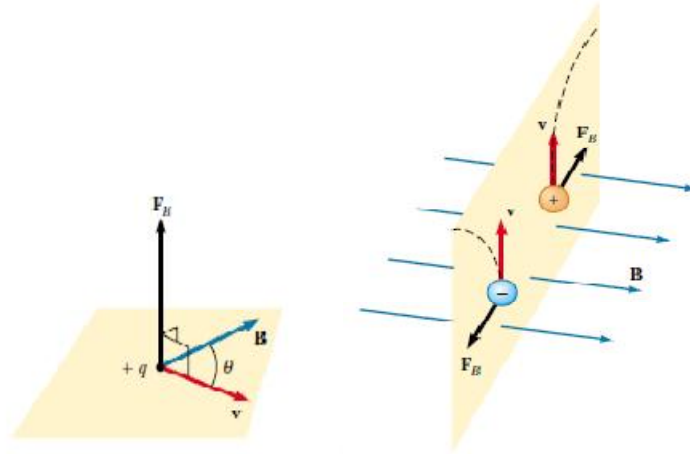
2. 3. Manyetik Alan ve Manyetik Alan Çizgileri

Manyetik alanın temel kaynağı elektrik yükleri ve elektrik yüklerinin yer değiştirmesi sonucu oluşur. Yani yük hareketinin olduğu her yerde manyetik alan oluşur. Her hangi bir noktadaki manyetik alan, alan içerisinde bulunan (v) hızındaki deneme yüküne etki eden F_B manyetik kuvveti ile tanımlanır. Manyetik alan da vektörel bir büyüklüktür. B harfi ile gösterilir. Birimi Tesla(T) veya Gauss(G) dir. Manyetik alan şiddeti ise H ile gösterilir ve birimi (A/m)'dir (Raymond and Jewett 2008).

Akım şiddeti ile manyetik alanın şiddeti arasında doğru orantı vardır. Manyetik alan şiddeti uzaklıkla ters orantılı olarak azalma gösterir. Bu durum elektrik alanıyla uzaklık arasında da böyledir. Buna rağmen, manyetik alan, elektrik alanda olduğu gibi engel oluşturan maddeler tarafından hemen hiç zırhlanamaz (TMMOB 2010).

Manyetik kuvvet (F_B) ve manyetik alan(B) arasındaki ilişki $F = qv \times B$ formülü ile belirlenir. Buna göre manyetik alan ve manyetik kuvvetin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Raymond and Jewett 2008).

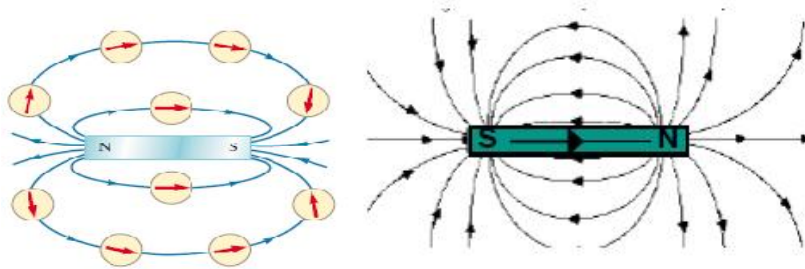
- Manyetik kuvvetin yönü ve büyüklüğü, parçacığın hız vektörüne ve manyetik alanın büyüklüğü ve yönüne bağlıdır.
- Manyetik kuvvet, daima parçacığın hızına dik olduğu için hızın büyüklüğünü değiştirmez yalnızca yönünü değiştirebilir.
- Manyetik kuvvetin büyüklüğü, parçacığın yükü ve hızı ile orantılıdır.
- Yüklü parçacığın hız vektörü manyetik alan vektörüne paralel ise parçacığa manyetik kuvvet etki etmez; parçacığın hız vektörü ve manyetik alan vektörü arasındaki açı sıfırdan büyükse, manyetik kuvvet bunlara dik bir açıyla parçacığa etki eder. (şekil 2. 2)



Şekil 2. 2. Manyetik Alan ve Kuvvet Vektörleri (Raymond and Jewett 2008)

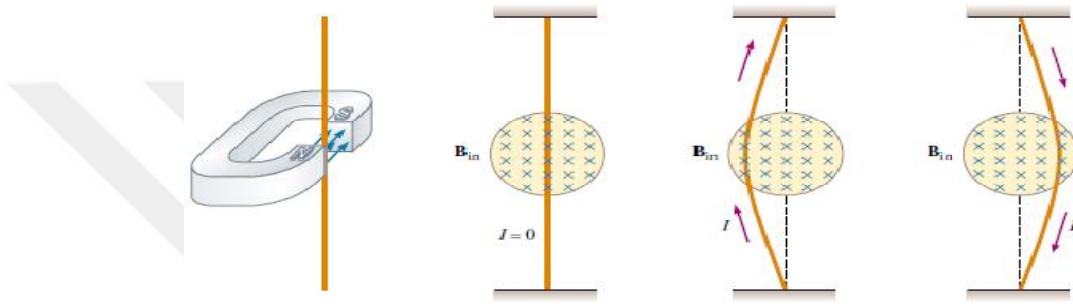
Manyetik alan ve kuvvetinin yönünü ve etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için manyetik alan çizgileri kullanılır. Buna göre manyetik alan çizgileri özellikleri aşağıdaki gibi:

- Manyetik alan çizgilerinin sıklığı manyetik alanla doğru orantılıdır.
- Manyetik alan çizgileri birbirine paralel olduğu için kesişmezler.
- Manyetik alan daima manyetik alan çizgilerine teğettir.
- Manyetik alan çizgilerin sık olduğu uç noktalarda manyetik alan daha şiddetlidir. Mıknatısın kutuplarından uzaklaştıkça alan zayıflar.
- Manyetik alan çizgileri mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna doğru kapalı eğriler şeklindedir. Mıknatısın içinde ise S kutbundan N kutbuna doğrudur. (Şekil 2. 3)



Şekil 2. 3. Manyetik Alan Çizgileri (Raymond and Jewett 2008)

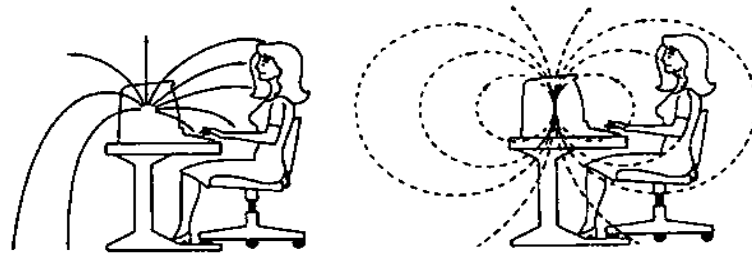
Manyetik cisimlerin kutupları dış bir etki olmadan manyetik özelliğini kaybetmez. Manyetik kutuplar tek olmazlar daima çift olarak bulunurlar. Manyetik alan akım geçen tele kuvvet uygular bu kuvvetin etkisi Şekil 2. 4'te görülebildiği gibi telden geçen akımın yönüne bağlı olarak manyetik kuvvetin etkisi değişmektedir (Raymond and Jewett 2008).



Şekil 2. 4. Manyetik Alanın Akım Geçen Tele Etkisi (Raymond and Jewett 2008)

Elektrik alan ve manyetik alanı arasındaki farklar şunlardır:

- Elektrik ve manyetik alanların etkisi kaynaktan uzaklaştıkça azalır.
- Manyetik alan özel üretim olan bazı maddeler dışında, neredeyse hiç engel taşımaz. Bunun yanında elektriksel alanının etkisi de azaltılabilir.
- Elektrik alan elektrik yüküyle(V), manyetik alan elektrik yüklerin hareketiyle (elektrik akımı, A) ile doğru orantılıdır.

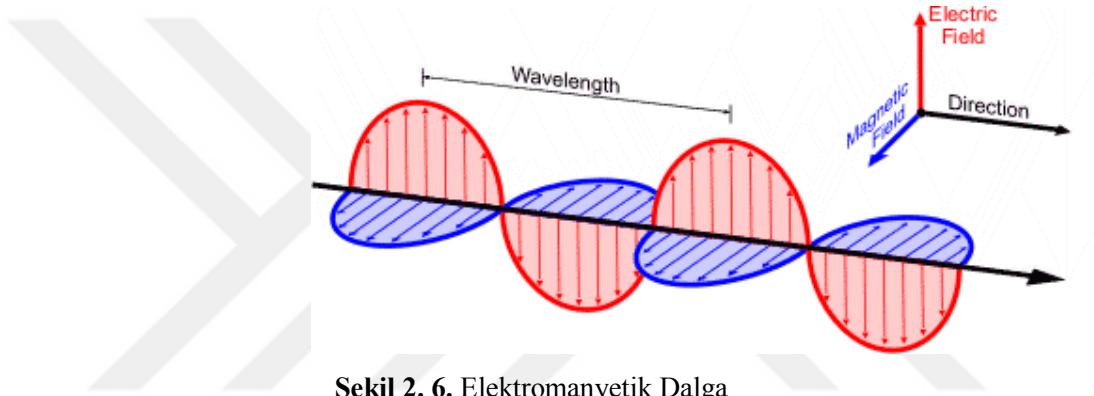


Şekil 2. 5. Elektrik Alan – Manyetik Alan Bilgisayar ilişkisi (İnce 2007)

2. 4. Elektromanyetik Dalga

Elektromanyetik radyasyon, yüklerin ivmeli hareketi sonucu ortaya çıkar. (Şekil 2. 5) Burada, elektrik alan ile manyetik alan dalgası ışık hızıyla beraber hareket ederler.

EMA yüklerin ivmelendirilmesi ile meydana gelen, elektrik ve manyetik alan bileşenlerinden oluşan elektromanyetik enerjiye sahip bir kuvvet alanıdır (Şeker ve Çerezci, 2000).



Şekil 2. 6. Elektromanyetik Dalga

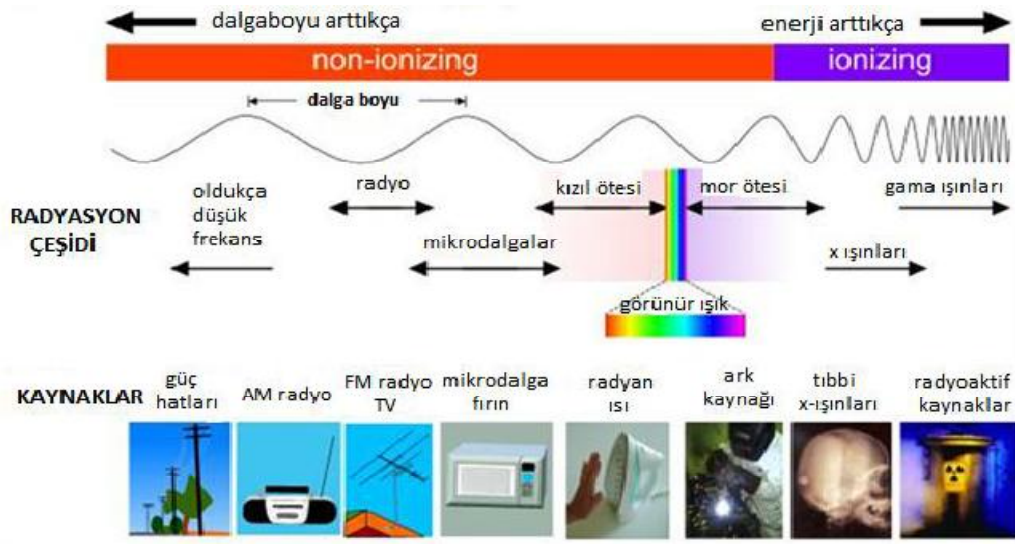
Şekil 2. 6'da elektromanyetik radyasyonun elektrik alan ve manyetik alan bileşenleri gösterilmiştir. Elektrik dalgasının ve manyetik dalgaının ışık hızında beraber yer değiştirdikleri burada da görülmektedir. Elektromanyetik dalgaların önemli özelliği sahip oldukları frekans ve dalga boylarıdır. Dalgaının bir saniyede oluşturduğu titreşim (salınım) sayısına frekans denir ve ölçü birimi Hertz (Hz) dir. Bir titreşim sırasında dalgaının aldığı yola dalga uzunluğu denilmektedir. Frekans arttıkça alanda yayılan enerji artar ve dalga uzunluğu kısalmır (TMMOB 2010).

Elektromanyetik radyasyonun tümünü gösteren elektromanyetik spektrumda (Şekil 2. 7) nanometre düzeyinden dalga boyunda olan yüksek enerjili gama ışınlarından, dalga boyu kilometrelerce uzunlukta olan düşük enerjili radyo dalgalarına kadar olan ışınlar bulunmaktadır. Bu çalışmada çok düşük frekanslara sahip elektromanyetik radyasyon 3 ile 3000 Hz aralığında yer alan büyük çoğunluğu insanlar tarafından yapılmış kaynaklardan meydana gelmektedir (Türkkan ve Pala 2009).

Yük hareketinin olduğu her cihazda elektromanyetik radyasyon(EMR) oluşmaktadır. Enine dalga olan EM dalga boylarına ve frekanslarına göre sınıflandırılmaktadır. Işık hızı ve dalga boyu “ $c=\lambda.f$ ” bağıntısı ile gösterilmektedir. Işığın hızı frekansına bölündüğünde elektromanyetik dalganın boyu bulunur (Düzgün 2009).

2. 4. 1. Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik spektrum (EMS), evrendeki herhangi bir noktada fizik kurallarına göre imkan dahilindeki tüm elektromanyetik radyasyonu ve değişik ışıınım çeşitlerinin dalga boylarına ya da frekanslarına göre bu spektrumdaki konumlarını ifade eden kavramdır. Elektromanyetik spektruma baktığımız zaman dalga uzunluklarına göre atomdan daha küçük değerlerden başlayarak binlerce kilometre uzunluğa sahip radyo dalgalarına kadar pek çok değişik radyasyon şeklini içerdiğini görürüz. Elektromanyetik spektrum, teoride sonu olmayan ve devamlı olmasına karşın, pratikte ise kısa dalga uzunluğu(yüksek frekans) sınırının Planck uzunluğuna, uzun dalga boyu (düşük frekans) sınırının ise evrenin bütününün büyüklüğüne denk olduğu sanılmaktadır (Vaizoğlu 2001).



Şekil 2. 7. Elektromanyetik Spektrum (Diler vd 2009)

Frekans ve dalga boylarına göre elektromanyetik dalgalar şunlardır:

2. 4. 2. Gama ışınları

Radyoaktif çekirdeklerin nükleer tepkimeleri sonucu oluşur. Gama ışınları 10^{-10} ile 10^{-14} m arasında dalga boylarına ve 3.10^{18} Hz'den 3.10^{22} Hz'e kadar olan frekans aralığında bulunmaktadır. Yüksek enerjiye sahip olduklarından dolayı bu ışınlar canlı dokular tarafından soğrulunca zarar verirler. Bu ışınların, zararlı etkilerinden korunmak için kurşun tabaka gibi soğurucular kullanılmalıdır (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 3. X-ışınları

Elektronların yüksek potansiyel fark altında ivmelendirilmesi sonucu oluşur. 10^{-9} ile 6.10^{-12} m arasındaki dalga uzunluklarını ve 3.10^{17} Hz'den 5.10^{19} Hz'e kadar olan frekans değerlerini alabilir. Tıpta bir teşhis aracı olarak kullanılan X-ışını, kanser hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. X-ışınının canlı dokulara karşı hasar verici etkileri vardır (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 4. Morötesi dalgalar

$3.8.10^{-7}$ ile 6.10^{-10} m arasındaki dalga boylarını ve 8.10^{14} Hz'den 3.10^{17} Hz'e kadar olan frekans değerleri alabilir. Güneş, oldukça güçlü morötesi kaynağıdır. Morötesi ışınlarının tıpta sterilizasyon işleminde kullanılmasının sebebi de mikro organizmaların morötesi ışınları soğurduklarında, parçalanmalarıdır (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 5. Görünür ışık dalgaları

Bu dalgalar ise, $7.8.10^{-7}$ ile $3.8.10^{-7}$ m arasındaki dalga boylarını ve 4.10^{14} Hz'den 8.10^{14} Hz'e kadar olan frekans değerlerini alabilir. Göz retinasının duyarlı olduğu dalga boylarıyla kısıtlanan olabildiğince dar bir aralıkta bulunurlar (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 6. Kızılötesi dalgalar

10^{-3} ile $7,8 \cdot 10^{-7}$ m arasındaki dalga uzunluklarına ve $3 \cdot 10^{11}$ Hz'den $4 \cdot 10^{14}$ Hz'e kadar olan frekans değerleri alabilir. Bu bölgede üçe ayrılır: 10^{-3} ile $3 \cdot 10^{-5}$ m aralığındakilere uzak kızıl ötesi, $3 \cdot 10^{-5}$ ile $3 \cdot 10^{-6}$ m aralığındakilere orta kızıl ötesi, $3 \cdot 10^{-6}$ ile $7,8 \cdot 10^{-6}$ m aralığındakilere yakın kızıl ötesi adı verilmektedir. Endüstri, tıp, astronomi vb. alanlarda sıklıkla kullanılan bu kızılötesi dalgalar, moleküller ve sıcak maddeler tarafından üretilir (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 7. Mikrodalgalar

$0,3$ ile 10^{-3} m arasında dalga boylarına ve 10^9 Hz'den $3 \cdot 10^{11}$ Hz'e kadar olan frekans değerleri alabilir. Mikrodalgalar, radarlar ve diğer iletişim sistemlerinde kullanıldığı gibi atomik ve moleküller yapının ayrıntılarının çözülmesinde de kullanılmaktadır. Elektronik cihazların yüklerinin ivmelendirilmesi sonucu da bu mikrodalgalar oluşur. Mikrodalga bölgesine ÇYF(Çok yüksek frekans) adı verilir (Orhun ve Tanışlı 2009).

2. 4. 8. Radyo dalgaları

Bu dalgalar birkaç km'den $0,3$ m'ye kadar dalga boylarına ve birkaç Hz'den 10^9 Hz'e kadar olan frekans değerleri alabilir. Titreşim devrelerinin bulunduğu elektronik aygıtlar tarafından üretilen bu radyo dalgaları tv ve radyo yayın sistemlerinde kullanılmaktadır (Orhun ve Tanışlı 2009).

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

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

2. 5. Radyasyon

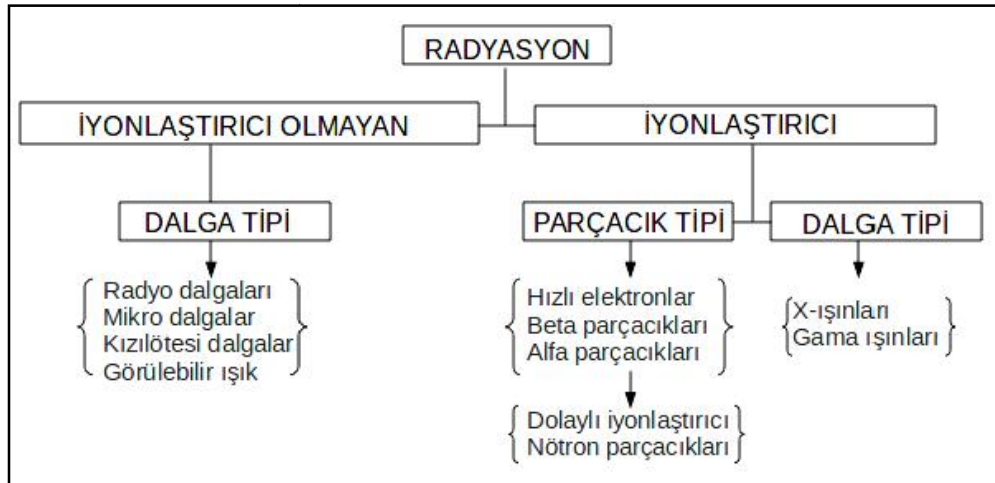
Radyasyon diğerk adıyla ışıma, genel olarak enerjinin evrende dalgalar ve ya fotonlar şeklinde yayılması olarak tanımlanır. Işık, ısı ve radyo dalgaları günlük hayatta radyasyon şeklinde yayılma örneklerindendir (TÜBİTAK-BİLTEN 2001).

İnsanların etkilendiğı EM radyasyon, dalgaların kuvvetlerine bağılı olarak enerjilerini, fotonlar aracılığıyla farklı oranlarda canlıya iletmeleriyle olur. EM dalgaların canlılar üzerindeki tesiri, alanın şiddeti ve fotonun enerjisi ile doğru orantılı olup frekans ve enerjilerine değerklerine göre sınıflandırıldığında ise yani canlılara etki etmesine göre iki sınıfta incelenir bunlar; iyonlaştırıcı (ionizing) ve iyonlaştırıcı olmayan (nonionizing) radyasyondur (Güler vd. 2010).

2. 6. Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon yapılarına göre iki şekilde sınıflandırılabilir bunlar parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon(dalga)dur (Kumaş 2009).

Parçacık ve elektromanyetik radyasyonlar oluşturdıkları etkiye göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan olmak üzere iki grupta incelenir (Huda 2014).



Şekil 2. 8. Radyasyon çeşitleri (Korkut 2010)

2. 6. 1. İyonlaştırıcı radyasyon

İyonlaşabilen moleküllerden ya da iyonlaşabilen atomlardan elektron koparmak üzere yeterli düzeyde enerji taşıyan paketçiklere sahip olan elektromanyetik radyasyon çeşidine denir. (TÜBİTAK –BİLTEN, Ankara, 2001).

İyonlaştırıcı radyasyonlar şunlardır.

2. 6. 1. a. Elektromanyetik radyasyon

γ ve X- ışınları elektromanyetik radyasyon kısmının iyonlaştırıcılarıdır (Kaya 1996).

γ -Işınları

Radyoaktif özelliğe sahip elementlerin bölünmesi ya da füzyon tepkimeleri sonucu meydana gelen ve iyonlaştırma özelliğine sahip, kütlesi olmayan, yüksek enerji taşıyan elektromanyetik radyasyonlardır (Kumaş 1997). Gama ışınları radyoaktif maddeler tarafından oluşturulduğu için radyoaktif radyasyon sınıfında yer almaktadır. Fotonlardan oluştuğu için ve elektromanyetik dalgla şeklinde yayıldığı için EMD dalgla özelliği taşırlar. Yükleri olmadığı için manyetik alandan etkilenmezler (MEB 2011a).

x-ışınları

1895’da Wilhelm Conrad Röntgen tarafından bulunmuş bu keşfinden dolayı 10 Aralık 1901’de ‘‘Nobel Fizik Ödülü’’ verilmiştir (Kaya 1996). 10^{-5} - 100 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$) dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalarlardır. Yüksek gerilim altında yüklerin ivmelendirilmesi veya atomik yörüngelerdeki elektron geçişlerinden oluşurlar. Canlı dokulara ve organizmalara zarar verici ve öldürücü ışınlardır.

2. 6. 1.b.Parçacık radyasyonu

Parçacık özeliğine sahip radyasyon Alfa(α), Beta(β) ve Nötron(n) parçacık radyasyon çeşididir (MEB 2011a).

- α -parçacıkları

1903 yılında Rutherford tarafından bulunmuştur. α -parçacıkları çok tehlikelidir. Ancak ince bir kağıtla bile durdurulabilir (Erdem 2014). α -

parçacıklarının enerjileri 4- 8 MeV arasında değişir (MEB 2011a). Alfa bozunması radyoaktif çekirdeğin kütle numarasını 4 atom numarasın 2 azaltan bir taneciğin ayrılması sonucu oluşur (Nolan 2014). Örneğin $^{238}_{92}U$ α - bozunmasına uğradığında $^{234}_{90}Th$ ' e dönüşür.



