

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTROMANYETİK ALANLARIN CANLI
ORGANİZMALARA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ERCAN ÖNAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MALATYA
2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafında Elektrik-Elektronik Müh. Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

(imza)

Başkan
Doç.Dr.Nusret TAN

(imza)

Üye
Prof.Dr.Teymuraz ABBASOV

(imza)

Üye
Yrd.Doç.Dr.Müslüm ARKAN

Onay

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

...../...../.....

(imza)

.....

Enstitü Müdürü
Prof.Dr.Ali ŞAHİN

ÖZET

Mastr Tezi

Ercan ÖNAL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği
Ana Bilim Dalı

151 + xvii sayfa

2005

Danışman : Prof.Dr.Teymuraz ABBASOV

İnsanların hayatlarını elektriğin ve elektronik makinaların bir çok faydalarını kullanmadan sürdüremeyecekleri düşünülebilir. Çağdaş hayatın bir gerçeği olarak evlerde, işyerlerinde ya da okulda elektriğin üretimi iletimi ve kullanılmasından kaynaklanan elektromanyetik alanlara (EMA elektrik ve manyetik alanlar ya da kısaca elektromanyetik alanlar) maruz kalırız.

Biyomanyetolojinin prensipleri gereği, insan vücudunun manyetik özellikleri vardır. Tıpkı su ve hava gibi manyetik alan insan vücudunun gerekli bir parçasıdır. Dünyanın manyetik alanı ile insan vücudunun manyetik alanı arasında uyumlu bir iletişim mevcuttur. Fakat bu harmoni yüksek voltaj, cep telefonları, her türlü iletim ve yayın istasyonları gibi kaynaklar ile sık sık bozulan ve elektrosmog denilen elektromanyetik kirliliğin etkisindedir. Bu yüzden EMA'yı araştırdık ve onun muhtemel etkileri üzerine odaklandık.

İnsan sağlığı üzerine yapılan bazı çalışmalar EMA'ya maruz kalmanın çeşitli hastalıklara ve primer lösemi ile beyin kanseri gibi değişik kanser tiplerine etki ettiğini destekleyen bir bağlantı kurabileceğini önermiştir.

Fakat bunu biyolojik olarak açıklamak zor olduğundan ve araştırma sonuçlarının bazen uyumsuz çıkmasından dolayı bazı bilim adamları EMA'ya maruz kalmanın kanser ile arasında kurulabilecek bir bağlantının gerçek olduğu kuşkusunu duymuşlardır.En çok kabul gören olgu ise EMA'nın insan sağlığına etki eder mi? etmez mi? Sorusu üzerine daha çok araştırmaya ihtiyaç olduğudur. Bu konuda bazı hükümetler

önemli ulusal çalışmalar başlatmıştır ve ilerleyen birkaç yılda önemli çalışma sonuçları elde etmeyi beklemektedirler.

Dünya ve canlılar arasında kendiliğinden varolan (orijinal) elektromanyetik alanların bir dengesi ve bazı faydaları olmalarına karşın günümüzde EMA'ya maruz kalmanın sağlık yönünden ters etkilerinin olduğuna dair bazı bilgiler ve araştırmalar vardır. Bu tezdeki bilgiler elektromanyetik alana maruz kalmanın canlılara etkisi yönünden kaygıları ve belirsizlikleri anlamada bilimsel bir katkı sağlayabilecek bulgular içermektedir. Bu tezin amacı günlük hayatta EMA'ya maruz kalma hakkında bilgiler sağlamaktır. Tez bugüne kadar EMA ile değişik endüstrilerde kullanılan EMA kaynakları hakkında bulunmuş ve öğrenilmekte olan araştırmaları ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik ve manyetik alan (elektromanyetik alan, EMA), biyomanyetoloji, elektrosmog.

ABSTRACT

M.Sc Thesis

Ercan ÖNAL

İnönü University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

151 + xvii pages

2005

Supervisor : Prof.Dr.Teymuraz ABBOSOV

ABSTRACT

It can be considered that people can not continue their lives without using a lot of essentials of electricity and electronic machines. It is a modern fact of life that whether we are at work, at home, or at school, we are all exposed to Electromagnetic Field (EMF's-electric and magnetic fields or electromagnetic field) produced by the generation, transmission, and use of electricity.

According to the biomagnetology principles, human body has magnetic properties. Such as water and air, magnetic field is an essential part of human body. The earth magnetic field and human body magnetic field communicate to each other in harmony. But this harmony can be frequently destroyed by source of EMF pollution like high voltage, cellular phones, every types of transmission and broadcasting stations which is called electrosmog. For this reason we searched EMF study and we focused on its possible effect.