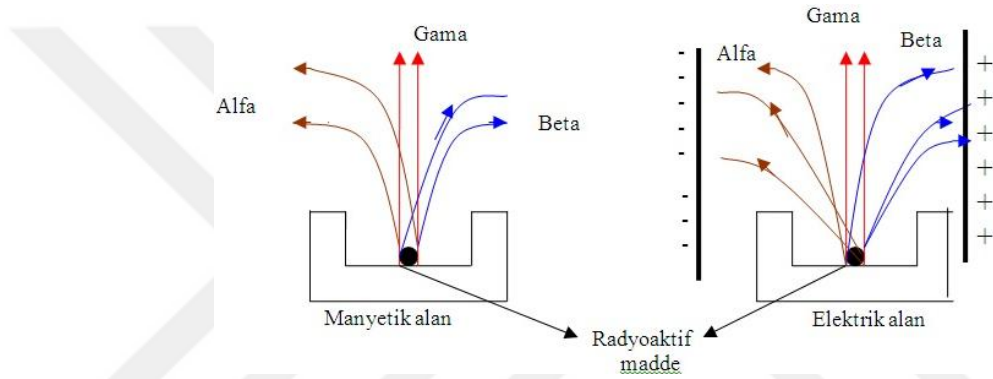
- **β -parçacıkları**

Radyoaktif çekirdeklerin nötron ve proton fazlalığı sonucu salınan (+) veya (-) yüke sahip parçacıklardır (Kumaş 2009).

Bazı geçişlerde uyarılmış çekirdekle γ -ışını yayınlamazlar fazla enerjilerini çekirdekten değil de dıştaki genelde K tabakasından elektron koparıp fırlatarak normal hale gelirler. Buna iç dönüşüm denir. Burada meydana gelen β - parçacıklarına sekonder β - parçacıkları denir. Sekonder β - parçacıklarının enerjileri farklıdır. Çünkü çekirdek dışındaki elektronlar belli enerji seviyelerinde bulunur. Bu iç dönüşüm olayında elektronun koparılmasından sonra boşalan yere üst tabakalardan elektron geçer. Bu durumda ya elektronun geldiği seviye ile yerleştiği seviye arasındaki fark kadar enerjiye sahip o elementin karakteristiği olan X-ışınları yayınlanır ya da bu enerji üst tabakalardaki bir elektronun koparılması için harcanır. Bu duruma ışımsız iç dönüşüm denir ve bu durumda meydana gelen elektronlara Auger elektronları denir. β - parçacıkları fotoğraf plakalara etki ettikleri gibi cam, porselen, fayans gibi maddelerin renklenmesine neden olurlar. β -parçacığı saçan atomlara örnek olarak Potasyum(K^{40}), Stronsiyom(Sr^{90}), Karbon(C^{14}) verilebilir (Yaramış 1984).

Çizelge 2. 1. Bazı α parçacık kaynakları (Yaramış 1985)

Element	Enerji(MeV)	Havadaki yol(cm)
Uranyum $^{238}_{92}U$	4,18	2,73
Toryum $^{234}_{90}Th$	4,75	3,28
Plutonyum $^{239}_{94}Pu$	5,159	3,75
Polonyum $^{210}_{84}Po$	5,298	3,84



Şekil 2. 9. α , β - parçacıklarının ve γ ışınlarının manyetik ve elektrik alandaki Sapmaları (Yaramış 1985).

Sonuç olarak β - parçacıklarının dağılımı karışıktır. Sürekli bir enerji dağılımına sahip primer β - parçacıkları yanı sıra belli enerjili iç dönüşüm elektronları ve Auger elektronları da bulunmaktadır. Radyoaktif atomlardan yayınlanan α , β - parçacıkları ve γ ışınları canlı hücrelere etki ederler. Bu etki kaynağın şiddetine, kaynağın canlıya uzaklığına bağlıdır (Yaramış 1985).

- **Serbest nötronlar**

Yüksüz olan bu parçacıklar atomun çekirdeğinde bulunurlar (MEB 2011a). 10 MeV kadar bir enerjiye sahip olan nötronlar aynı dozdaki x ışınlarından daha fazla bir biyolojik etkiye sahiptirler (Vural 2005). Nötronlar nötr oldukları için çekirdekteki reaksiyonların hemen her enerjiye sahip nötronlar kullanılabilir (Karadeniz 1973 ve Yaramış 1985).

2. 6. 2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

Madde ile etkileşince iyon meydana getirmeyen yani atomdan veya atomik bağları kırarak kadar yeterli enerjiye sahip olmayan EM dalgalarıdır (Güler vd. 2010).

İyonize edici radyasyon ile iyonize edici olmayan radyasyon aralığındaki enerji sınır değeri 12,4 eV'dir. Enerjisi 12,4 eV'den daha az enerjiye sahip fotonlar elektronları koparacak enerjiye sahip olmadığı için bunlara iyonlaştırıcı olmayan radyasyon denir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon tayfında mor ötesi (ultraviyole), kızıl ötesi, görünür bölge ve radyo frekansı gibi düşük frekans aralığı yer almaktadır (Raymond 2005).

İyonlaştırıcı özelliğe sahip olmayan radyasyon, optik radyasyon elektromanyetik alan radyasyonu olarak iki ana başlıkta incelenir.

2. 6. 2.a. Optik (Görünür) radyasyon

Bu radyasyon görülebilir ışık bölgesine yakın aralıklarda dalga yayan radyasyon bölgesidir. Elektromanyetik spektrumdaki kızılötesi dalgalar, görünür ışık dalgalar ve morötesi dalgalar, optik radyasyon olarak anılır (Repacholi M H. 3-12 Austria 1996; Environmental Health Criteria Series No. 23 1982).

Optik radyasyonlar genel olarak iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak kabul edilir ama ultraviyole spektrumun görünür bölgeyi aşan kısımları bazı iyonlaştırıcı özelliğe sahiptir.

Optik radyasyon madde ile geçirme, yayılma, soğurma, yansıma ve kırılma şeklinde olmaktadır (Hitchcock 2003).

2. 6. 2.b. Elektromanyetik nitelikli radyasyon

Haberleşmede, radar ve uydu bağlantılarında, mikrodalga fırınlarda kullanılan mikrodalgalar, telsiz ve radyo iletişimlerinde radyo dalgaları ile yüksek gerilim hatlarında, elektrikli makinelerde ve elektrik tesisatlarında oluşan çok düşük frekanslı dalgalar ise elektromanyetik alan radyasyonunu oluşturur. Maddenin içinden geçen Elektromanyetik radyasyon, yüklü iyonlar üretmez. Ancak, bir elektronu daha yüksek enerji seviyesine çıkaran uyarım için gerekli enerjiye sahiptir (Kwan-Hoong Ng 2003).

Radyo dalgaları, mikrodalgalar, mobil ve cep telefonları, akıllı tahtalar, radyo FM ve TV vericileri, radarlar, trafolar, mikrodalga fırınlar, bilgisayarlar, akım geçen kabloların hepsi bu grup içerisinde yer alır.

2.7. Radyasyon Birimleri

Becquerel ve Curie: Bir radyoaktif maddenin birim zamanda yaptığı bozunumun ortalama sayısı olup becquerel ile ölçülür. Aktivite birimi olarak da bilinir (Açıkgöz ve Yıldırım 2001).

Radyasyonun Klasik Birimleri: Curie (Ci) SI Birim: Becquerel (Bq)

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$$

Gray ve sievert (rad ve rem): Bir malzemedeki herhangi bir noktada mutlak soğurulmuş ışıma dozu, malzeme tarafından soğurulan birim hacimdeki enerjinin bu noktadaki kütle yoğunluğuna bölümü olarak tanımlanır.

Klasik Birimler: rad (Radiation Absorbed Dose) SI Birim: Gray(Gy)

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} \quad 1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$$

Soğrulan Doz Hızı: Maddeler tarafından birim zamanda soğrulan doz miktarına denir.

Klasik Birim: rad/sn, mrad/saat vb. SI Birim: Gy/sn, mGy/dakika vb.

Işınlanma düzeyi: Radyasyonun herhangi bir alanda atomları iyonlaştırma özelliğine dayanmakta olan bir ölçüdür ve elektromanyetik ışıma için belirtilmiştir.

Klasik Birim: Röntgen (R) SI Birim: Coulomb/kg (C/kg)

$$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R} \quad 1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4}$$

Sievert(Sv), bağıl biyolojik etkinlik(BBE) çarpanını mutlak soğurulmuş doza bağlayan bir birimdir: Sv eşdeğeri doz, söz konusu ışıma için uygun BBE çarpanıyla çarpılmış olarak Gy dozuna eşittir. Sv dozu, verilen bir ışıma dozunu almış canlı dokuya yönelik potansiyel hasarın bir göstergesidir. Uygulamada dozlar genellikle milisievert (mSv) olarak ifade edilir. Rem ile rad arasındaki ilişki sievert ile gray

arasındaki ilişkinin aynıdır (çizelge 2. 2), yani $1\text{Sv}=10^2\text{rem}$ 'dir (Açıköz ve Yıldırım 2001).

Röntgen ışınlama birimi olup 1 cm^3 kuru havada, normal koşullarda iyon çifti oluşturan ışınlam miktarı olarak tanımlanır. Havada bir iyon çifti oluşturmak için gerekli enerji 32,5 eV olduğuna göre bir röntgen 1 cm^3 havada 0,108 erg'lik bir enerji soğurulmasına karşılıktır. 1 gram Radium'un yayınladığı süzölmüş gama ışınları, 10 cm uzaklıkta 1 saatte 85 röntgenlik bir doz oluşturur (Yılmaz 1998).

Çizelge 2. 2. Radyasyon birimleri

Radyasyon Birimleri	SI Birimi	Özel Birim	Dönüştürme
Eşdeğer Doz Birimi	Sievert (Sv)	Rem	$1\text{ Sv} = 100\text{ Rem}$
Aktivite Birimi	Becquerel (Bq)	Curie (Ci)	$1\text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10}\text{ Bq}$
Soğurulma Doz Birimi	Gray (Gy)	Rad	$1\text{ Gy} = 100\text{ Rad}$
İşinlama Birimi	Coulomb/kilogram (C/kg)	Röntgen (R)	$1\text{ R} = 2,58 \times 10^{-4}\text{ C/kg}$

2. 8. Elektromanyetik Alan Kaynakları

Bu kaynaklar iki grupta incelenir biri doğal diğeri ise yapay kaynaklardır. Dünya'nın manyetik alanı, atmosferde oluşan yıldırımlar, güneş ve uzayda oluşan enerji doğal enerji kaynaklarıdır. Elektrikle çalışan cihazların hepsi yapay elektromanyetik alan kaynaklarıdır.

Yerüstünde bulunan enerji transfer hatları hem elektrik alan hem manyetik alan meydana getirirken bunun yanı sıra yer altında bulunan elektrik hatları ise yerüstünde elektrik alan meydana getirmez ve ancak manyetik alan oluşturabilmektedir (Niehs 2002).

Yerküremiz 25-65 μT arasında durgun manyetik alan ile sarılmıştır (Feychting 2005). Frekans aralıklarına göre yapay elektromanyetik alanlar çok düşük frekans

aralığı, orta frekans, radyo frekans, radyo frekansı ve mikrodalga frekansı şeklinde gruplandırılabilir.

Çok düşük frekans aralığında (0-300 Hz), elektrik dağıtım hatları, yüksek gerilim hatları, trafolar, şalt sahaları, tramvay ve araçlardaki elektrik motorları ile günlük hayatta kullanılan ve şehir şebekesi frekansında (50 Hz) çalışan elektrik süpürgesi, buzdolabı, saç kurutma makinesi gibi elektrikle çalışan cihazlar elektromanyetik alan kaynaklarıdır (Schmid 2012).

Orta frekans aralığında (300 Hz-100 kHz) ise denizaltı iletişim vericileri, kompakt floresan lambalar, elektronik ürün koruma sistemleri, kablosuz enerji transferi, metal algılayıcılar ve kart okuyucuları elektromanyetik alan kaynakları olarak gösterilebilir (Schmid 2012).

Radyo frekansı ve mikrodalga frekans aralıklarında (100 kHz – 300 GHz) ise baz istasyonları, cep telefonları, tv ve radyo vericileri, mikrodalga fırınlar, radyo-frekans kaynak(plastik kaynağı), ahşap kurutma makineleri, indüksiyon ısıtma fırınları ve indüksiyon ocakları başlıca elektromanyetik radyasyon kaynaklarıdır (Güler vd. 2010).

2. 8. 1.GSM kökenli radyo frekans kaynakları

Son zamanlarda sayılarında hızlı bir artış görülen GSM hücresel haberleşme sistemleri 900 MHz ve 1800MHz frekans aralığını kapsayan ve trafik yükü beklentileri bakımından istenen kullanışlılığın gerçekleşebilmesi açısından çok fazla GSM Baz İstasyonu (Base Transmitting Station - BTS) ile işletilmektedir. Bu da özellikle de yerleşim alanları içindeki ortamlarda yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebep olmaktadır. Baz istasyonların oluşturduğu radyasyon Radyo frekansı aralığında olduğu için Elektromanyetik dalga spektrumunun iyonlaştırmayan bölgesinde yer alırlar. Ülkemizde haberleşmede kullanılan GSM hücresel ağ sistemleri GSM 900, 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekans aralıklarında çalışmakta olup, cihaz yayılmakta olan güçleri ise Çizelge 2. 3'te gösterildiği gibi kullanılan alanlara göre değişiklik gösterebilmektedir.

Çizelge 2. 3. Hücresel Ağların Çıkış Güçleri

Kaynak	Çıkış gücü (w)	Güvenlik mesafesi (m) (GSM 900) (G:1dBi ve E:10,23 V/m)
Baz İstasyon (Kırsal alan)	40-60	3,8 –4,65
Baz İstasyon (Kentsel alan)	5-10	1,34 – 1,9
Bina içi /Mobil İstasyon	0,5 - 3	0,42 - 1
Mobil Telefonlar	0,25-2	0,3 – 0,85

GSM sektöründe her geçen gün abone sayısının ve hizmet çeşitliliğinin artması nedeni ile hücresel ağlar içinde RF yayan özelliklerde olan birimlerin ve sistemlerin sayıları yerleşim bölgelerinde ve yakınında gün geçtikçe artış göstermektedir. Bundan dolayı elektromanyetik alan kaynaklarının ve yoğunluğun artmasına sebep teşkil etmektedir. GSM hücresel sistemlerde etki alanlarına göre makro, mikro ve piko olmak üzere üç çeşit BTS donanımı vardır. Bu cihazların ortama yaydığı güç; cihaz çıkış gücü olarak 2 ile 10 Watt arasında değişmekte olup, ana yayılım yönünde ise 20 W = 400W seviyesine kadar ulaşmaktadır. Kullanıcı sayısı artması yerleşim alanlarındaki baz istasyonlarının sayısının artmasını kaçınılmaz kılmıştır (İnce 2007).

Baz istasyonları genellikle 10-30 m yüksekliğe sahip olan yerlere yerleştirilir. Genellikle istasyonların bulunduğu her yükseklikte 120°'lik yatay açıyı içeren üç anten yerleştirilir. Bu antenlerden her birisi düşeyde tipik olarak 5-6°'lik demete sahiptir. Bu demet yataydan biraz daha aşağıya yöneltilerek yükseklikten yere minimum 50 m' de düşmektedir. Antenlerin her birisi birden fazla konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16) sahiptir. 30-40 km'lik yarıçapa sahip alanı etkileyebilmesi için her kanalın ortalama olarak 40-60 W çıkış gücüne sahip olması ve antenlerin ise 15-18 dB'lik kazancı vardır. 60 W güç ile 10 m yükseklikteki bir yerde 50 m uzaklığında ölçülecek elektrik alan şiddeti 4-6 V/m seviyesinde olacaktır. Bu değerler çevrede ona yakın olan binalardan veya balkonlardan yansıma sonucunda artış gösterebilir (İnce 2007).

2. 8. 2. Radyo ve TV vericileri

Radyo ve TV vericileri RF ile yayın yaptıklarından dolayı EMD Spektrumunda iyonlaştırma özeliği olmayan bölgede yer almaktadırlar. İstasyonun şekli, kullanılan anten çeşidi, antenin bulunduğu yerin yüksekliği, antene göre menzili ve antene verilmiş olan güç radyo ve TV vericilerinin çevreye yaydığı enerjiyi etkileyen faktörlerdir. Genellikle radyo ve TV verici antenleri insanların yaşam alanlarına uzak yerlere kurulduğu için yaymış oldukları elektromanyetik alan değerleri sınır değerlerin altında çıkmaktadır. Ancak metropol şehirlerdeki hızla nüfusun artmasından dolayı şekilde radyo ve TV verici antenleri yaşam alanların sınırları içerisinde kalması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu halde 100 W ile 50 kW arasındaki çıkış güçlerine sahip olduğundan ötürü, uzun süre etkisi altında kaldığı düşünüldüğünde insan sağlığı açısından önemli tehlikeler oluşturabilir. Radyo ve TV vericileri 108 MHz FM aralığında, 174 – 230 MHz VHF aralığında ve 470 – 854 MHz UHF bandında yayın yapmaktadırlar. Çizelge 2. 4'te Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri verilmiştir.

Çizelge 2. 4. Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri

Kaynak	Çıkış gücü (kW)	Güvenlik Mesafesi (m) (G:1dBi)
UHF (300 – 3000 MHz) TV	30	152 – 70,96
VHF (30 – 300 MHz) Radyo TV	40	175
HF (3 – 30 MHz)	500	343 – 620,79

2. 8. 3. Diğer elektromanyetik alan kaynakları

Elektrik ile çalışan cihazlar veya sistemler kullanıldıkları müddetçe çevreye farklı oranlarda elektromanyetik enerji yaymaktadırlar. EM alan kaynağı görevi yapan sistem ve cihazların bir kısmı şunlardır:

- Enerji Nakil Hatları ile trafo istasyonları,
- Elektrikle çalışan trenler,
- TV ve bilgisayarlarda kullanılmakta olan Katod Işını Tüplü (Cathode Ray Tube – CRT) ekranlar,

- Endüstride çokça kullanılmakta olan indüksiyon fırınları ile kaynak makineleri,
- Tıpta kullanılan elektrikli/elektronik cihazlar,
- Yaşam alanlarımızda kullandığımız her türlü elektrikli ev aletleri (ütüler, mikrodalga fırınlar, WLAN, elektrikli battaniyeler, buzdolapları, saç kurutma makinesi vs.),
- Sanayide kullanılmakta olan RF frekans bandında çalışan çeşitli sistemler
- Radar sistemleri (sürekli ve darbeli)
- Uyduların haberleşme sistemleri
- Telsiz sistemlerinde (el telsizi, telsiz telefon, wifi, Bluetooth, vs.) Çalışma gerilimi=110 V, Çalışma frekansı=60 Hz, menz = 30 cm

Elektromanyetik alan kaynakları olan cihaz ve sistemlerin etki alanlarında oluşturdukları elektromanyetik kirlilik düzeyleri ve kaynakları Çizelge 2. 5'te belirtilmiştir (Arslantaş 2012).

Çizelge 2. 5. Çevremizde olan elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri

Cihaz ismi	Oluşan Max. Elektrik Alan (V/m)
Yıldırım esnasında oluşan doğal elektrik alanı	20 000
380 kV'luk iletim hattı	6000
110 kV'luk iletim hattı	2000
10 kV'luk iletim hattı	500
Elektrikli battaniye	500
Doğal elektrik alanı	500
Elektrik ütüsü	200
Elektrikli tıraş makinesi	100
Saç kurutma makinesi	50
Ev içindeki elektrik kabloları	5

Çizelge 2. 6. Çevremizde olan elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri

Cihaz ismi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlr ve saç kurutma makineleri	2000
Elektrikli tıraş makinesi	1000
Matkap	500
Elektrikli süpürge ve tost makinesi	100
Yer kürenin doğal manyetik alanı (statik)	30
380 kV'luk iletim hattı	30
110 kV'luk iletim hattı	15
10 kV'luk iletim hattı 10	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5

2. 9. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Sağlık Üzerindeki Etkileri

Vücudun dış kısımları tarafından absorbe edilen optik radyasyon etkisi çoğunlukla göz ve deri ile sınırlı kalmaktadır. Deri ve gözde emilen radyasyonun dalga boyuna göre etkileri farklı olmaktadır. Fotokimyasal etkileri mor ötesi kısmında etkindir, sıcaklık etkileri kızıl ötesi kısmında etkindir (Environmental Health Criteria Series No. 23 1982).

Radyasyonun canlılar üzerinde oluşturduğu biyolojik etkiler akut ve kronik olmak üzere iki kısma ayrılır. Maruziyet değerleri eşik değerlerin üstüne çıktığında genellikle akut değerler görülür, maruziyet değerleri kişilere göre değişiklik gösterebilir. Maruziyet sınır değerlerin çoğu, akut eşik değerleri üzerinde yapılan çalışmalara göre belirlenip bu eşik değerler ölçü alınarak ortaya konulur. Bundan dolayı maruziyet sınır değerlerinin üstüne çıkmak her zaman sağlık üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaz. Yalnız normalin dışında ışığa karşı hassas olan bireylerde olumsuz etkilenmeler maruziyet sınırlarının altında her düzeyde görülebilir (Environmental Health Criteria Series No. 23 1982).

Optik radyasyon gözün kornea ve lenslerinde zararlı etkiler oluşturabilir. Gözde ağrılara sebep olup göze kaçan kumun yaptığı etkiyi yapabilir. Deri üzerinde ise kızarıklık, yanma, kabarma, erken yaşlanma ve farklı deri kanserlerine sebep olabilir. Yüksek enerjiye sahip lazerlerin yanlış kullanılması sonucu gözde körlük

deride de ciddi yanıklar oluşturabilir (Health and Safety Authority(AOR) England 2010).

Gray ve Sievert, biyolojik hasar açısından büyük birimlerdir: Yaklaşık 50 Gy'lik vücut dozları %50 oranında ölümle sonuçlanmaktadır. Çok düşük dozlarda biyolojik hasar için eşik değerin var olup olmadığı henüz kesinleştirilmemiştir. Zarara uğrama tehlikeleri, doz ve etki arasındaki orantı dikkate alınarak tespit edilmektedir. Eğer bu doğruysa 1 milyonluk bir nüfusun 1 mSv'lik dozuna uğraması halinde 20 öldürücü kanser, bir o kadar da tedavi edilebilir kanser olayı görüleceği ileri sürülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu sayılar o kadar küçüktür ki bir kural konması olası olmamıştır (Açıkgöz ve Yıldırım 2001).

Okullarda var olan elektromanyetik alan kaynakları RF aralığında çalışan WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, akıllı tahta gibi cihazlardır. Bu kaynaklarla ilgili ICNRP(İnternational Commission on Non-İonizing Radition Protektion) tarafından oluşturulan işyerleri için belirlenmiş olan limit değerler aşağıda Çizelge 2. 7'de verilmiştir.

Çizelge 2. 7. Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş limit değerler

Frekans aralığı (MHz)	E-Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	H-Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	S-Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu (W/m²)
0,00082-0,065	610	24,4	-----
0,065-1	610	1,6/f	-----
1-10	610/f	1,6/f	-----
10-400	61	0,16	10
400-2000	$3*f^{1/2}$	$0,008*f^{1/2}$	f/40
2000-300000	137	0,36	50

Çizelge 2. 8. Bazı frekanslar için hazırlanmış sınır değerler

Frekan s Aralığı (MHz)	Elektrik alan şiddeti (V/m)		Manyetik alan şiddeti (A/m)		Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (W/m ²)	
	Tek bir cihaz için	Ortam ın topla mı için	Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için	Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için
0,010- 0,15	22	87	1,3	5	-	-
0,15-1	22	87	0,18/f	0,73/f	-	-
1-10	$22/f^{1/2}$	$87/f^{1/2}$	0,18/f	0,73/f	-	-
10-400	7	28	0,02	0,073	0,125	2
400- 2000	$0,341*f^{1/2}$	$1,375*f^{1/2}$	$0,0009*f^{1/2}$	$0,0037*f^{1/2}$	f/3200	f/200
2000- 60000	15	61	0,04	0,16	0,625	10

Çizelge 2. 9. Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik radyasyon sınır değerleri

Gsm Operatörü	Frekans bandı (MHz)	Elektrik alan şiddeti (V/m)		Manyetik alan şiddeti (A/m)	
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için	Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için
Vodafone	900	10,23	41,25	0,027	0,111
Turkcell	900	10,23	41,25	0,027	0,111
Avea	1800	14,47	58,34	0,038	0,157
3G (Her üç operatör)	2100	15	61	0,04	0,16

Çizelge 2. 9'de görüldüğü üzere 900 MHz frekansına sahip olan sabit elektronik haberleşme cihazının yalnız başına gerçekleştirdikleri elektrik alan şiddetinin 10,23 V/m, manyetik alan şiddetinin de 0,027 A/m sınır değerlerinin üstüne çıkmaması gerekmektedir. Frekansı 1800MHz olan elektromanyetik alan değerleri için 14,47 V/m ve manyetik alan ölçümleri için ise 0,038 A/m'dir. Tüm ortam için ise, diğer ICNIRP tarafından belirlenmiş sınır değerler ülkemizde en yüksek derecede uygulanmaktadır.

2. 10. SAR (Specific Absorption Rate)

Özgül Soğurma Hızı SAR (Specific Absorption Rate), elektromanyetik enerjinin canlıların vücut dokuları tarafından absorbe edilme hızıdır. Birimi W/kg'dır. Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda insanların vücut sıcaklığının bir derece artmasını düzenleyemediğinden dolayı, sorunların ortaya çıktığını göstermektedir. İnsan vücudunda meydana gelebilecek bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogramlık doku başına 4W'lık güç soğurması gerekir. İnsanların genel itibarıyla yaşamlarını sürdürdüğü yerlerde bu değer 1/50'si 0,08 W/kg olan SAR limit değeri olarak kabul edilmiştir. Özgül soğurma hızını direk olarak ölçmek imkansız gibidir. Sınır değerlerin belirlenmesi için kolay bir şekilde ölçülen veya gözlemlenen değişkenler kullanılır. Bu değişkenler üç tanesi, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur (Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları, Biltek Tubitak, 2001). Kullanılan cihazların üstünde uyarı niteliğinde olan ve SAR değerlerini gösteren uyarıcı bir ifade veya sembol yer almalıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nın yürüttüğü Elektromanyetik Alan Projesi'nde cep telefonu SAR değerleri için maksimum 0,1 W/kg SAR değeri tavsiye edilmektedir. Maalesef Türkiye'de satılan cep telefonlarının SAR değerleri 0,1 ile 1,11 arasında bulunmaktadır.

Birden fazla kuruluşun oluşturduğu standartlara göre “*ortalama insan vücudunda vücut sıcaklığını bir derece artıracak elektromanyetik enerjinin soğurulmasının zararlı olduğu*” ifadesini ölçü olarak 4 W/kg değeri limit değeri olarak kabul görmüştür. Avrupa'daki ülkelerde insanların baş bölgesi için SAR sınır değeri 2 W/kg iken, Amerika'da ise bu sınır değer 1,6 Watt/kg olarak kabul

edilmiştir. Ayrıca kol ve bacak bölgeleri için belirlenen SAR üst sınır değeri 4 W/kg 'dır. Güvenlik değerleri işyerleri için 10 kat iken, genel mesken yerleri için 50 kat ölçüt olarak alınmıştır. Ayrıca işyerleri için sınır değerler 0,4 W/kg, halka açık olan alanlarda ise SAR değeri 0,08 W/kg olarak kabul edilmiştir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3. 1. Araştırmanın Amacı

“Ağrı il merkezinde bulunan liselerde elektromanyetik alan ölçümünün yapılması “ konulu tez konusunun belirlenmesinin ardından, elektromanyetik alan ölçümlerinin yapılacağı okullarda öğrenci, öğretmen ve diğer personelin elektromanyetik alan (EMA) maruziyetleri belirlenmiş. Okullarda akıllı tahtaların oluşturduğu elektromanyetik alanın 1cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm gibi farklı uzaklıklarda şiddet değerleri tespit edilmeye çalışıldı. Dersliklerde oluşan elektromanyetik alanların sınır değerleri araştırılarak Türkiye’de kabul edilen International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Uluslararası Komisyonu)’nin elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiş.

3. 2. Araştırma Hakkında Bilgi

Tez kapsamında; okullardaki derslik ortamında en yoğun statik manyetik alan şiddetinin ve radyo dalgalarının yayıldığı cihaz olan akıllı tahtalardan ölçümler alınmıştır. Bu nedenle ölçümlerde, kaynağın çalışma frekanslarını kapsayan 500 kHz - 8 GHz frekans aralığı gibi geniş bantta ölçüm yapabilen Aaronia Spectran Analyzer HF - 6085 marka el spektrum analizörü kullanılmıştır.

Cihaz seçiminde standarda göre ölçüm yapılırken cihazın dış faktörlerden (sıcaklık, titreşim, elektromanyetik girişim, ölçüm personeli vb.) etkilenmemesine dikkat edilmesi gerekir. Şekil 3.1 (a)’da gösterilen cihaz yönlü anteni aracılığıyla kullanıldığında sadece istenen frekans aralığındaki elektromanyetik alan şiddeti belirlenebilmekte ve Şekil 3 (b)’de görülen yalıtkan ayağıyla birlikte kullanıldığında, statik elektriklenme, ölçüm personelinin etkisi gibi durumlardan cihaz etkilenmeden ölçüm yapılabilmektedir.



Şekil 3. 1. (a). Aaronia Spektran HF – 6085 **Şekil 3. (b).** Cihazın Yalıtkan Ayakla Kullanılması

Cihaz elektromanyetik alan kaynaklarının ortamda meydana getirdiği bileşke EA şiddetini belirleyebilmektedir. Bu cihaz çevresinde bulunan elektromanyetik alan kaynaklarını bulabilme özelliğine sahip olup, cihazın ölçebildiği parametreler (Elektrik Alan(V/m), Manyetik Alan (A/m), Güç Yoğunluğu W/cm^2 , vb.) uluslararası standartlarda limit değerleri verilen parametrelerdir. Bu sayede ölçüm sonuçlarının limit değerlerle kıyaslanması ve uygunluk değerlendirmesi kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Cihazın usb bağlantısı ve MCS Realtime Spektrum Analyzer yazılımı sayesinde, ölçülen parametreler eş zamanlı izlenebilmektedir. (Spectran HF– 6085)

Cihazın bazı önemli özellikleri ise şunlardır:

- Frekans aralığı: 10 MHz – 8 GHz
- Giriş Konnektörü: SMA(f) 50 ohms
- Ekran: dBm, V/m, A/m, dBiV, W/m^2
- Ekranda etki altında kalma değerlerinin gösterilmesi
- RBW: 1kHz – 50 MHz
- Maksimum Seviye: +10 dBm
- Frekans aralığının ayarlanabilir olması

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

Bizim yaptığımız bu çalışmada ölçüm sonuçları, 7 dakikalık süre boyunca alınan anlık ölçüm verilerinin ortalama değerleridir.

RF kaynakları olan akıllı tahtaların mesafeye göre değişen elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Bunun için ölçümler, mesafeye bağlı olarak her bir akıllı tahta için 1cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 1m olacak şekilde ayarlanarak alınmıştır. Ayrıca ortam ölçümleri yapılırken de cihazın yerden yükseklik mesafesi de 1.5 m olacak şekilde ayarlanarak, ölçümler alınmıştır. Ölçüm yapılmadan önce, ortamda ve ölüm yapan kişinin üzerinde bulunan EMA kaynakları ortamdaki uzaklaştırılarak ölçümün güvenilirliği sağlanmıştır. Alınan sonuçlar Türkiye’de mevcut olan geçerli elektromanyetik alan şiddeti sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Ölçüm yönteminde Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanmış olan “*Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik*” ölçü alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4. 1. Mesafeye Bağlı Alınan Ölçümler

Tez kapsamında; hassas kullanım alanları olarak bilinen okullarda yaygın olarak kullanılan akıllı tahtada WLAN bağlantısı varken 1 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm olmak üzere farklı uzaklıklarda ölçülen elektromanyetik alan şiddeti değerleri ile Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti sınır değerleri ile kıyaslanmıştır. Ölçümler geniş aralıkta ölçüm alabilme özelliğine sahip Spectran HF 6085 cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm yöntemi olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun yayımlamış olduğu “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” dikkate alınmıştır.

Elektromanyetik alanın ölçülmesi elektromanyetik dalganın bileşenleri olan elektrik alan şiddeti ve manyetik alan şiddetinin ölçülmesidir. Tez çalışmasında her bir EMA kaynağı için mesafeye bağlı olarak elektrik alan, manyetik alan ve manyetik akı yoğunluk değerleri ölçülmüştür.

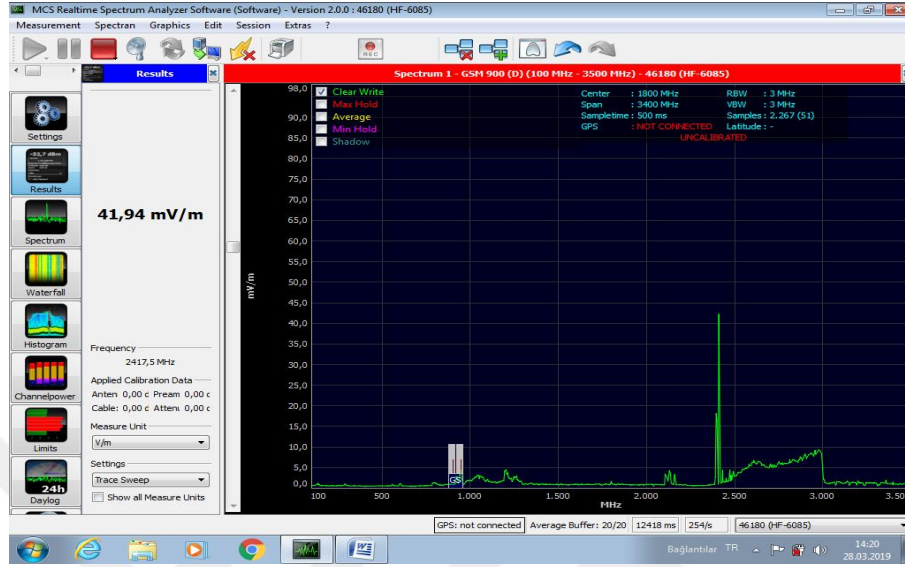
A okulundaki akıllı tahtalar ile yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Akıllı tahta için 1cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri



Şekil 4. 1. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta yapılan ölçü

Elektrik alan şiddeti



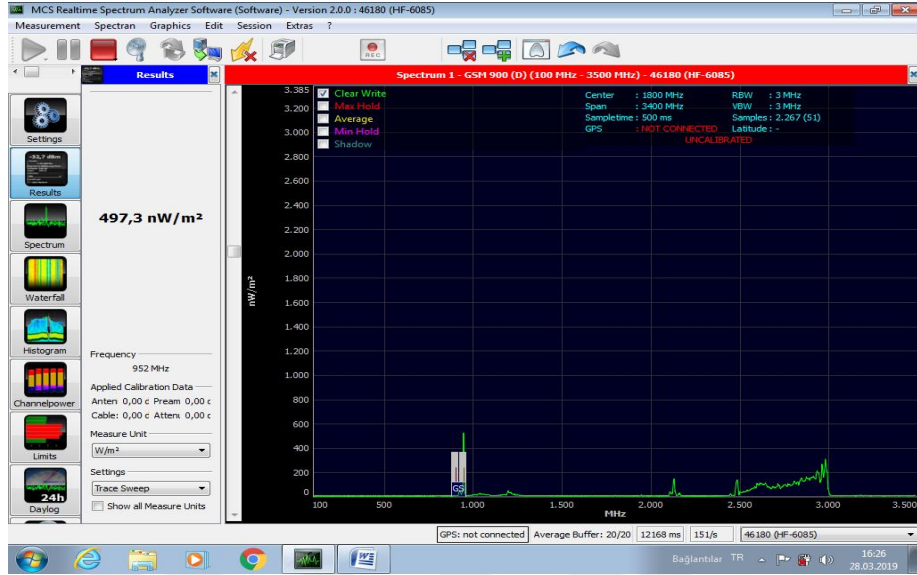
Şekil 4. 2. Akıllı tahtadan 1cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 3. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



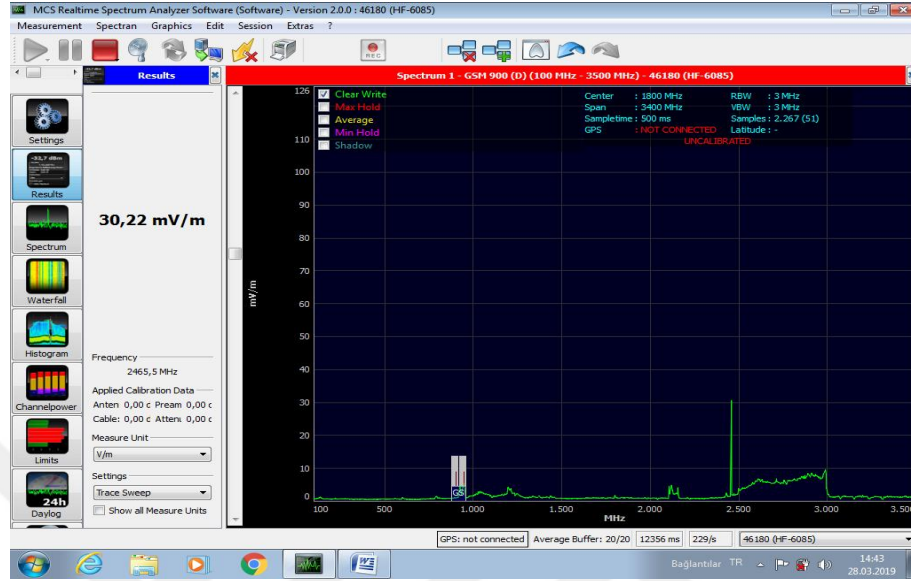
Şekil 4. 4. Akıllı tahtalardan 1cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

2. Akıllı tahta için 10cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri



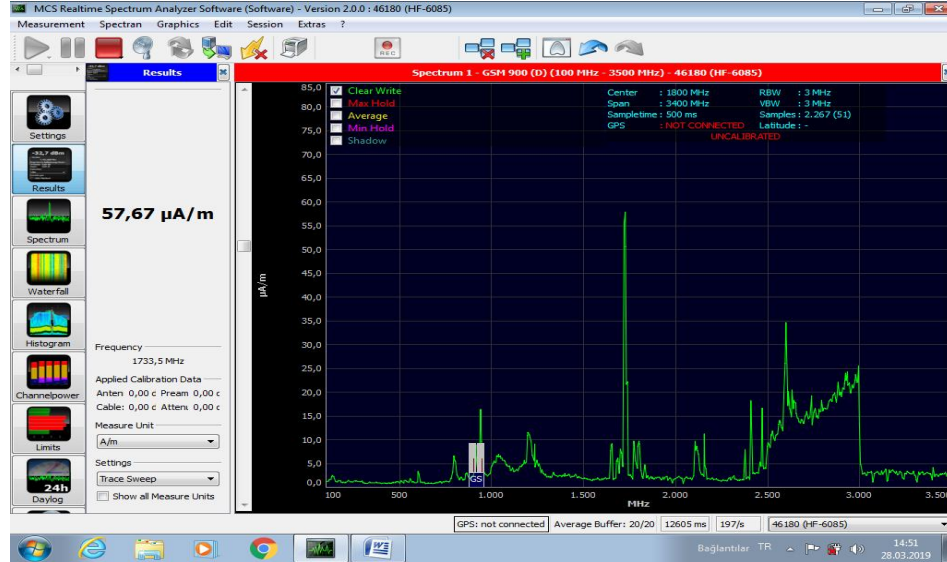
Şekil 4. 5. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta yapılan ölçüm

Elektrik alan şiddeti



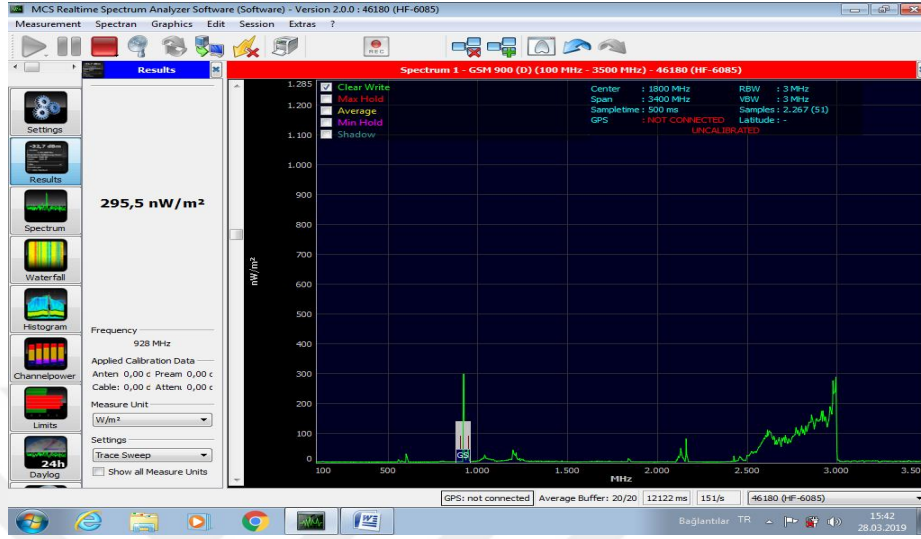
Şekil 4. 6. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 7. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



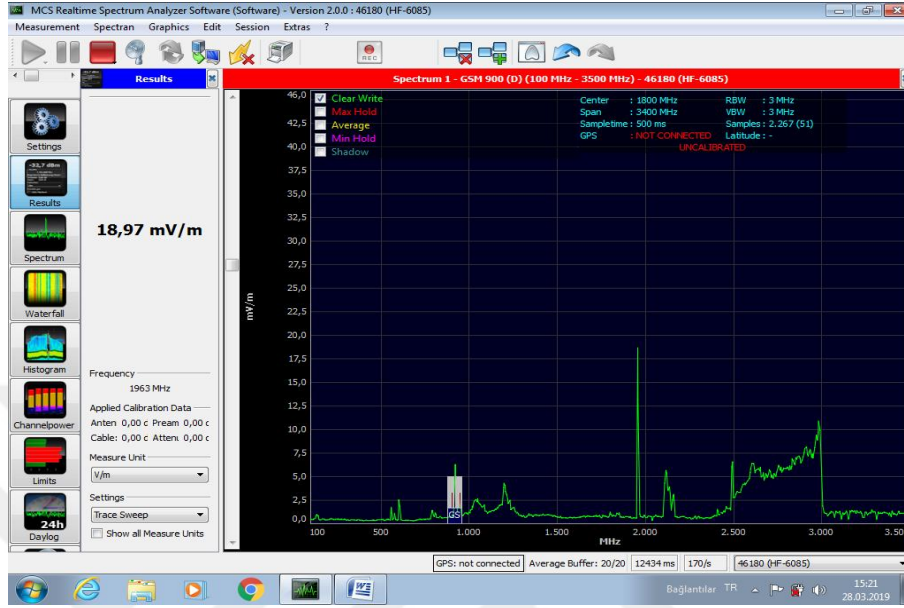
Şekil 4. 8. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

3. Akıllı tahta için 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri



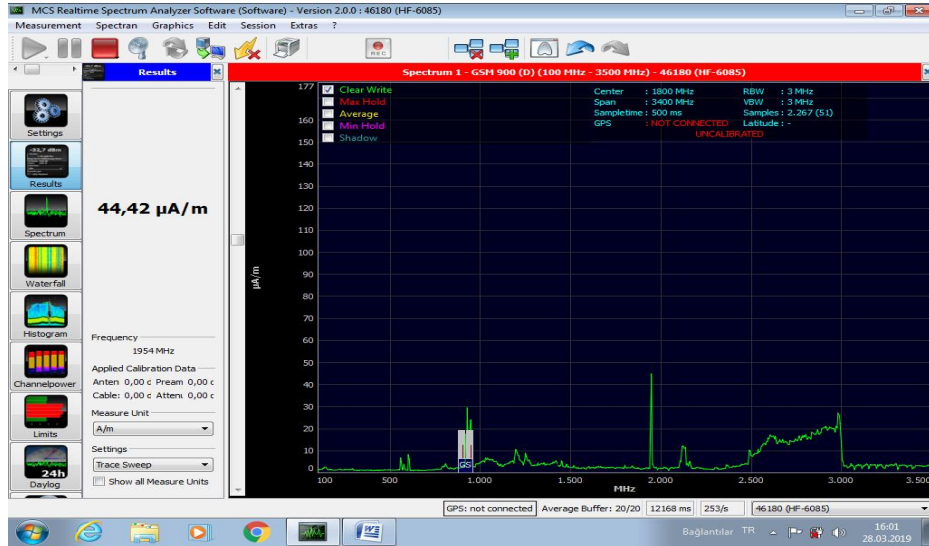
Şekil 4. 9. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta yapılan ölçüm

Elektrik alan şiddeti



Şekil 4. 10. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 11. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



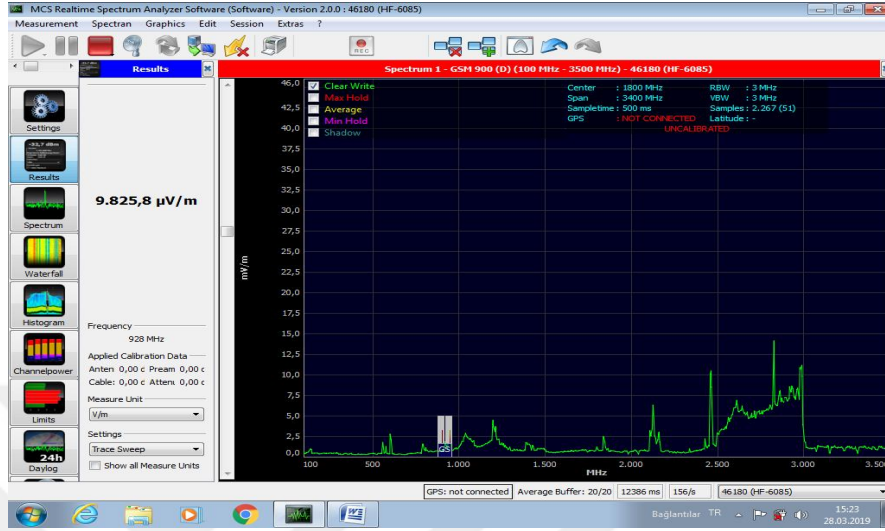
Şekil 4. 12. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