Some human health studies suggest that there may be a link between exposure to EMFs and some sorts of diseases and certain types of a cancer, such as primarily leukemia and brain cancer. Some scientists doubt that this apparent connection between EMF exposure and cancer is real, but it is difficult to explain biologically and because the research results are sometimes inconsistent. Most agree that more information is

needed to resolve the issue about whether or not EMFs affect human health. Some governments have initiated a national EMF research effort and important study results are expected in the next few years.

Although the original EMF between the earth and the alives has a balance and some advantages, at present, we have some informations and research to determine if EMF exposure causes adverse health effects. The information in this thesis should help to understand the scientific basis for the concerns and the uncertainties about EMF exposure on alives. The purpose of this thesis is to provide information about EMF exposure in daily life. The thesis describes what researchers have learned (and have yet to learn) about EMF's and identifies some sources of EMF's in various industries.

Keywords: Electric and magnetic field (electromagnetic filed, EMF), biomagnetology, electrosmog,

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında öneri, destek ve yardımlarını esirgemeyen beni yönlendiren ve katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Teymuraz ABBASOV'a;

Yüksek Lisans eğitim ve öğretim süresinde ders aldığım Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünün tüm hocalarına, bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Hafız ALISOY'a;

Tezin uygulama ve deney bölümünün hazırlanmasında katkıda bulunan ELDAŞ A.Ş.'ye ve değerli çalışanlarına, yaptığım ankete katılan herkese, değerli arkadaşım Teoman KARADAĞ'a, enformatik bölümünde görevli master arkadaşım değerli hocam Hüseyin ARPACI'ya, bu tezin hazırlanışında ve her değişmesinde az sabahlamadığımız en fazla emeği geçenlerden biri olan arkadaşım dizgici Mehmet KOÇ'a, anketin hazırlanmasında büyük katkı ve fedakarlıkta bulunan mesai arkadaşım ve sosyoloji bölümü öğrencisi Özlem ÖZ'e ve tezin hazırlanışı sırasında her türlü sabır ve fedakarlığı gösteren değerli eşime ve her fırsatta beni rahat bırakmayıp bilgisayarın tuşlarına minik parmaklarıyla dokunmaya çalışan ve her dokunuşunda sil baştan tekrar düzenlemek zorunda kaldığım dünyalar tatlısı biricik oğluma ve katkıda bulunan herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
TEZİN AMAÇ VE KAPSAMI	xii
1.GİRİŞ	1
1.1.Elektromanyetizmanın Temel Linear Öğeleri ve Elektromanyetik İndüksiyon	3
1.2. Elektromanyetik Teorinin Temel Aksiyomları	7
2. BİYOLOJİK DOKULARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ	10
2.1. Dokularda Dielektrik Dağılımlar	10
2.2. Çok Düşük Frekanslarda Dokuların Elektriksel Özellikleri	11
2.3. RF Frekanslarda Dokuların Elektriksel Özellikleri	13
2.4. Yüksek Frekans EMA Işımasının Etkileme Sınırları ve Standartları	15
3. EMA’NIN CANLI ORGANİZMALARA ETKİLERİ	21
3.1. EMA’nın Canlı Organizmalara Olumlu Etkisi	21
3.2. EMA’nın Canlı Organizmalara Olumsuz Etkileri ve Onların Değerlendirilmeler	25
3.3. Canlı Organizmalar İçin Tehlikeli Olan EMR Frekansları.....	33
3.4. ELF (Extremely Low Frequency) 0-300 Hz.....	39
3.5. ELF (Extremely Low Frequency) Çok Çok Düşük Frekans’ın Etkileri	42
3.6. HF (High Frequency) Yüksek Frekans Alanları ve Etkileri	47
3.7. Mikrodalga Işınlr (1-300 GHz)	49
3.8. Elektrik İletim Hatlarından Kaynakalanan EMA’ların Etkisi	62
3.9. Sonuçlar	74
4. EMA’NIN CANLI ORGANİZMALARA ETKİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ	76
4.1. EMA’ın Canlı Organizmalarına Etkisinin Teorik Temelleri ve Kavramları	78
4.2. DC akım ve Elektrik Alanlarının Biyolojik Dokulara Etkisinin Teorik Temelleri	80
4.3. Çok Düşük Frekanslı EMA’ın Biyolojik Etkileşiminin Teorik Temelleri	83
4.4. EMA’ın Canlı Organizmalara Etkisinin Gelişmiş Numerik Modelleri	84
4.5. EMA’ın Canlı Organizmalarına Etkisinin Matematiksel Modellerinin Geliştirilmesi	95
4.6. İnsan Dokusunun Özdirencinin EMA’ın Frekansın Değişimine Bağıntısının Bir Analitik Modeli	96
4.7. Düşük Frekanslı EMA’ın Endüklediği Akımlara Doku Membran Katının Etkisi	99
4.8. Yüksek Frekanslı EMA’ın Etkilerinin Numerik Modellenmesi	104
4.9.Sonuçlar, Tartışma Ve Değerlendirmelerimiz.....	108
KAYNAKLAR VE REFERANSLAR	109
EKLER	119
ÖZGEÇMİŞ	151