4. Akıllı tahta için 60 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri



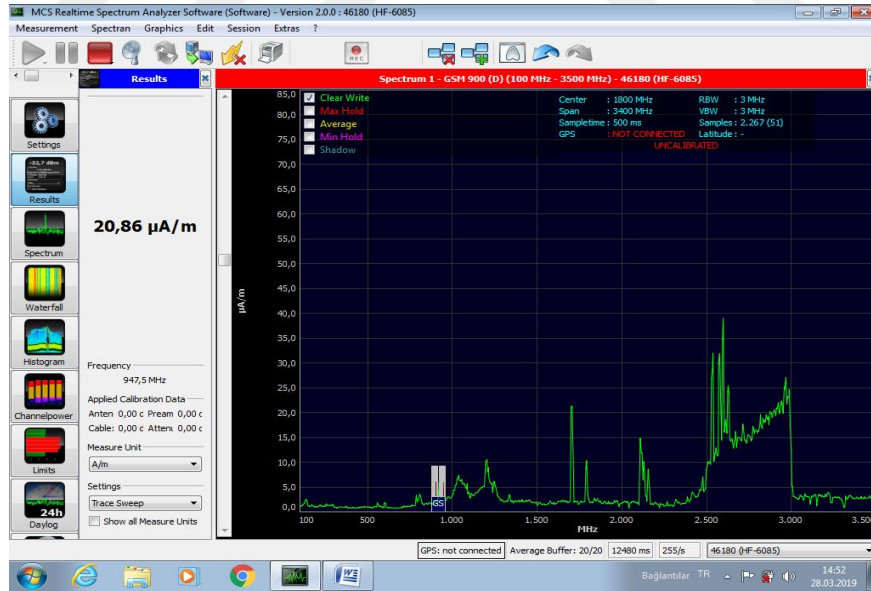
Şekil 4. 13. Akıllı telefondan 60 cm uzaklıkta yapılan ölçüm

Elektrik alan şiddeti



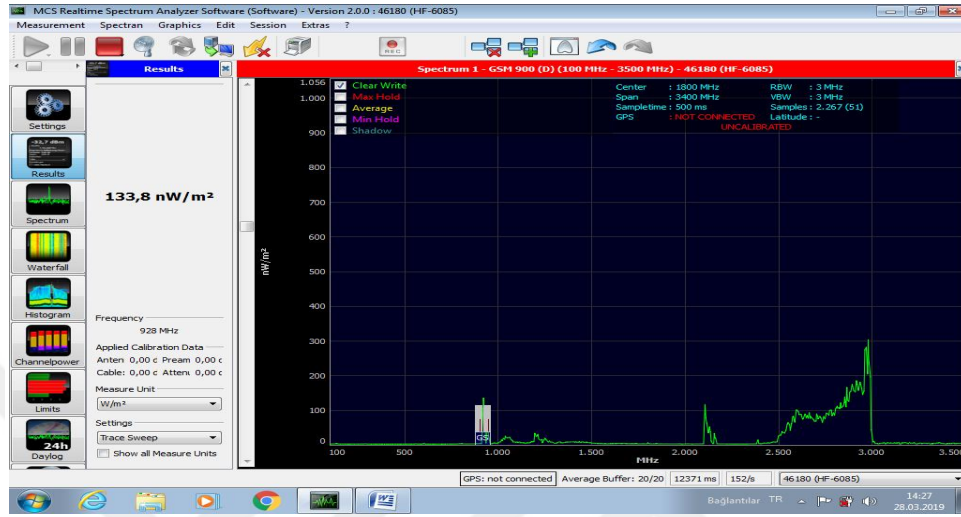
Şekil 4. 14. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 15. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



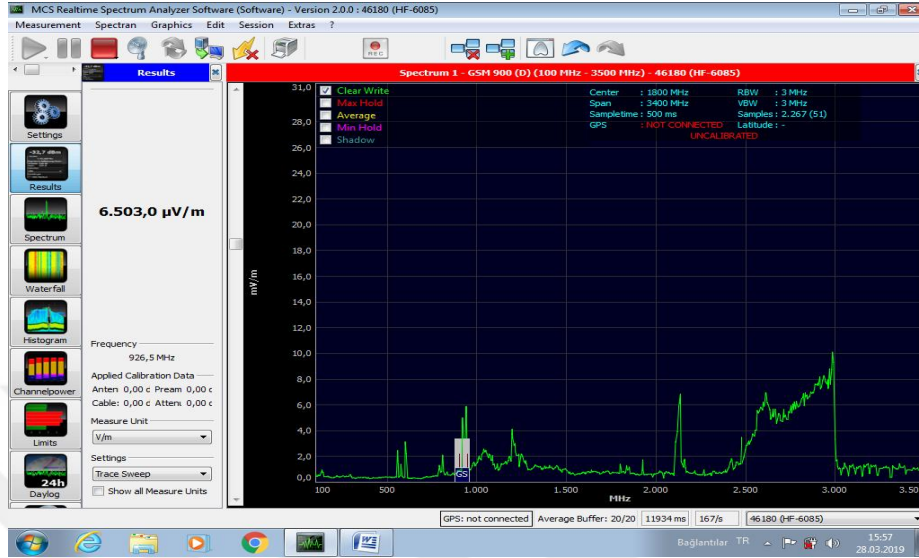
Şekil 4. 16. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

5. Akıllı tahta için 100 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri



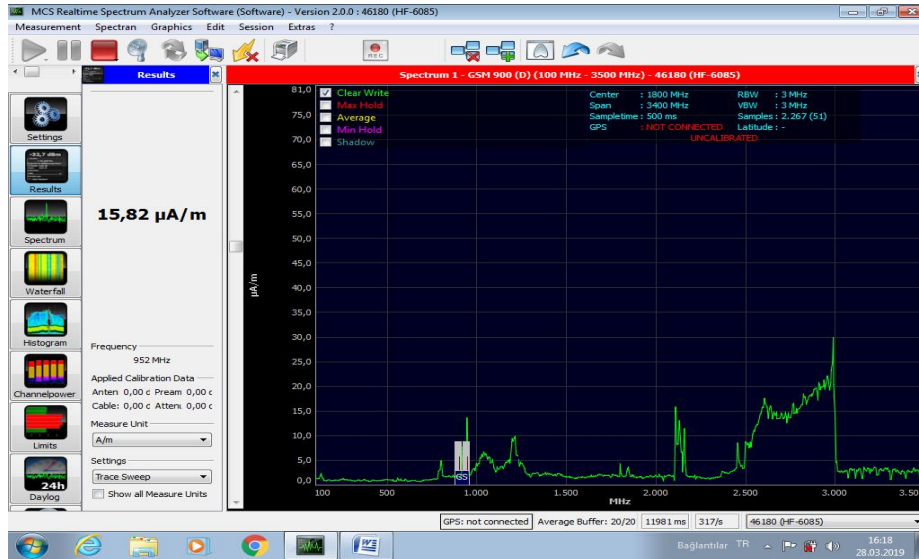
Şekil 4. 17. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta yapılan ölçüm

Elektrik alan şiddeti



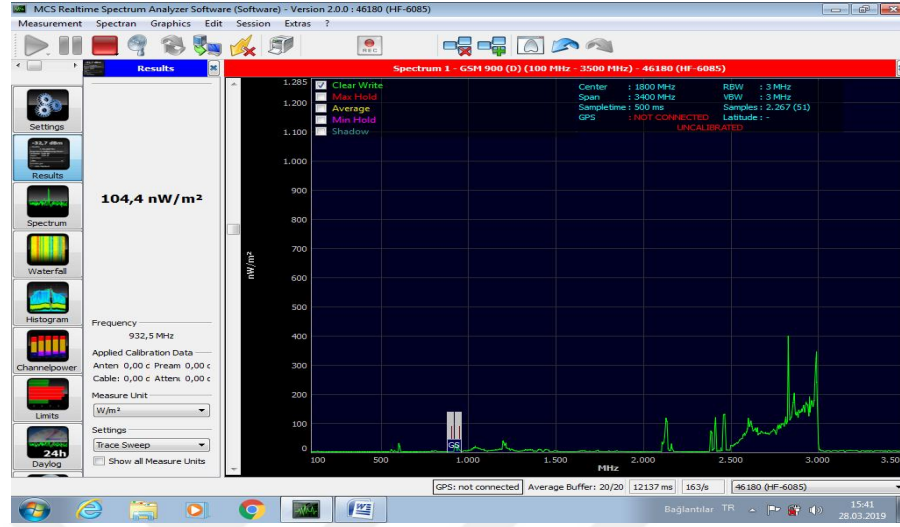
Şekil 4. 18. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4.19. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 20. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

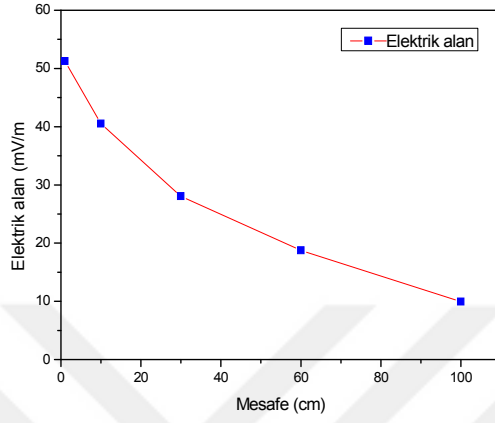
Çizelge 4. 1. Akıllı Tahtanın A Okulundaki Ölçüm Değerleri

Akıllı Tahtaya Olan Uzaklık (cm)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Manyetik Alan Değerleri (µA/m)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri (pW/m²)	Ölçüm süresi (dakika)
1	41,94	82,77	497,3	7
10	30,22	57,67	295,5	7
30	18,97	44,42	217,8	7
60	9,83	20,86	133,8	7
100	6,50	15,82	104,4	7

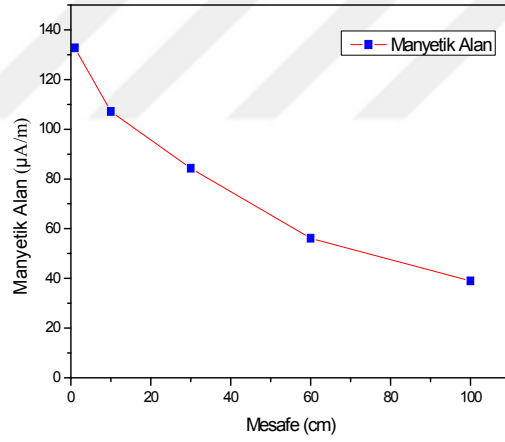
Bu bölümde A okulunda kullanılan akıllı tahtanın oluşturduğu EMA değerlerinden bahsedilmiştir. Bu cihazların yaydığı değerler 1cm, 10cm, 30cm, 60cm ve 100cm uzaklıklarda ölçülerek tablolar halinde sunulmuş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Grafikler

Elektrik Alan

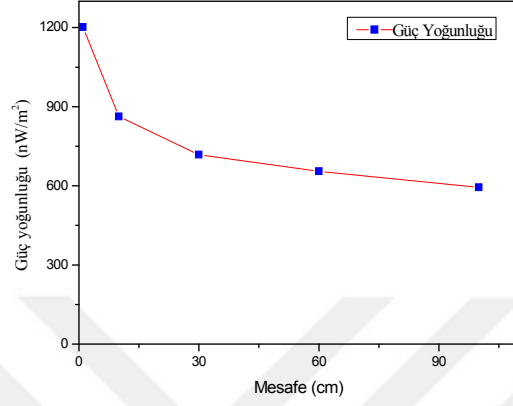


Manyetik Alan



Şekil 4. 21. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi

Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu



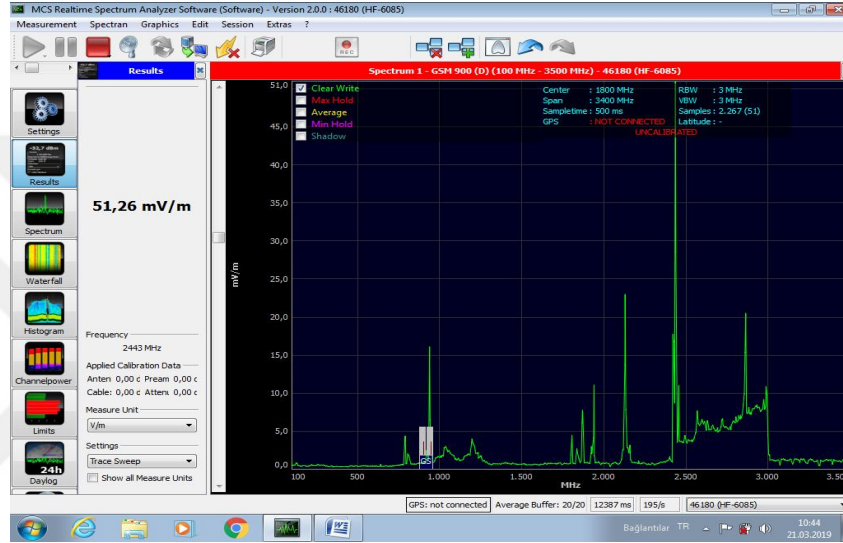
Şekil 4. 22. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi

Şekil 4. 21 ve Şekil 4. 22’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça akıllı tahtanın oluşturduğu elektrik alan, manyetik alan ve eşdeğer düzlem güç yoğunluğu artmaktadır.

B Okulundaki akıllı tahtalar ile yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

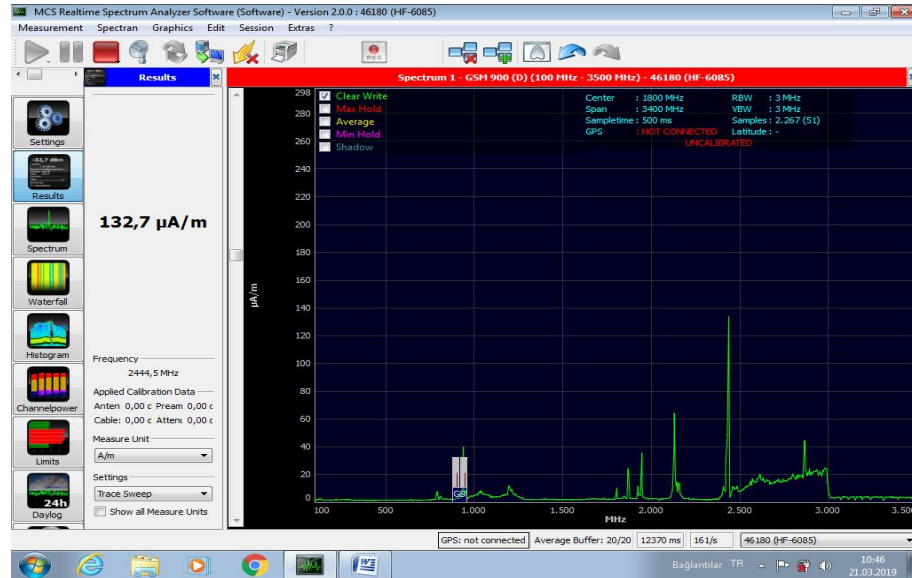
1. Akıllı tahta için 1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



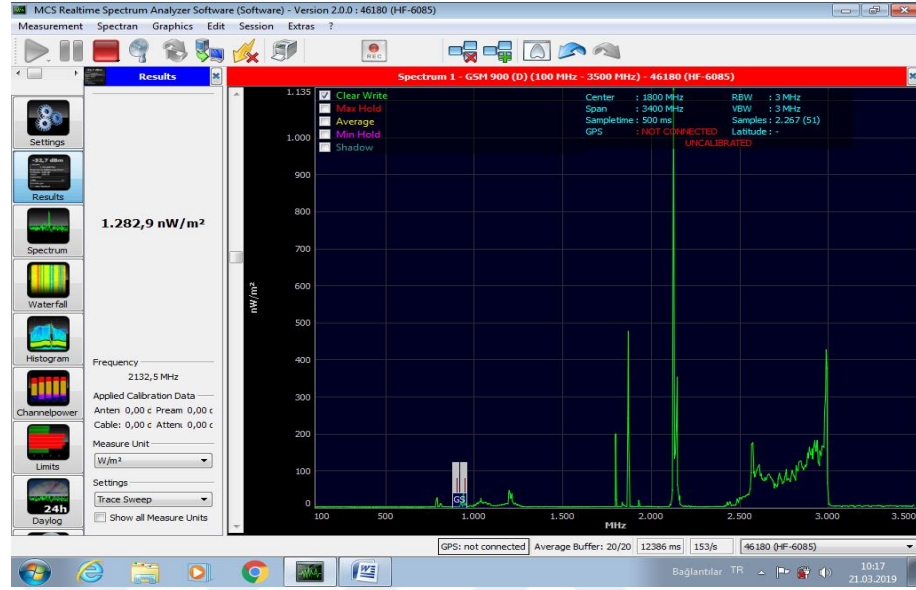
Şekil 4. 23. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 24. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

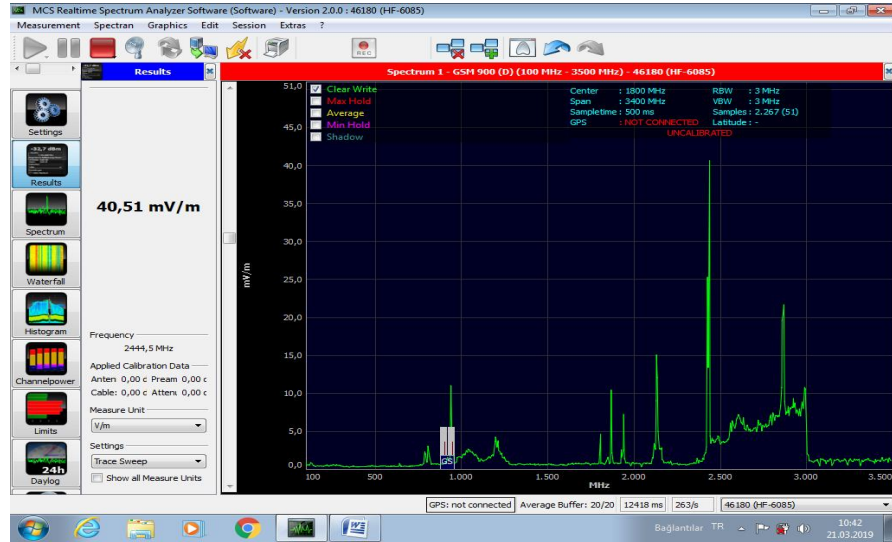
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 25. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

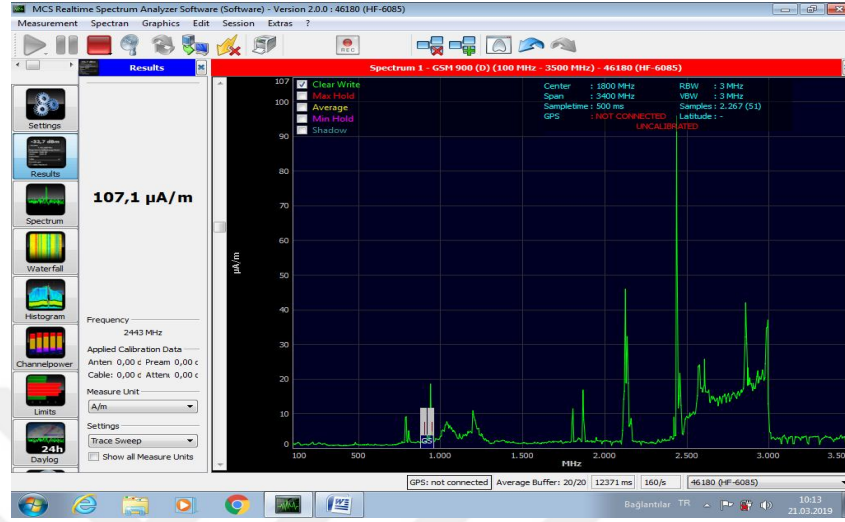
2. Akıllı tahta için 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



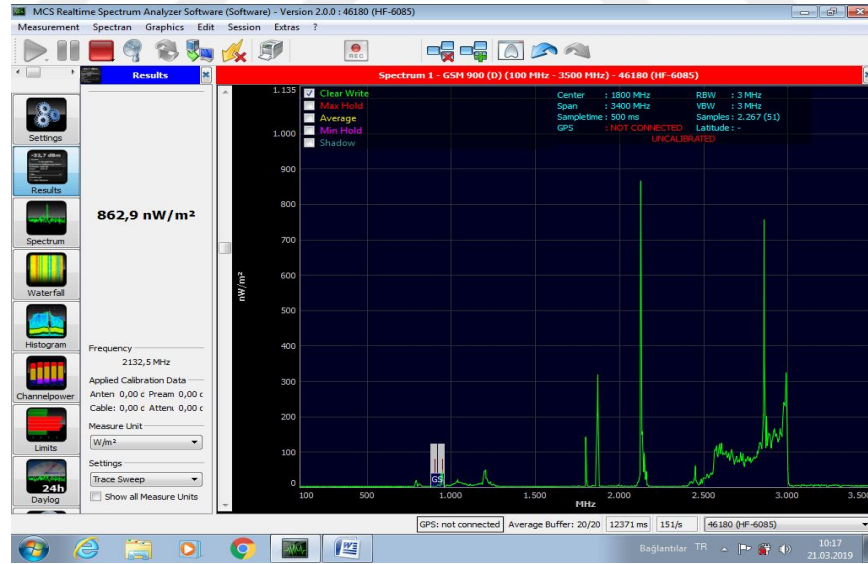
Şekil 4. 26. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 27. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

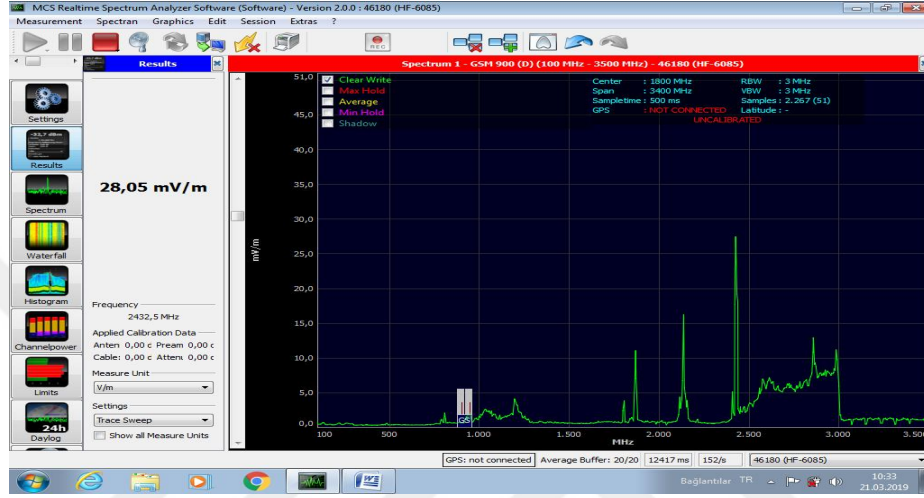
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 28. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

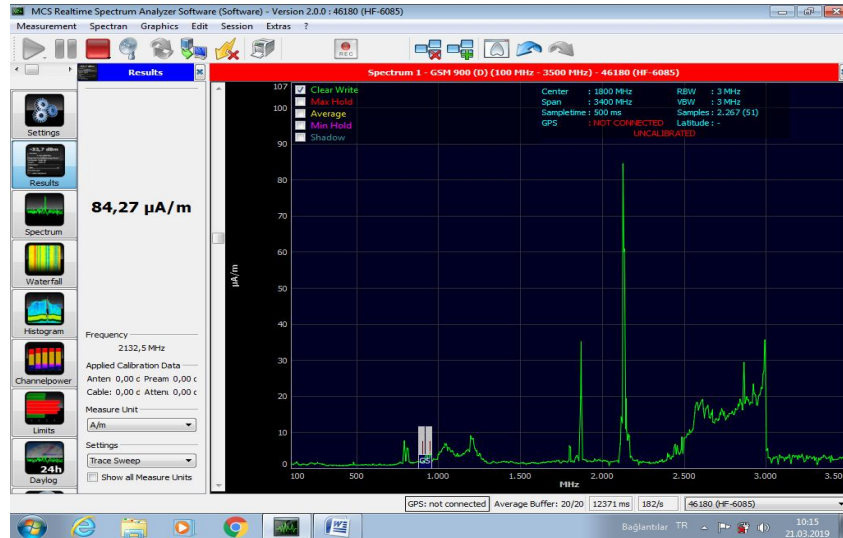
3. Akıllı tahta için 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



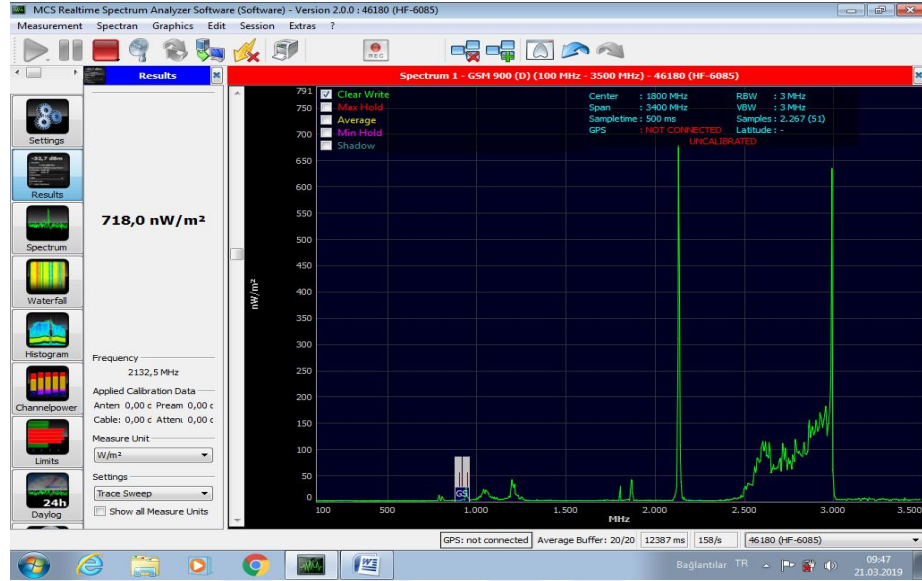
Şekil 4. 29. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 30. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

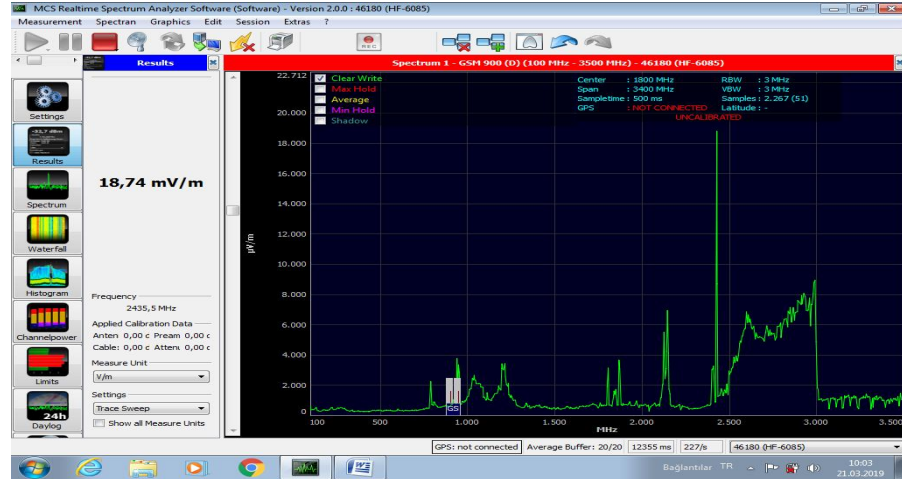
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 31. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

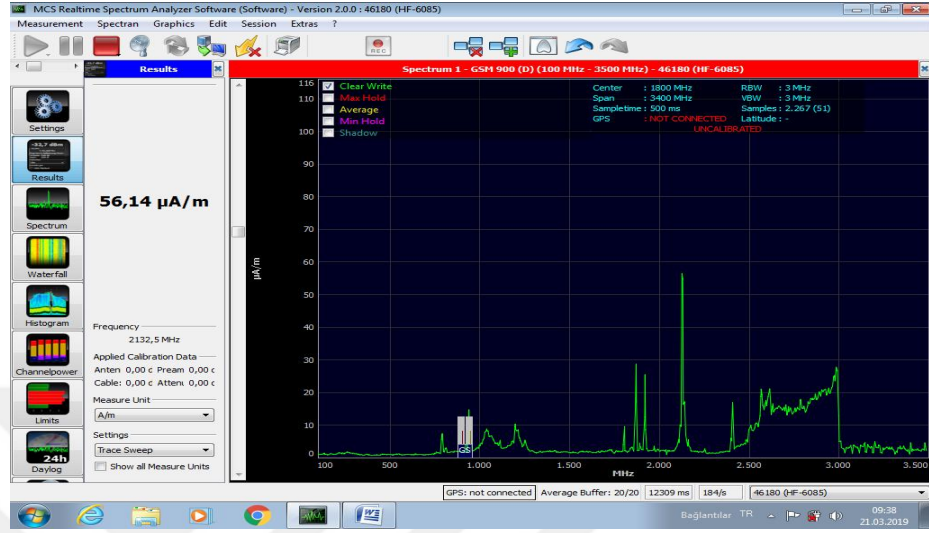
1. Akıllı tahta için 60 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



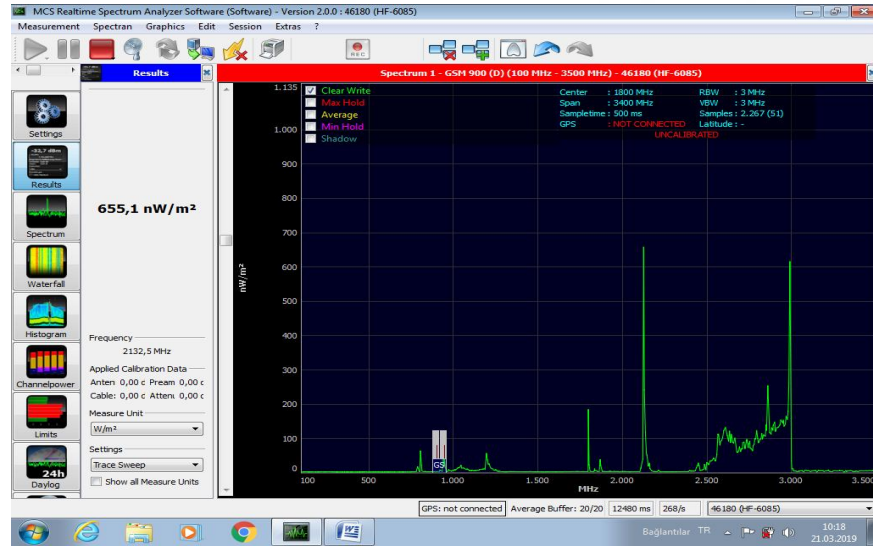
Şekil 4. 32. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 33. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

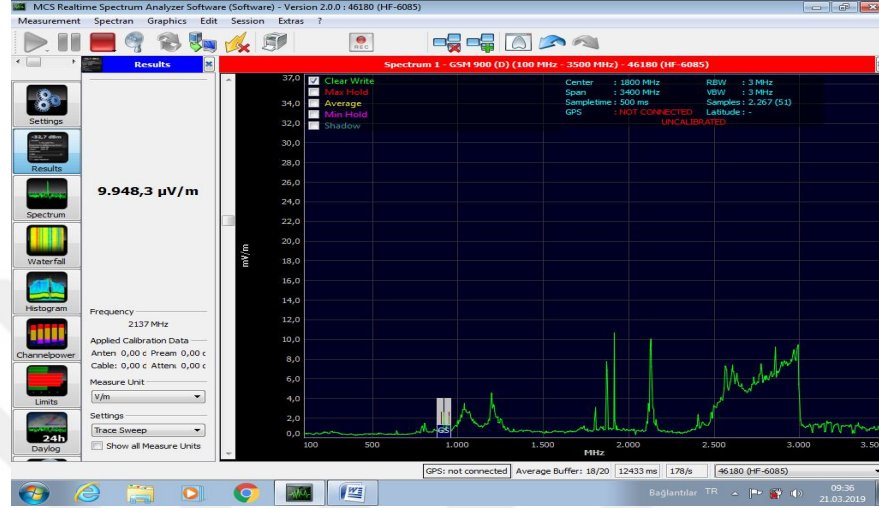
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 34. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

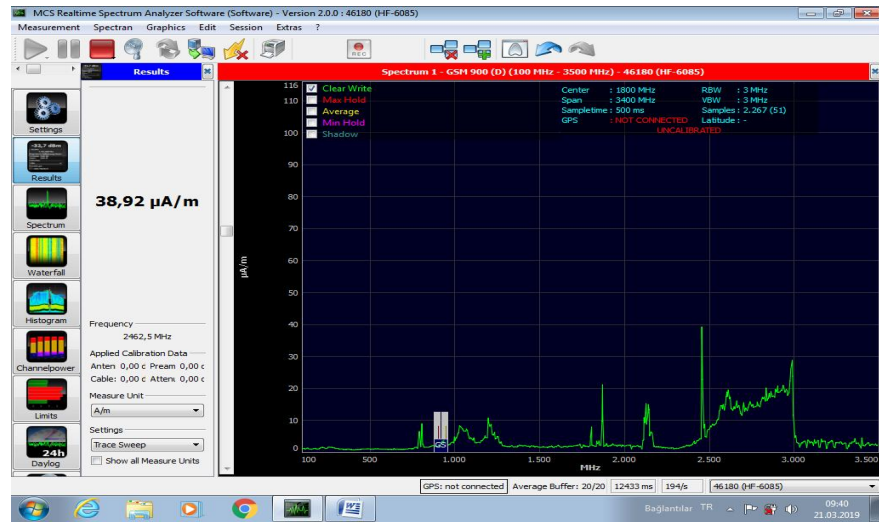
2. Akıllı tahta için 100 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik Alan Şiddeti



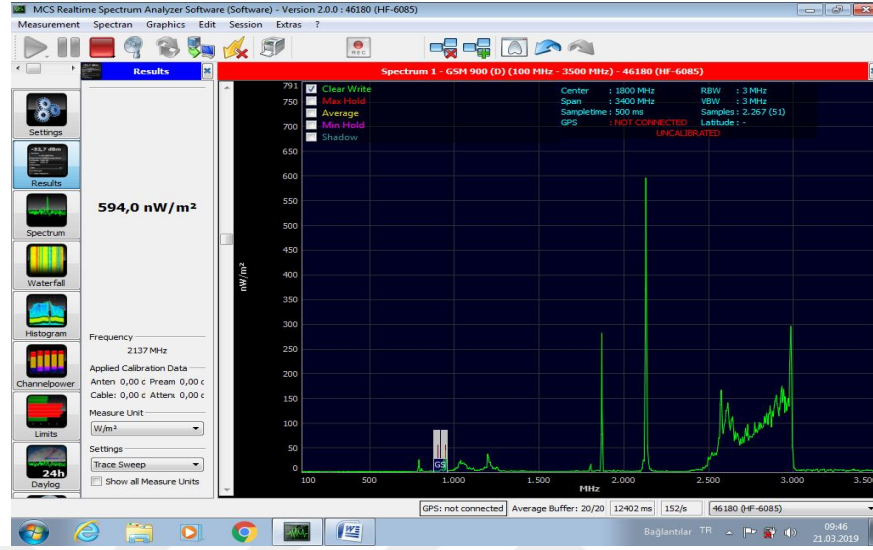
Şekil 4. 35. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik Alan Şiddeti



Şekil 4.36. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu



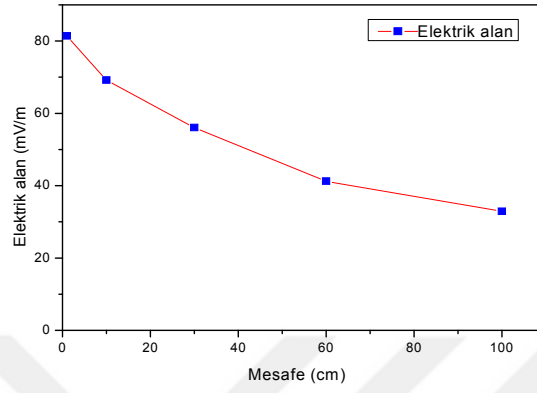
Şekil 4. 37. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

Çizelge 4. 2. Akıllı Tahtanın B Okulundaki Ölçüm Değerleri

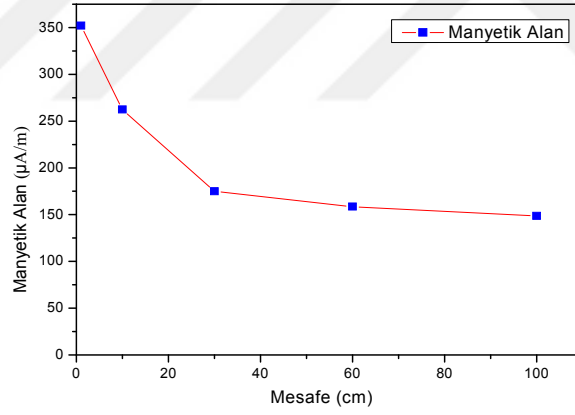
Akıllı Tahtalara Olan Uzaklık (cm)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Manyetik Alan Değerleri (µA/m)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri (µW/m²)	Ölçüm süresi (dakika)
1	51,26	132,7	1.282,9	7
10	40,51	107,1	862,9	7
30	28,05	84,27	718,0	7
60	18,74	56,14	655,1	7
100	9,95	38,92	594,0	7

Bu bölümde B okulunda kullanılan akıllı tahtanın oluşturduğu EMA değerlerinden bahsedilmiştir. Bu cihazların yaydığı değerler 1cm, 10cm, 30cm, 60cm ve 100cm uzaklıklarda ölçülerek tablolar halinde sunulmuş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Elektrik Alan

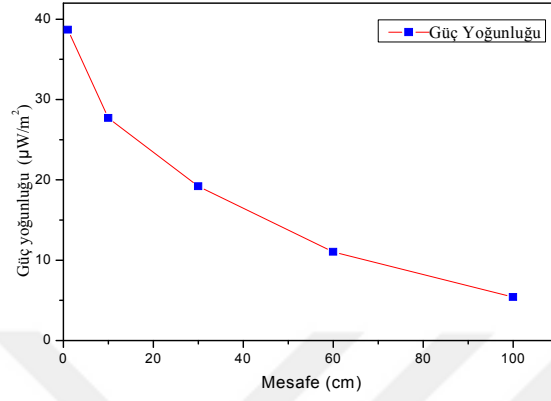


Manyetik Alan



Şekil 4. 38. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi

Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu

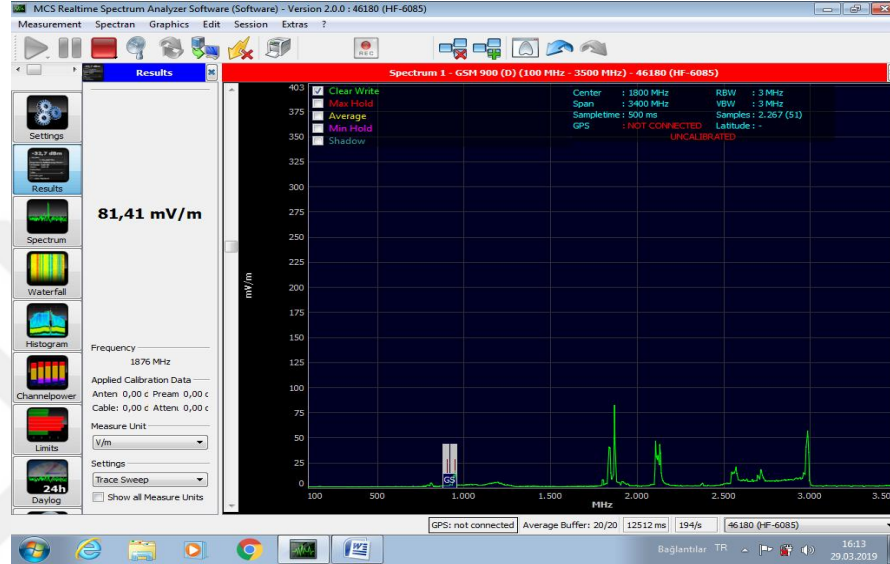


Şekil 4. 39. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi

Şekil 4. 38 ve Şekil 4. 39’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça akıllı tahtanın oluşturduğu elektrik alan, manyetik alan ve eşdeğer düzlem güç yoğunluğu artmaktadır.

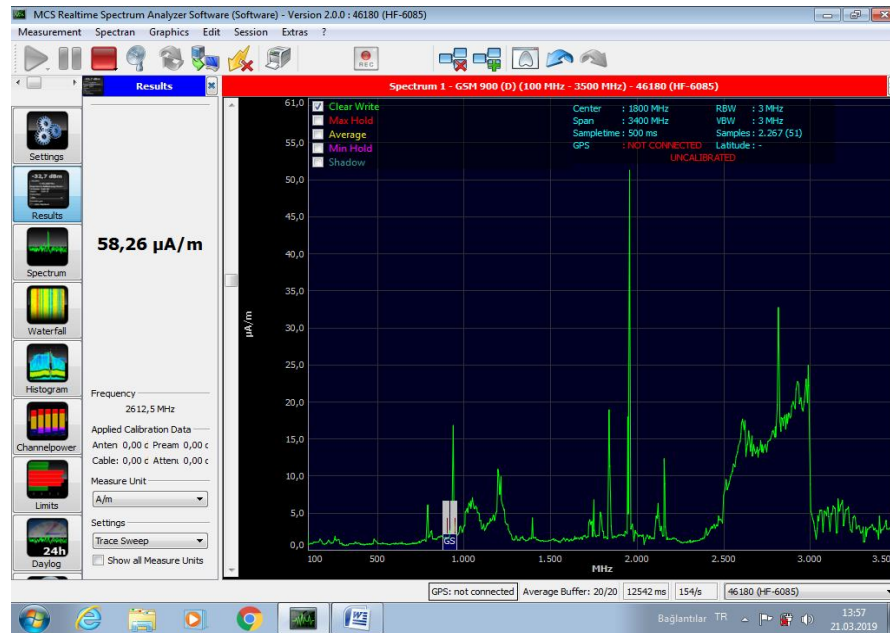
C Okulundaki akıllı tahtalar ile yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Akıllı tahta için 1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri
Elektrik alan şiddeti



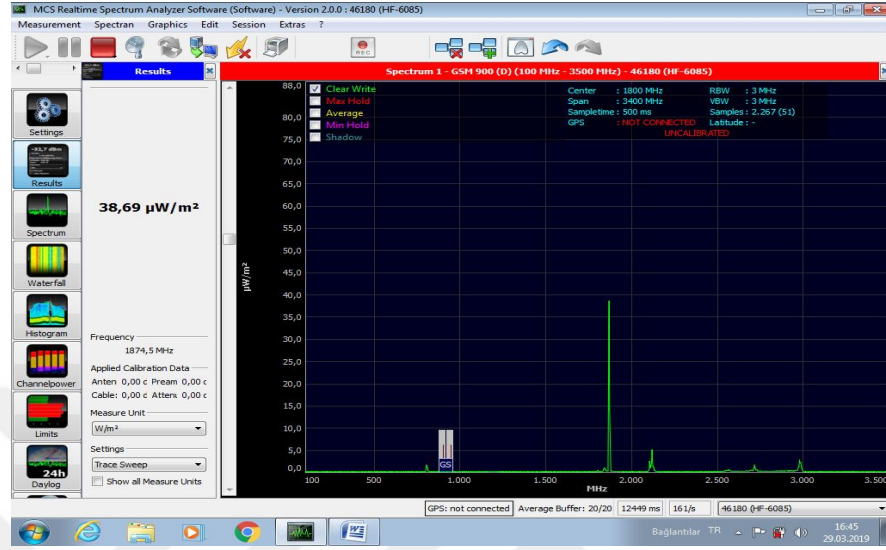
Şekil 4. 40. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 41. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

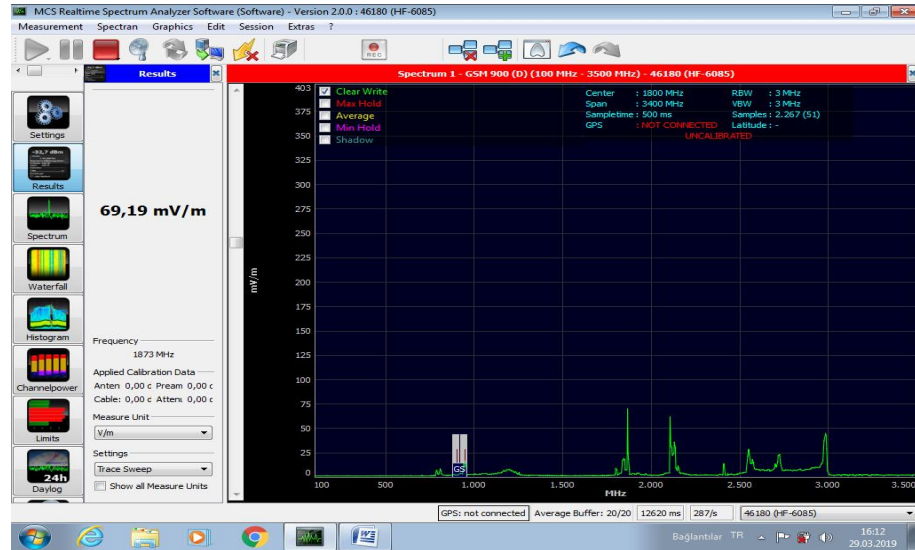
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 42. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

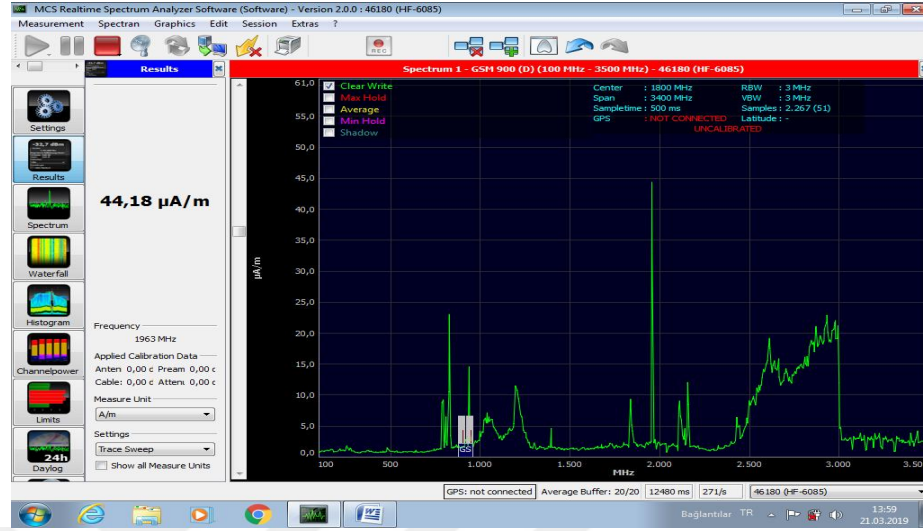
2. Akıllı tahta için 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



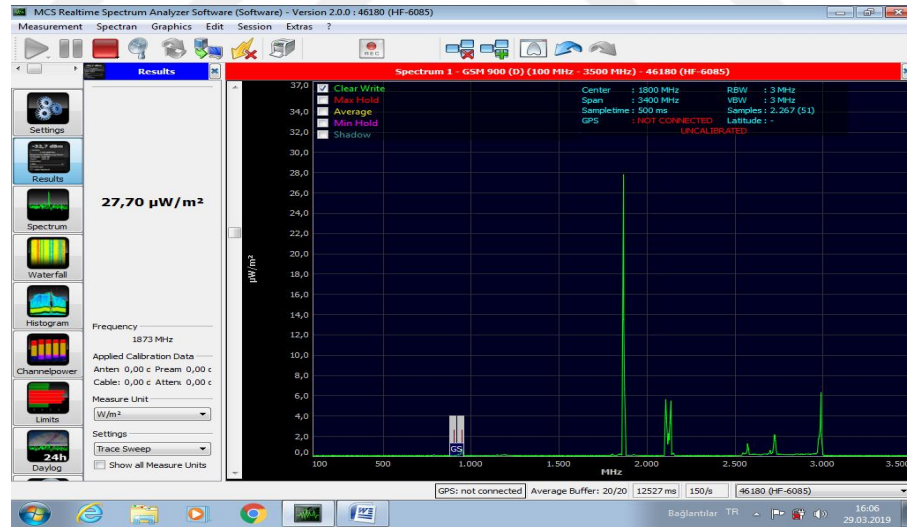
Şekil 4. 43. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 44. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

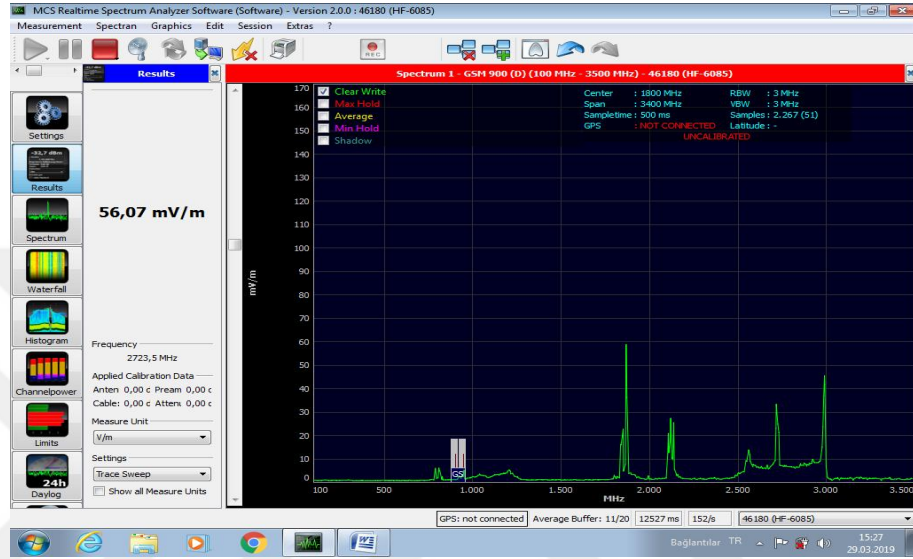
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 45. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

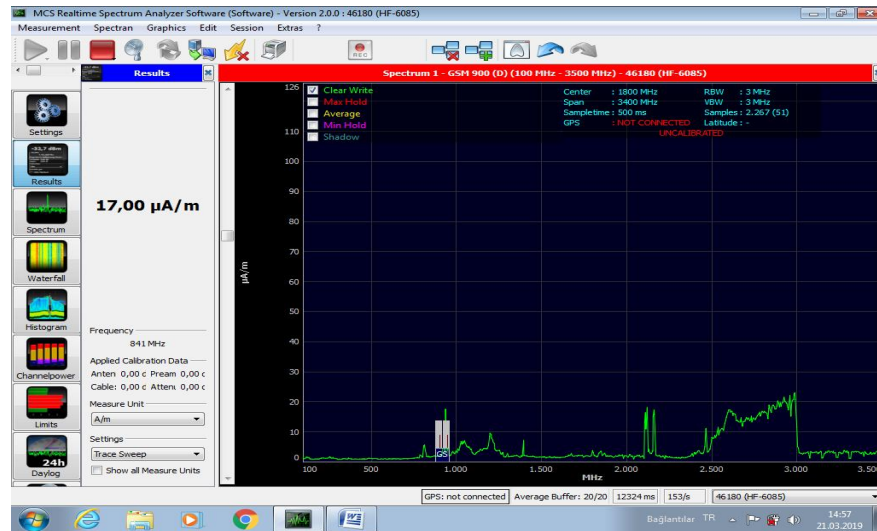
3. Akıllı tahta için 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



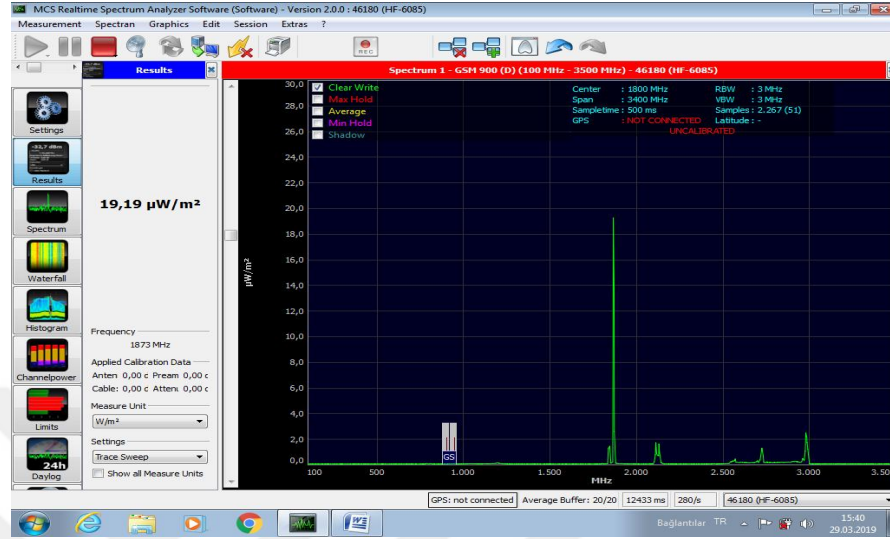
Şekil 4. 46. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 47. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

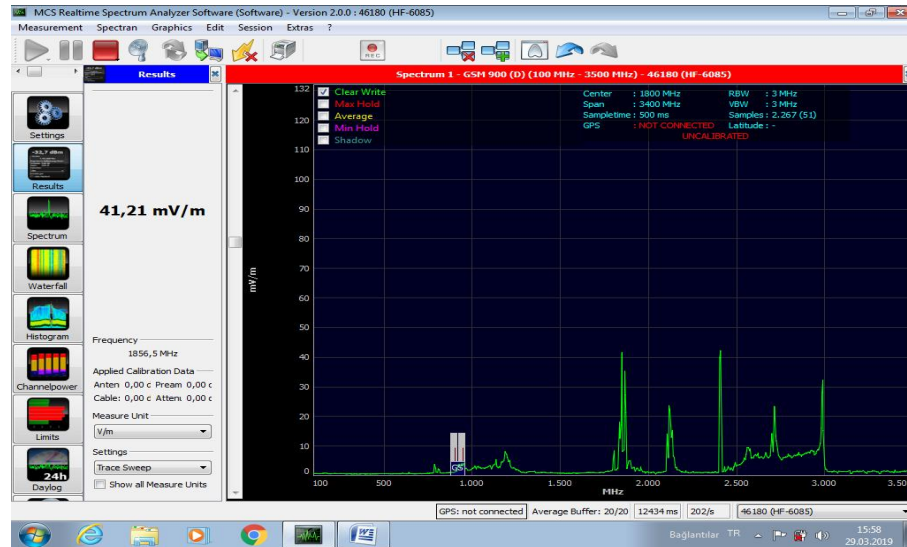
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 48. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

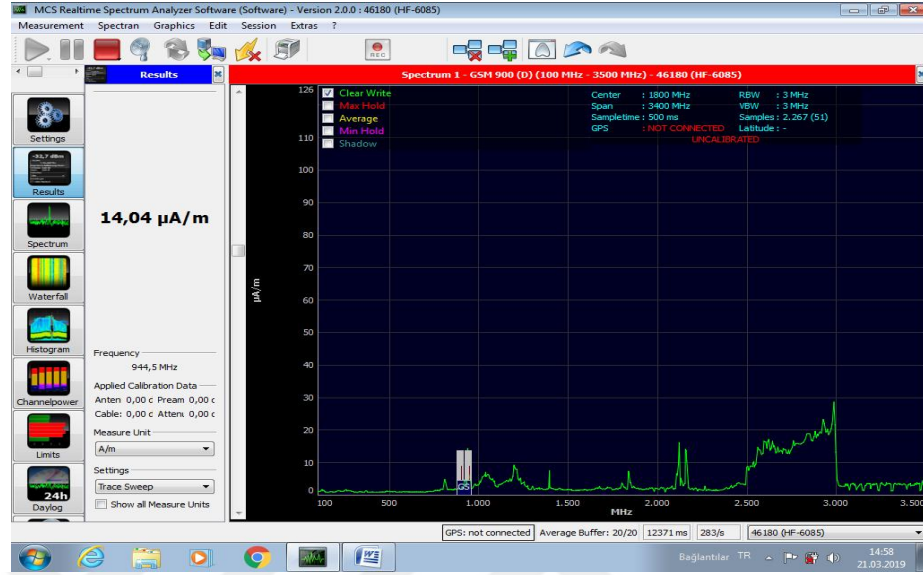
4. Akıllı tahta için 60 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



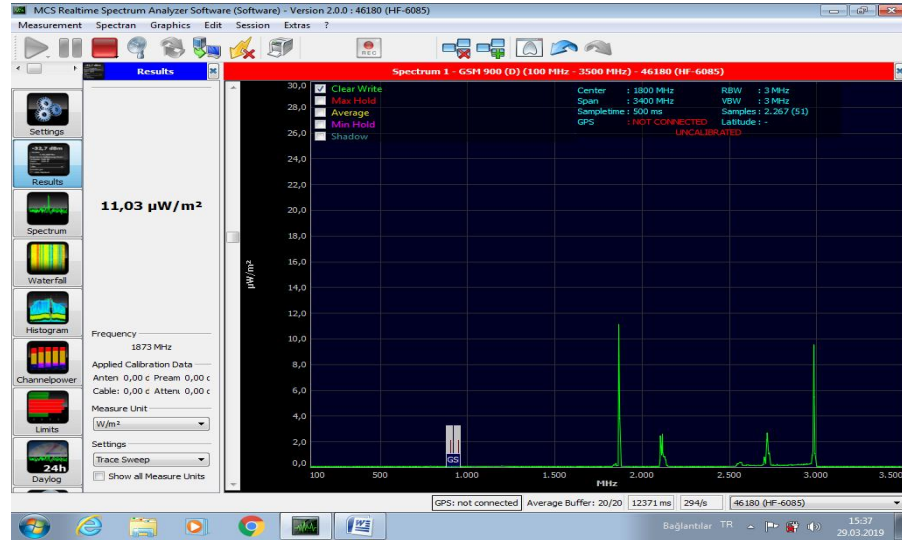
Şekil 4. 49. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 50. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

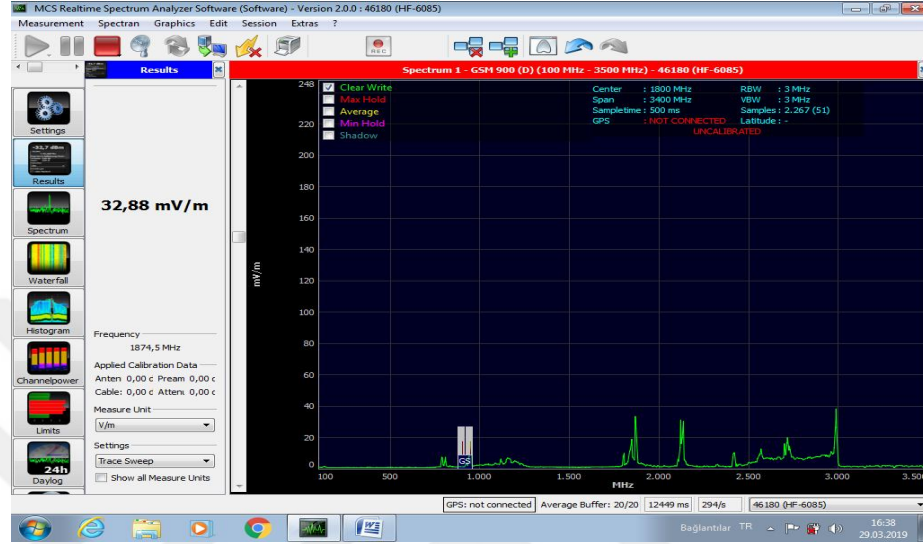
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 51. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

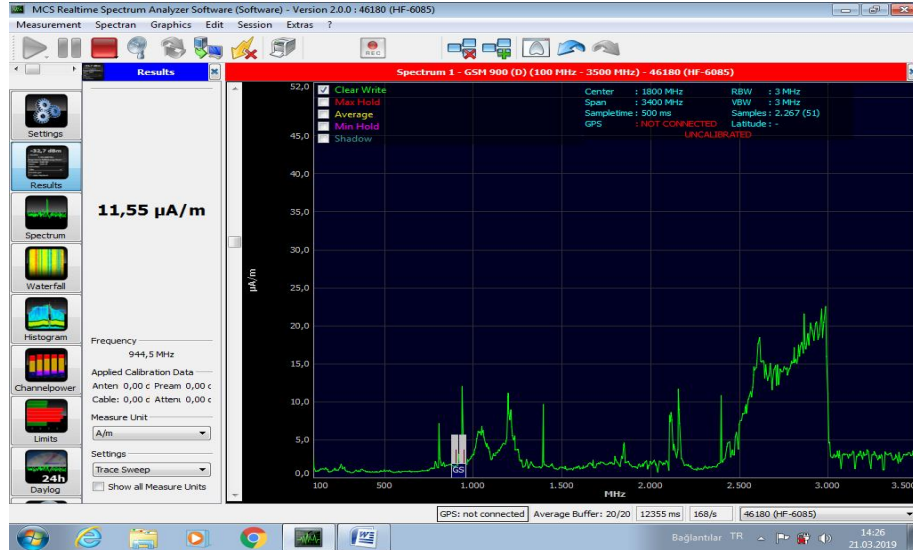
5. Akıllı tahta için 100 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



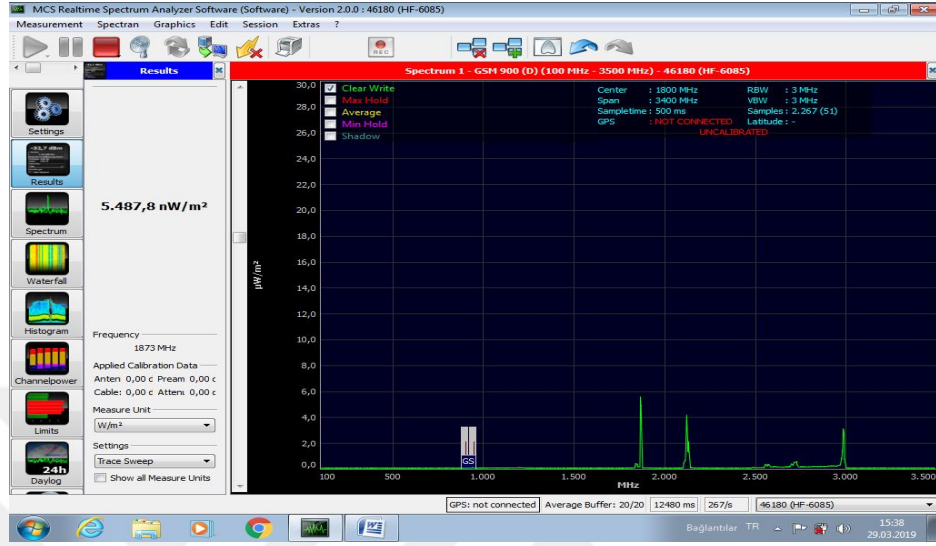
Şekil 4.52. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4.53. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



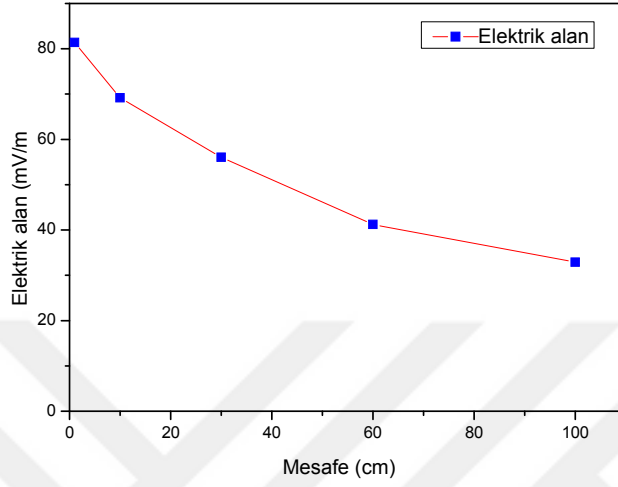
Şekil 4. 54. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

Çizelge 4. 3. Akıllı Tahtanın C Okulundaki Ölçüm Değerleri

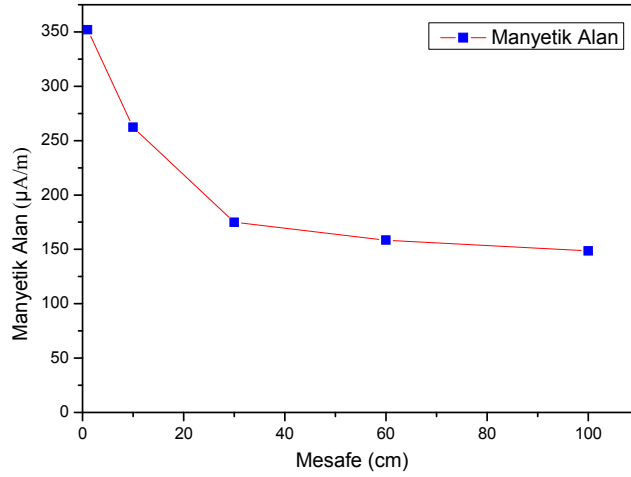
Akıllı Tahtaya Olan Uzaklık (cm)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Manyetik Alan Değerleri (µA/m)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri (µW/m²)	Ölçüm süresi (dakika)
1	81,41	58,26	38,69	7
10	69,19	44,18	27,70	7
30	56,07	17,00	19,19	7
60	41,21	14,04	11,03	7
100	32,88	11,55	5,4878	7

Bu bölümde C okulunda kullanılan akıllı tahtanın oluşturduğu EMA değerlerinden bahsedilmiştir. Bu cihazların yaydığı değerler 1cm, 10cm, 30cm, 60cm ve 100cm uzaklıklarda ölçülerek tablolar halinde sunulmuş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Elektrik Alan



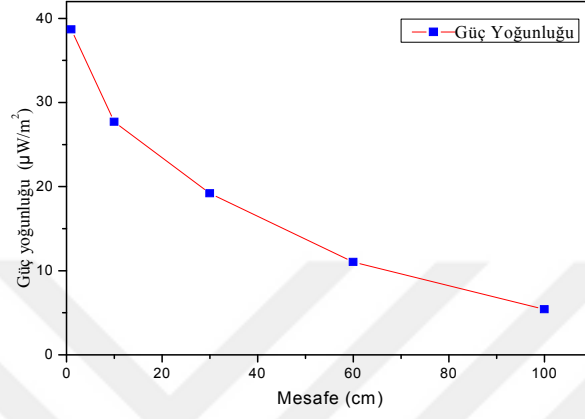
Manyetik Alan



Şekil 4. 55. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi

Şekil 4. 54 ve Şekil 4. 55’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça akıllı tahtanın oluşturduğu elektrik alan, manyetik alan ve eşdeğer düzlem güç yoğunluğu artmaktadır.

Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu

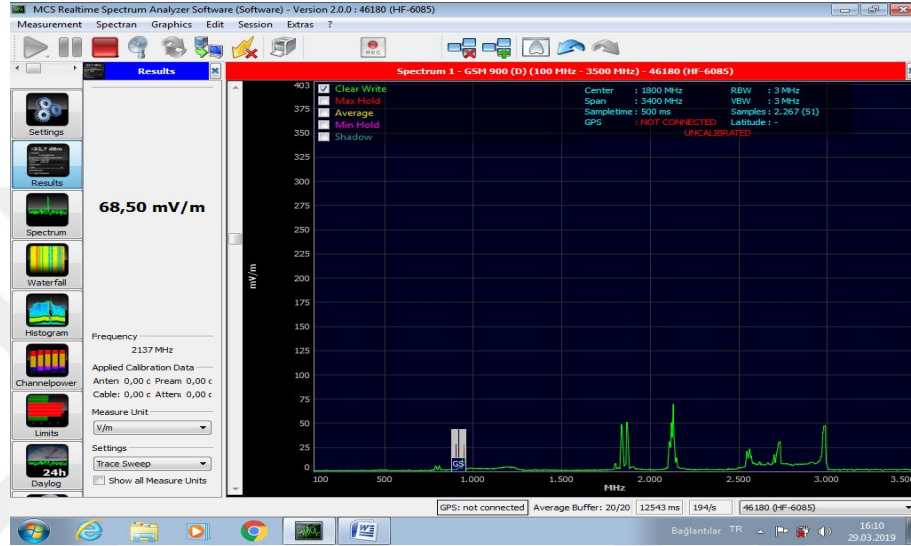


Şekil 4. 56. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi

D okulundaki akıllı tahtalar ile yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

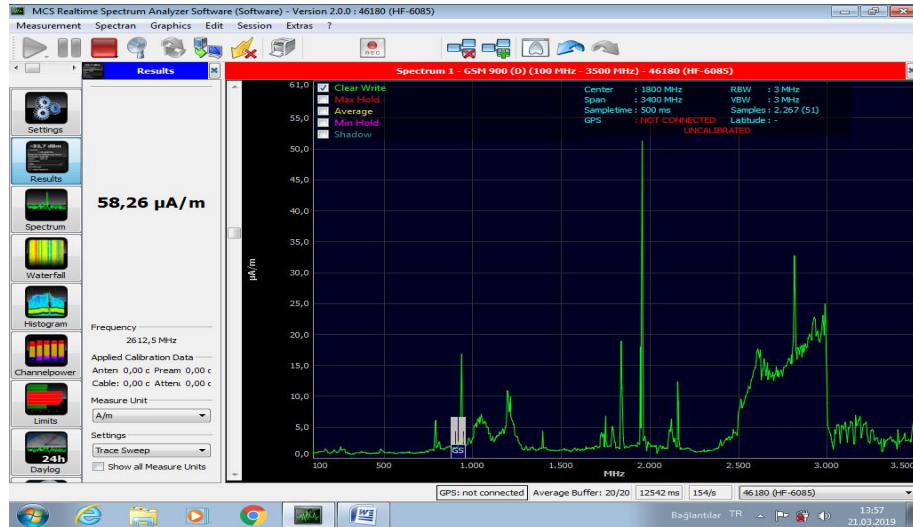
1. Akıllı tahta için 1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



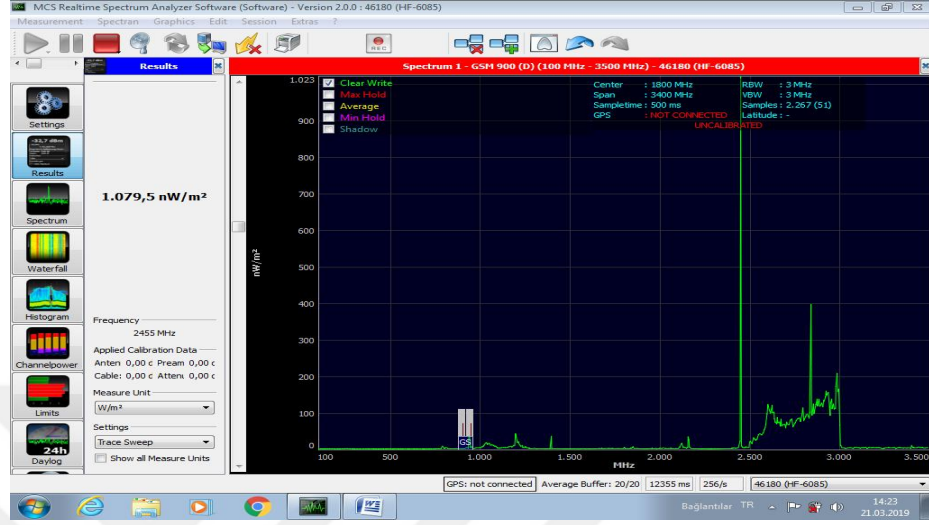
Şekil 4. 57. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 58. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

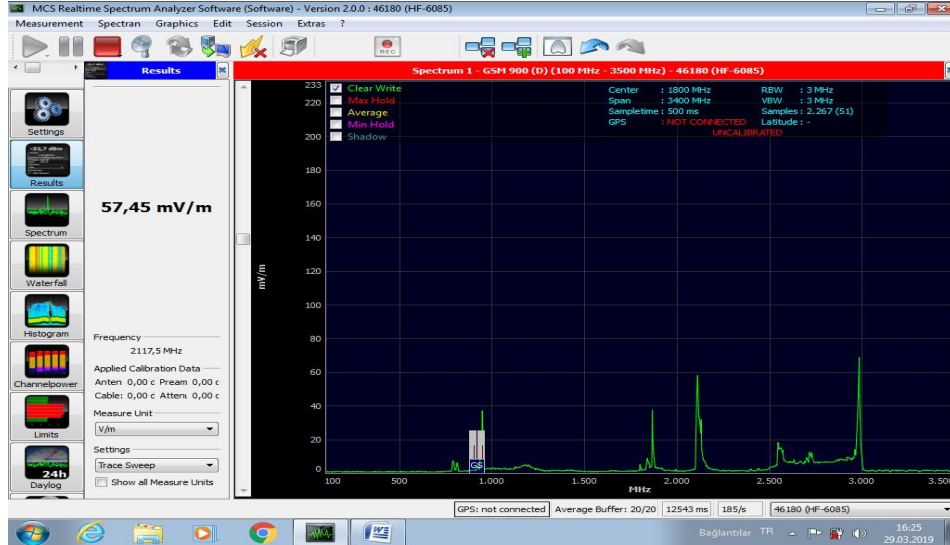
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 59. Akıllı tahtadan 1 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

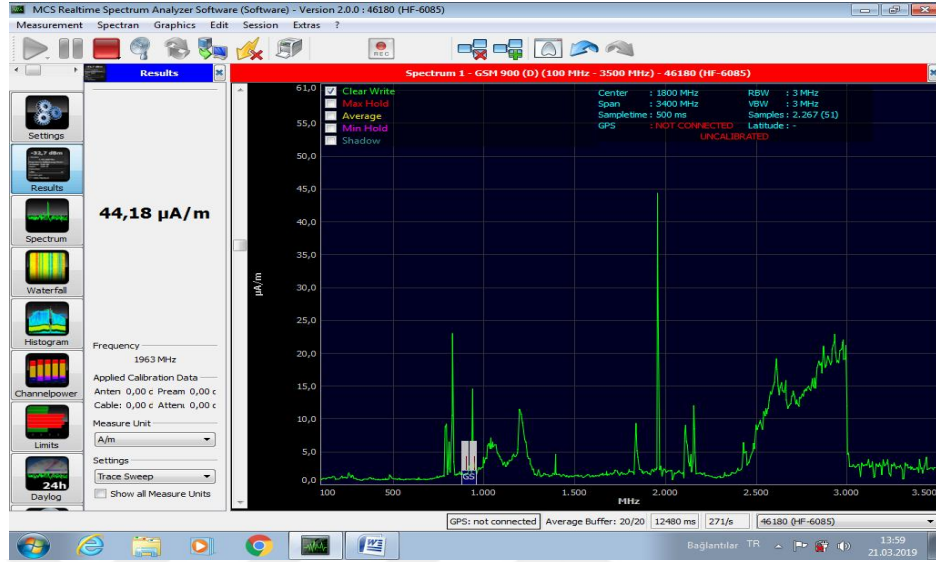
2. Akıllı tahta için 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



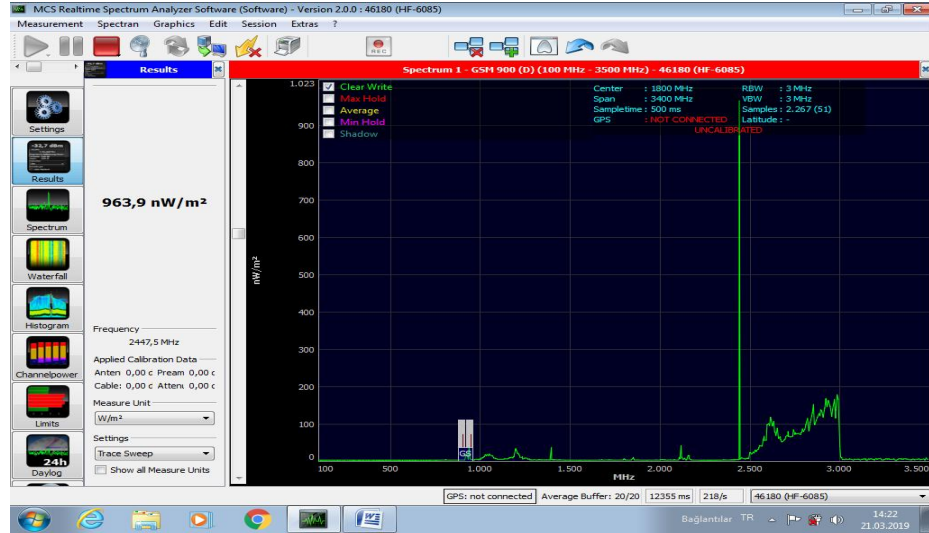
Şekil 4. 60. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 61. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

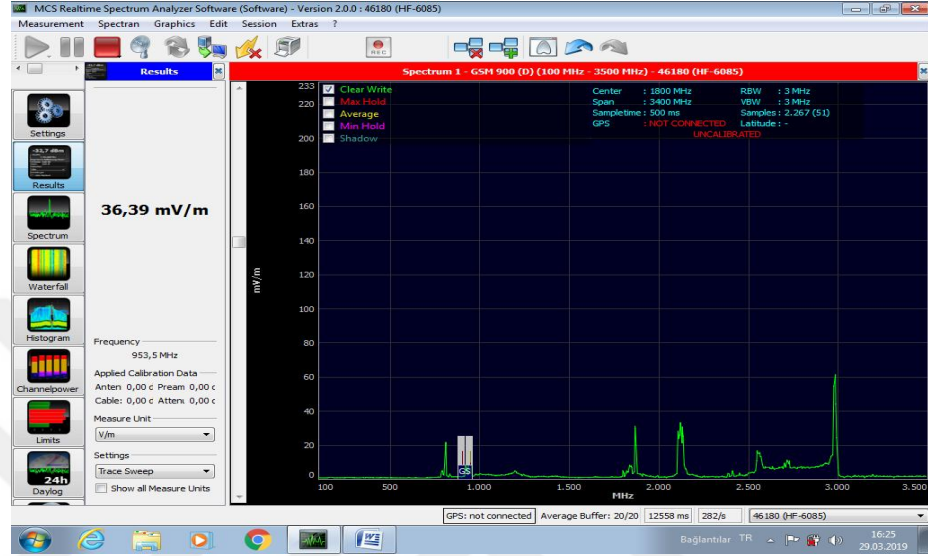
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 62. Akıllı tahtadan 10 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

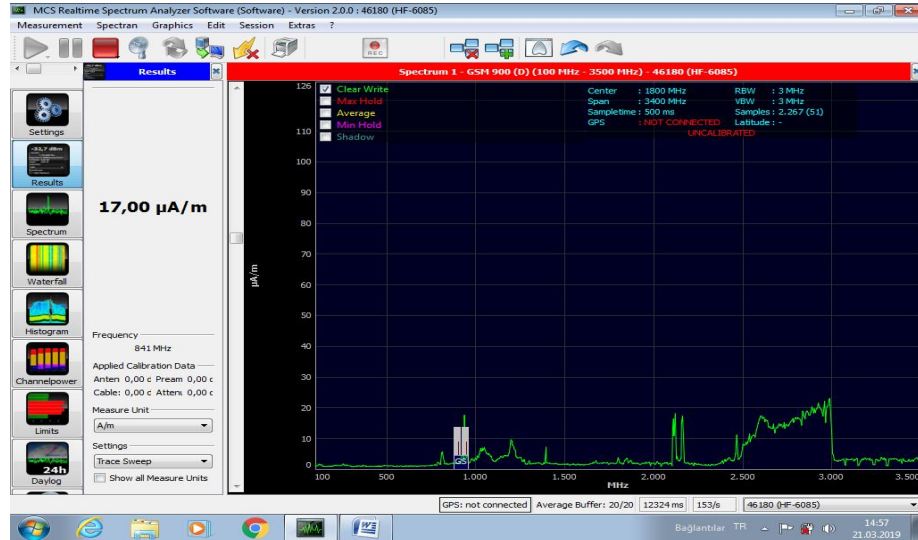
3. Akıllı tahta için 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



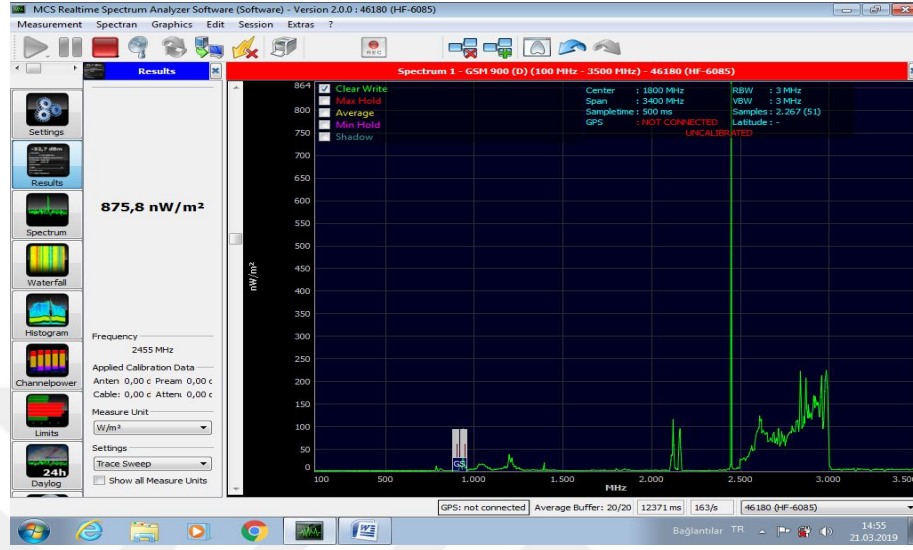
Şekil 4. 63. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 64. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

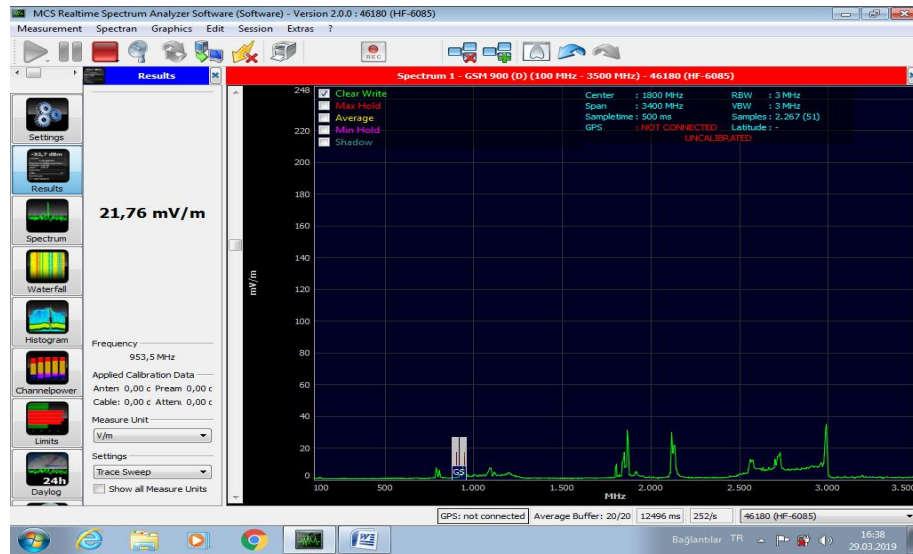
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 65. Akıllı tahtadan 30 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

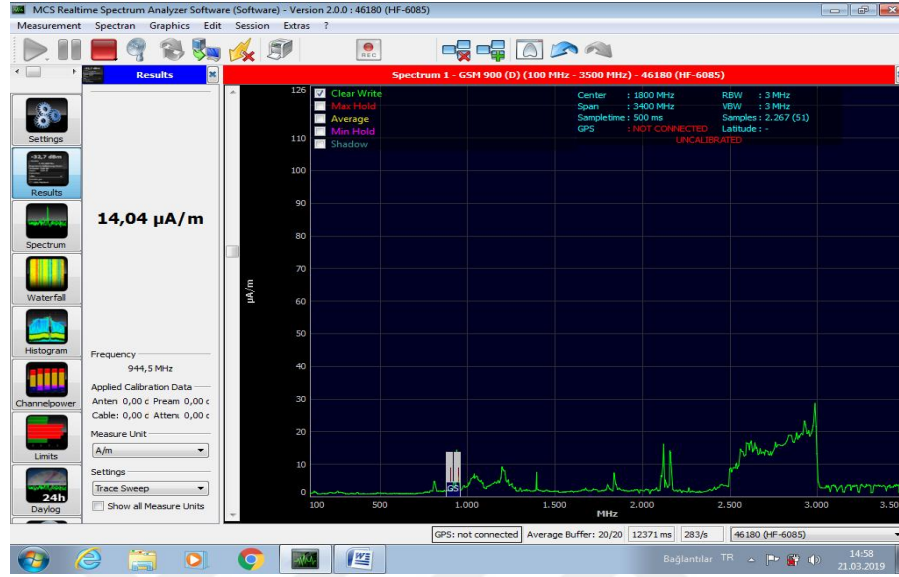
4. Akıllı tahta için 60 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



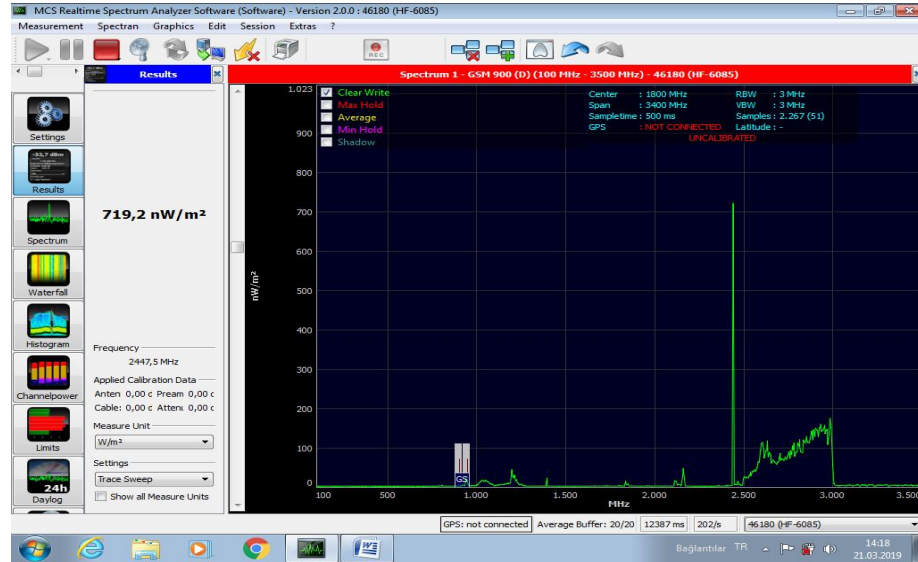
Şekil 4. 66. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4. 67. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

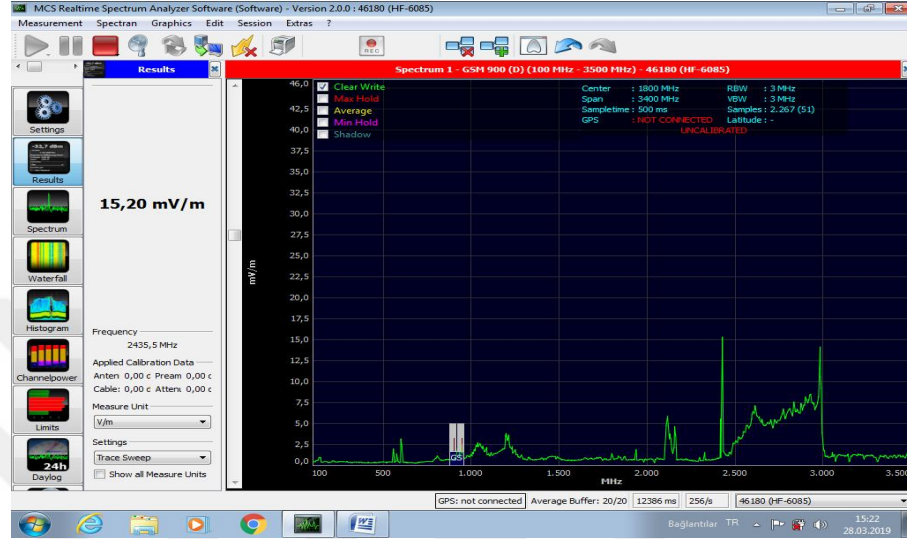
Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



Şekil 4. 68. Akıllı tahtadan 60 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

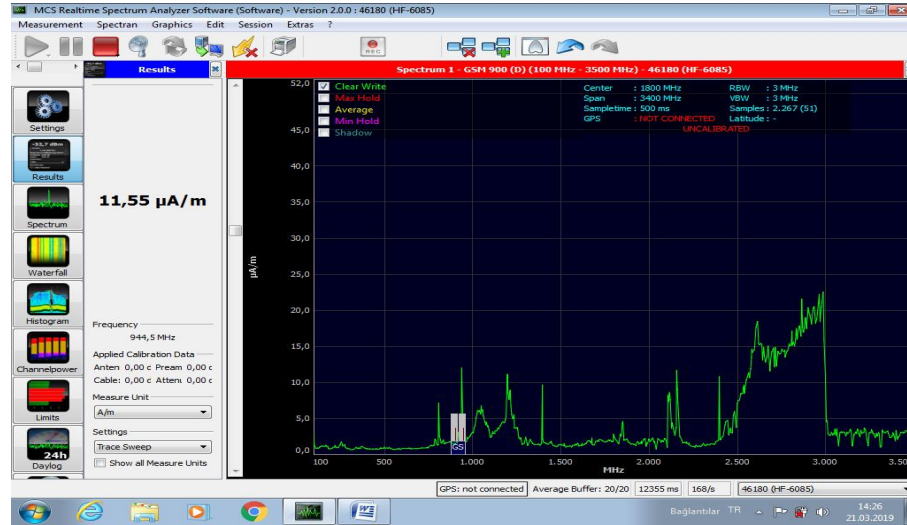
5. Akıllı tahta için 100 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçüm değerleri

Elektrik alan şiddeti



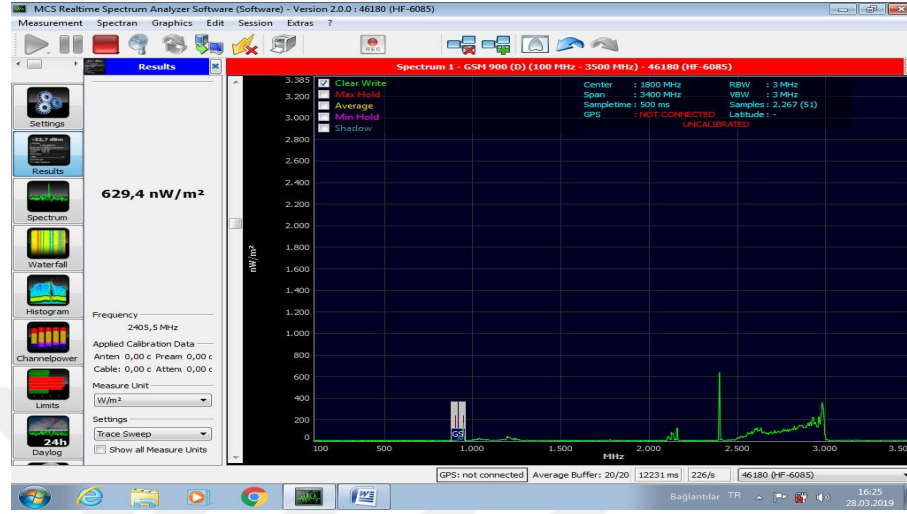
Şekil 4. 69. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen elektrik alan ölçümü değeri

Manyetik alan şiddeti



Şekil 4.70. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen manyetik alan ölçümü değeri

Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu



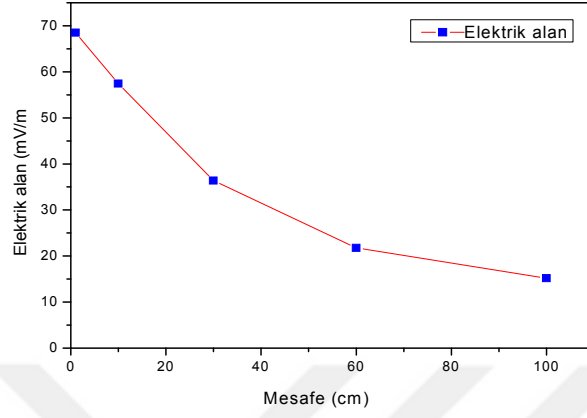
Şekil 4. 71. Akıllı tahtadan 100 cm uzaklıkta elde edilen eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümü değeri

Çizelge 4. 4. Akıllı Tahtanın D Okulundaki Ölçüm Değerleri

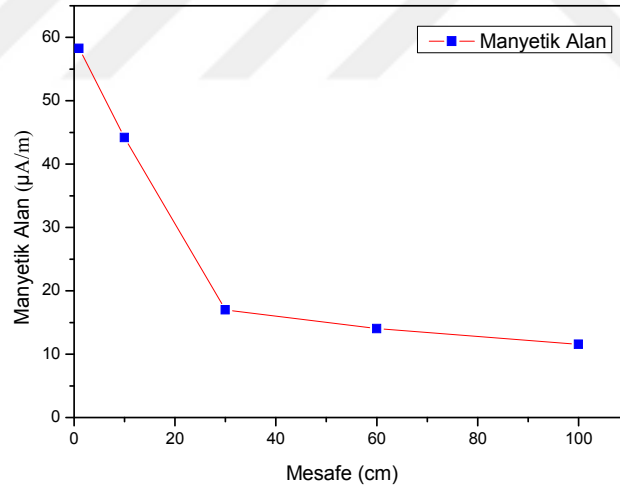
Akıllı Tahtaya Olan Uzaklık (cm)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Manyetik Alan Değerleri ($\mu A/m$)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu W/m^2$)	Ölçüm süresi (dakika)
1	68,50	58,26	1.079,5	7
10	57,45	44,18	963,9	7
30	36,39	17,00	875,8	7
60	21,76	14,04	719,2	7
100	15,20	11,55	629,4	7

Bu bölümde D okulunda kullanılan akıllı tahtanın oluşturduğu EMA değerlerinden bahsedilmiştir. Bu cihazların yaydığı değerler 1cm, 10cm, 30cm, 60cm ve 100cm uzaklıklarda ölçülerek tablolar halinde sunulmuş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Elektrik alan

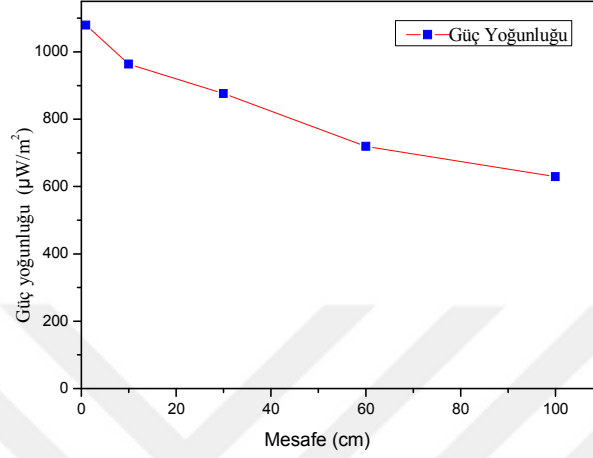


Manyetik alan



Şekil 4. 72. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı elektrik alan ve manyetik alan değişimi

Güç yoğunluğu



Şekil 4.73. Akıllı tahtalar için uzaklığa bağlı eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi

Şekil 4. 72 ve Şekil 4. 73’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça akıllı tahtanın oluşturduğu elektrik alan, manyetik alan ve eşdeğer düzlem güç yoğunluğu artmaktadır.

Çizelge 4. 5. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Elektrik Alan Değerlerin Karşılaştırılması

Mesafeler ve Ölçüm Yerleri	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)	Ölçülen Elektrik Alan Değerleri (mV/m)
Akıllı Tahtalara Olan Uzaklık (cm)	1 cm	10 cm	30 cm	60 cm	100 cm
A Okulu	41,94	30,22	18,97	9,83	6,50
B Okulu	51,26	40,51	28,05	18,74	9,95
C Okulu	81,41	69,19	56,07	41,21	32,88
D Okulu	68,50	57,45	36,39	21,76	15,20

Çizelge 4. 5’de görüldüğü gibi ölçüm yapılan okulların hepsinde mesafe ile elektrik alanın ters orantılı olduğu görülmektedir. C okulunda ölçülen elektrik alan değerlerin daha yüksek çıktığı görülmüştür. A okulunda ise ölçülen elektrik alan değerinin en az olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 6. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Manyetik Alan Değerlerin Karşılaştırılması

Mesafeler ve Ölçüm Yerleri	Manyetik Alan Değerleri ($\mu\text{A/m}$)	Manyetik Alan Değerleri ($\mu\text{A/m}$)	Manyetik Alan Değerleri ($\mu\text{A/m}$)	Manyetik Alan Değerleri ($\mu\text{A/m}$)	Manyetik Alan Değerleri ($\mu\text{A/m}$)
Akıllı Tahtalara Olan Uzaklık (cm)	1 cm	10 cm	30 cm	60 cm	100 cm
A Okulu	82,77	30,22	18,97	9,83	6,50
B Okulu	132,7	107,7	84,27	56,14	38,92
C Okulu	58,26	44,18	17,00	14,04	11,55
D Okulu	58,26	44,18	17,00	14,04	11,55

Çizelge 4. 6’da görüldüğü gibi ölçülen manyetik alan değerleri ile uzaklığın ters orantılı olduğu ölçülmüştür. B okulunda ölçülen değerlerin maksimum çıktığı C ve D okullarında ise eşit çıktığı görülmüştür.

Çizelge 4. 7. Akıllı Tahtanın Okullarda Oluşturduğu Manyetik Yoğunluğu Değerlerin Karşılaştırılması

Mesafeler ve Ölçüm Yerleri	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Ölçülen Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Değerleri ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
Akıllı Tahtalara Olan Uzaklık (cm)	1 cm	10 cm	30 cm	60 cm	100 cm
A Okulu	497,3	295,5	217,8	133,8	104,4
B Okulu	1.282,9	862,9	718,0	655,1	594,0
C Okulu	38,69	27,70	19,19	11,03	5,4878
D Okulu	1.079,5	963,9	875,8	719,4	629,4

Çizelge 2 . 7’de görüldüğü gibi eş değer düzlem dalga güç yoğunluğu değişimi uzaklıkla ters orantılıdır. 1 cm uzaklık için B okulunda bu değer en fazla çıkmıştır. C okulunda ise en az çıkmıştır. 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 60 cm uzaklıklarda B okulunda ölçülen değerler D okundan daha yüksek çıkmışken 100 cm uzaklıkta D okulundaki değerler B okulunda ölçülen değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüz dünyasında hayatımızın hemen her alanında elektro manyetik radyasyona maruz kalmaktayız. Bu alanların ve bu alanlarda geçirilen zaman insanlar için büyük risk oluşturabilir. Yüksek maliyetlere girmeden de bunların zararları büyük ölçüde minimize edilebilir.

WHO, uluslar arası Elektromanyetik Güvenlik Komisyonu tarafından yapılan ve gelişimini tamamlamamış bireyler olan çocuklarda cep telefon kullanımının sınırlandırılması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca dünyanın birçok ülkesinde hassas bölge olan okullarda 3G ya da Wifi cihazların kullanılması sınırlandırmaya çalışmaktadır. Ülkemizde yaklaşık 15 milyon öğrencinin etkilendiği FATİH projesi sadece teknik bakımdan değil, sağlık ve güvenlik yönünün de bilirkişiler tarafından incelenmelidir.

Öğrencilerin ve öğretmenlerin zamanlarının önemli bir kısmını geçirdiği hassas bölge olan okullarda yeterince farkındalığın oluşmadığı ve beş duyu organımızla algılayamayan bir risk alanında bulunmaktadır. Okul dersliklerinde bulunan 500 kHz ile 3 GHz frekans aralığında çalışan RF dalgaların oluşmasını sağlayan akıllı tahtaların özellikle gelişim çağında bulunan çocuklar açısından olumsuz sağlık risklerine sebep olabilir. Bu tez çalışmasında, okullardaki akıllı tahtaların oluşturduğu EMA seviyelerini tespit etmek ve Türkiye’de kabul edilen ICNRP ‘nin EMA limit değerleri ile kıyaslanması hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasında okullarda yaygın olarak kullanılan akıllı tahtaların 1 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm olmak üzere farklı uzaklıklardaki elektromanyetik alan şiddetinin bulunarak Ülkemizde geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ülkemizde 2000 ile 60000 MHz frekans bandında olan ve tek bir cihaz başına düşen sınır değer 15 V/m’ dir. Ağrı’da hassas bölge olan okullarda yaptığımız bu çalışmada elde ettiğimiz elektromanyetik alan şiddet değerlerinin yönetmelikte belirlenen sınır değerlere uygun olduğu görülmüştür.

Elektronik cihazlarla ilgili ICNRP tarafından işyerleri için türetilmiş sınır değerler belirlenmiştir. Ülkemizde de bu değerler ICNRP referans alınarak “Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesi ve Bu Cihazlardan Kaynaklanan Elektromanyetik Alan limit Değerlerinin Belirlenmesine İlişkin Yönetmelik” de ortam ve tek bir cihaz için sınır değerler belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında okullarda yaygın olarak kullanılan EMA kaynağı olarak karşımıza çıkan akıllı tahtanın yaydığı elektromanyetik alan değerleri 1cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm ve 100 cm mesafede olacak şekilde alınmıştır. Mesafeye bağlı ölçüm değerleri ICNIRP ’nin mesleki maruziyet limitinin üstüne çıkmamıştır. Aynı şekilde ülkemizde tek cihaz için belirlenen sınır değerlerin üstünde de bir ölçüm değeri görülmemiştir. Ancak mesafeye bağlı alınan ölçüm sonuçlarına göre mesafe azaldıkça maruz kalınan EMA şiddetinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamıza paralel olarak ister tek cihaz isterse ortam ölçümü olsun yapılan birçok çalışmada mesafenin azalması ile EMA kaynaklarına maruziyetin ve sağlık üzerindeki etkisinin arttığına yönelik ilişki bulunmuştur (Çerezci vd., 2012; Arslantaş, 2012; Güler vd., 2010; Bunch vd., 2014; Uygunol, 2009; Karadağ ve Abbasov, 2013). Ancak yapılan bu çalışmalarda mesafeye bağlı EMA maruziyeti ile sağlık üzerindeki etkilerine yönelik bir ilişki olduğu söylene de, bu çalışmada benzer şekilde alınan ölçümler sınır değerlerin altında bulunmuştur. Yapılan ölçümler neticesinde bulunan en yüksek EA değeri ICNIRP“nin mesleki elektrik alanına maruz kalma limitinin çok altında kalmaktadır. Bu mevcut sınır değerler 7 dakikalık maruziyet için geçerlidir. Bu değerler insan sağlığı için bir problem oluşturmuyor olsa dahi, EMA maruziyetinin süresinin artmasında durum değişebilir.

Hem bizim çalışmamızda hem de diğer çalışmalarda da EMA ölçümleri anlık değerler olarak hesaplanmış ve sınır değerlerin altında bulunmuştur. Ancak değerlerin sınır değerler altında olması EM'lara maruz kalma riskini tamamen azalttığımız anlamına gelmemektedir. EMA maruziyetinin sağlık üzerindeki etkilerinin uzun vadede ortaya çıkığı düşünüldüğünde maruziyet süresinin ve dozun dikkate alınması gerekir. Okul çevrelerindeki baz istasyonları uygun yerlere

kurulmalıdır, özellikle güvenlik mesafeleri gözetilmelidir. Güvenlik mesafesi 380 kV için en az 60 m, 154 kV için ise en az 40 m'dir.

Akıllı tahtaların radyasyonundan korunmak için aşağıdaki güvenlik tedbirleri alınabilir:

- Okullarda kablosuz akıllı tahtalar yerine kablolu akıllı tahtalar kullanılmalıdır.
- Üreticilerin, ARGE çalışmaları yapmaları cihazların yaymakta oldukları EMA miktarını en aza indirmek bakımından önem arz etmektedir.
- 2004/40/AT sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi, çalışanların güvenlik ve sağlıklarının EMA'lara maruziyetten korunmasına ilişkin olup, mevzuatımızla uygun duruma getirilmeli ve konuyla alakalı yönetmelik çalışmaları yapılmalıdır.
- Öğretmen ve Öğrencilere lüzumlu eğitimler verilerek tehlike ihtimali bulunan bölgelerde uyarı levhaları bulundurulmalıdır.
- Öğrenciler akıllı tahta ekranlarından minimum 30 cm uzaklıkta oturtulmalıdır. Kullanılmadığı zamanlarda akıllı tahtalar kapatılmalıdır.
- Akıllı tahta ile etkileşim süreleri kısa tutulmalıdır.
- Akıllı tahtaların en fazla elektromanyetik alan oluşturduğu an tahtanın internete bağlandığı andır. Dolayısıyla bu anlarda akıllı tahtadan uzak durulmalıdır. Akıllı tahtanın internet erişimin zayıf olduğu sınıflarda bağlantı kurulmamalıdır.
- Hamile bayan öğretmenler zorunlu durumlar dışında akıllı tahtayı kullanmamalıdır.
- Manyetik alan oluşturan her cihaz topraklı hatta çalışmaktadır. Elektrik yüklerin hareketinden ötürü oluşan, indüklenen gerilimlerin ortaya çıkmasını engellemek için cihazların toprak bağlantısı yapılmalıdır.
- Açma-kapama düğmelerinden kapatılan cihazlarda akım geçmediği için elektromanyetik alan oluşturmazlar, yalnız fişleri takılı iken kapalı olsa bile elektrik alanı oluşturabilir. Bundan dolayı okullarda kullanılmayan her türlü elektrikli cihazların fişleri de çıkarılmalıdır.

- Elektromanyetik alandan korunmak için kamuoyunu bilgilendirici çalıştay, seminer, konferanslar yapılmalı ve bunun yanı sıra bilgilendirici broşür, afiş ve kitapçık gibi görsel yayınlar basılıp dağıtılması önerilmektedir.
- Ülkemiz’de EMA’ların sağlık üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik bilimsel çalışmalara teşvik edilerek her türlü destek verilmelidir.
- İlköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim müfredatlarında EMA’ların etkileri ve EMA yayan cihazların nasıl kullanılması gerektiğine yer verilerek bilgilendirmeye yönelik dersler verilmelidir.



KAYNAKLAR

- Açıkgöz, İ. ve Yıldırım, S., 2001. Çekirdek Fizikine Giriş, Literatür Yayınları:55, İstanbul, Türkiye.
- Ahlbom, A., 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia Br. J Cancer, Sep: 83(5), 692-8.
- Arcece, A., 1998. British Scientific and Medical News, London Press Service October 20. Clinical and Consumer Radiation Hazards, Radiation Protection, 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/clin/ultraso/indexeng>.
- Arnetz, BB. ve Berg M., 1996 Melatonin and adrenocorticotropic hormone levels in video display unit workers during work and leisure. J. Occup. Med.
- Diler N, Özker M. ve Özgürbüz G. BEM (Biyoelektromanyetik). Teknomerkez araştırma raporu; 2009.
- Düzgün, S., 2009 Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Adana Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Anabilim Dalı, 135 Sayfa, Adana.
- Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. 2001. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf>
- Environmental Health Criteria Series No. 23, Lasers and Optical Radiation, WHO. Geneva, 1982, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc23.htm> Erişim Tarihi:12.07.2019).
- Erdem, S., 2014. Bir Üniversite Hastanesinde İyonizan Radyasyon Kaynakları ile Çalışan Sağlık Çalışanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği Durumlarının Değerlendirilmesi-Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara, 185)
- Feychting, M. and Ahlbom, A., 1994. Magnetic fields, leukemia, and central nervous system tumors in Swedish adult residents near high-voltage power lines. Epidemiology, 5:501-9.
- Feychting, M., Jonsson, F., Pedersen, N.L. and Ahlbom, A., 2003. Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease, Epidemiology, 14(4), 413-9.
- Güler, İ., Çetin, T., Özdemir, A.R. ve Uçar, N. Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), Ankara, 2010

Green, LM. and Miller, A.B. 1999. A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences. *Int J Cancer* 82:161-170

Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010, Health and Safety Authority (AOR) England 2010.

Hitchcock R T., Moss C E, Murray W E, Patterson R M. ve Rockwell R J. Nonionizing Radiation, The Occupational Environment: Its Evaluation, Control, and Management (Editör: DiNardi Salvatore R. (İkinci baskı)), AİHA Press American Industrial Hygiene Association, Virginia 2003).

Huda, W., 2014. (Çeviri Karabulut N. Radyasyon Fiziği ve Gözden Geçirme, Dünya Kitabevi)

İnce, T., Elektromanyetik Kirlilik (tez). Ankara; Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2007

Journal, 2007. International ducanser.

JSP 392 Management of Radiation Protection in Defence, Leaflet 37 Artificial Optical Radiation Safety.

Karadeniz, C., Yaramış B. ve Özkök, Ş. 1973. Atom ve Çekirdek Fiziği, Şikketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul, Türkiye.

Kaya, T., 1996 Temel Radyoloji Tekniği. Güneş ve Nobel Kitabevleri. Sayfa; 11-133

Korkut, T., 2010, Deneysel ve Cern Fluka Monte Carlo Simülasyon Kodu Yöntemleri Kullanılarak 4,5 MeV Enerjili Hızlı Nötronların Borlu Bileşik ve Cevherler Tarafından Yavaşlatılmasına İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Kumaş, A., 1997. S.M.L. Radyoloji Ders Kitabı. Tamer Matbaacılık. Ankara

Kumaş, A., 2009a Radyasyon Fiziği ve Temel Uygulamalar. Palme Kitabevi, sayfa; 28-320

Kwan-Hoong, Ng., 2003. Non-Ionizing Radiations—Sources, Biological Effects, Emissions and Exposures, International Conference on Non-Ionizing Radiation, Kuala Lumpur Malaysia.

Lee, GM. And Neutra, RR., 2002. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 13:21-31.

Linnet, MS, Wacholder, S. And Zahm S.H. 2003. Interpreting epidemiologic research: lessons from studies of childhood cancer. *Pediatrics*, 112 (1pt2):218-232.

- Mcdowall, Me. 1986. Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. Br J Cancer, 53:271 -9.
- Mclean, J., 1995. A 60-Hz magnetic field increases the incidence of squamous cell carcinomas in mice previously exposed to chemical carcinogens. Cancer Letters 92:121 -125.
- National Weather Service. Electromagnetic waves.
http://www.srh.noaa.gov/jetstream/remote/remote_intro.htm (Erişim tarihi: 02.06.2019).
- Neurology Today, 2004 vol. 4(9), September, pp. 56, 57, 58
- Niehs, 1998. Health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. National Institutes of Environmental Health Sciences.
- Arslandař, N., Elektromanyetik Alan (EA) şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu; 2012.
- Nolan, P., Fundamentals of Modern Physics, States University of New York. 2014.
- O'Connor, R., Cesano, A., Lange, B., Finan, J., Nowell, P.C., Clark, S.C., Raimondi, S.C., Rovera, G. and Santoli, D. 1991. Growth factor requirements of childhood acute T-lymphoblastic leukemia: Correlation between presence of chromosomal abnormalities and ability to grow permanently in vitro. Blood, 77:1534-1545
- Orhun Ö. ve Tanışlı M, *Elektromagnetik Dalgalar*, Teknolojinin Bilimsel İlkeleri (Editör: Orhun Ö.) (5. Baskı), Nobel Yayın Dağıtım, Sayfa: 177-194, Ankara, 2009.
- Prata, S., 1993. Understanding and Controlling Electromagnetic Fields in Your Life. Waite Group.
- Preston-Martin, S. Peters, JM, Yu, MC, Garabrant, DH. and Bowman, JD. 1988. Myelogenous leukemia and electric blanket use. Bioelectromagnetics 9:207-13.
- Repacholi M H. Introduction to Non-Ionizing Radiations, ICNIRP Third International Non-Ionizing Radiation Workshop, 3-12, Austria, 1996.
- SCHMID, G., *Workplace Specific Exposure Assessment And Dosimetry*, 7th International NIR Workshop, United Kingdom, 2012.
- Serway, R A. and Jewett J W, *Physics for Scientists and Engineer*, 9. Basım, Sayfa:904 937, 2008.
- Serway, R A. Beichner R J. Fen ve Mühendislik Fizik-3 (Modern Fizik) (Çeviri Editörü: Çolakoęlu K.) (Beřinci Baskı), Palme Yayıncılık, Ankara, 2005.

Severson, UK, Stevens, RG, Kaune, WT, Thomas, DB, Heuser L, Davis S. And Sever LE., 1988. Acuten only mphocytic leukemia and residentail exposure to power frequency magnetic fields. Am J Epidemiol, 128:10-20

Spectran HF – 6085. <http://www.Spectran.com/>

Şeker, S. ve Çerezci, O. 2000. Electromagnetic Wavesand Applications in Engineering.

T.C.Milli Eğitim Bakanlığı (2011a). Radyoloji. Atomun Yapısı ve Elektron Teorisi Ders Modülü, MEB ANKARA

Theriault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guenel P, Deadman J, Inbernun E, To T, Chevalier A. and Cyr Wall, C., (1970-1989), Cancer risks Associated With occupatinal exposure to magnetic-fields among electricutility workers in Ontario and Quebec, Canada and France Am J Epidemiol; 139:550-572.

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, *Elektromanyetik alanların Etkileri*, İzmir, 2010.www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf (Erişim Tarihi:07/ 07/ 2019)

İnce,T., Elektromanyetik Kirlilik. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2007.

Türkkan, A. ve Pala, K. 2009. Çok Düşük Frekanslı Elektromanyetik Radyasyon ve Sağlık Etkileri.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), *Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları*, TÜBİTAK-BİLTEN, Ankara, 2001.

Vaizoğlu S A, *Yüksek Gerilim Hatlarına ve Diğer Faktörlere Bağlı Düşük Frekanslı Elektromanyetik Kirlilik Durumunun ve Bazı Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 179 Sayfa, Ankara, 2001.

Vallejo, D.and Sanz, P., 2001. A hematological study in mice for evaluation of leuke mogenesis byextremely low frequency magnetic fields. Electro Magnetobio 20:281-298

Vena, JE., Freudenheim, JL., Marshall, JTR. Laughlin., R, Swanson, M. and Saxon, G.,1994. Risk pre menopausal breast cancer and use of electric blankets. Am J Epidemiol 140:974-9.

Vena, JE., Graham, S., Hellmann, R., Swanson, M.and Brausure, J., 1991. Use of electric blankets and risk of post menopausal breast cancer. Am J Epidemiol 134:180-5.

- Verrcault, R. Weiss, NS, Hoilenbach, KA. Strader, CH. and Daling, JR. 1990. Use of electric blankets and risk of testicular cancer. Am J Epidemiol,131:759-62.
- Vural, N., 2005. Toksiloloji, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 73. Ankara, sayfa; 579-583
- Washburn, E.P., Orza,, M.J, Berlin, J.A., Nicholson, W.J., Todd, A.C., Frumkin,H. and Chalmers. T.C. 1994. Residential proximityto electricity transmission and distribution equipment and risk of childhood leukemia, childhood lymphoma, and childhood nervoussystem tumors: systematic review, evaluation, and meta-analysis. Cancer Causes Control, 299-309.
- Wertheimer, N. and Leeper. E., 1979. Electrical wiring configurations and childhood cancer Am J Epidemiol,109:273-84.
- WHO, 1993. Electromagnetic Fields 300Hz – 300 GHz, Environmental Health. Criteria 137.
- www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf (Erişim Tarihi: 04/05/2019)
- Yaramış, B., 1985. Nükleer Fizik, İ.T.Ü., Fen Edebiyat Fakültesi, Yayın No:7, İstanbul, Türkiye.
- Youbicier-Simo BJ, Boudard F. Cabaner C, and Bastide M. 1997.Biologicaleffects of continuous exposure of embryos and young chickens to electromagnetic fields emitted by video display units.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Orhan AKIN
Doğum Yeri ve Tarihi	Hakkari / Yüksekova 1983
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi
Yüksek Lisans Öğrenimi	Tezsiz Yüksek Lisans (Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi)
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetler	
İş Deneyimi	
Stajlar	Özel dersane ve Milli Eğitime bağlı devlet okulları
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	Özel dersane, Özel okul ve Milli Eğitime bağlı devlet okulları
İletişim	
E-posta Adresi	fiziko2131@hotmail.com
Mezuniyet Tarihi	
2006	