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1.	Çok düşük frekanslarda (50 Hz) Çeşitli Doku Örneklerinin İletkenlik Değerleri.....	12
Tablo 2.2.	Yüksek oranda su bulunduran dokular.....	14
Tablo 2.3.	Düşük oranda su bulunduran dokular.....	14
Tablo 2.4.	İnsan vücudunun dokularının iletkenliği ve bağıl dielektrik geçirgenlik oranları.....	15
Tablo 2.5.	IRPA RF ışımasının mesleki etkilenme sınırı.....	18
Tablo 2.6.	IRPA RF ışımasının genel halk sağlığı için etkilenme sınırı	18
Tablo 2.7.	Çeşitli frekans ve uzaklıklardaki serbest uzay zayıflaması.....	20
Tablo 3.1.	EMA'nın canlı organizmalara etkisi ve bununla ilgili yapılan çalışma yöntemleri.....	21
Tablo 3.2.	Uygar insanın bir yılda aldığı radyasyon dozu.....	26
Tablo 3.3.	İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları ve Yayıdıkları Radyasyon Seviyeleri.....	27
Tablo 3.4.	Çeşitli Nükleer Radyasyonların Temel Özellikleri.....	28
Tablo 3.5.	İyonlaştırıcı radyasyon için maksimum dozun yıllara göre değişimi	30
Tablo 3.6.	Değişik kesimler için önerilen MPD değerleri.....	30
Tablo 3.7.	İyonlaştırıcı radyasyonun etkileşim mekanizması.....	32
Tablo 3.8.	Uluslararası radyolojik korunma komisyonu (ICRP) tarafından iyonlaştırıcı radyasyon için önerilen temel radyasyon korunma standartları.....	32
Tablo 3.9.	İyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik etkileri.....	33
Tablo 3.10.	İyonlaştırıcı radyasyonun genetik riski.....	34
Tablo 3.11.	EMA ışınım ve ışık madde etkileşmesi.....	34
Tablo 3.12.	İyonlaştırıcı Radyasyonların İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri.....	35
Tablo 3.13.	İyonlaştırıcı Radyasyonun Somatik Etkileri.....	36
Tablo 3.14.	Reaktör Tiplerinin Karakteristiği.....	36
Tablo 3.15.	İleri Düzeyde Geliştirilmiş Reaktörler.....	36
Tablo 3.16.	Yeni tip Reaktörler.....	37
Tablo 3.17.	Bir reaktör planında güvenlik esasları.....	37
Tablo 3.18.	Elektromanyetik alanların kaynakları ve onların ışınım frekansları.....	38
Tablo 3.19.	Çeşitli enerji düzeyleri için her bir mA dk. Değeri için 1 metredeki radyasyon miktarı.....	38
Tablo 3.20.	Ev ve işyerlerinde kullanılan elektromanyetik alan üreten elektrik cihazları.....	38
Tablo 3.21.	Radyografi ve floroskopi salonlarında öngörülen iş yükü.....	39
Tablo 3.22.	Bir kuantumluk elektromanyetik radyasyonun enerji değerleri.....	40
Tablo 3.23.	Evlerdeki manyetik alanları oluşturan kaynaklar.....	41
Tablo 3.24.	Çevremizde oluşan elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları.....	41
Tablo-3.25.	Test Sonuçlarının Genotoksik Etkilerine Göre Değerlendirilmesi.....	43
Tablo-3.26.	Test Sonuçlarının Dağılımı.....	43
Tablo 3.27.	Bilgisayar radyasyonunun beyin üzerindeki etkisi.....	43
Tablo 3.28.	Kullanım Faktörü.....	46
Tablo 3.29.	Cep telefonu radyasyonunun beyin üzerindeki etkisi.....	53
Tablo 3.30.	Cep telefonlarından yayılan elektrik alan değerleri.....	55
Tablo 3.31.	Değişik firmaların ürettiği cep telefonlarının oluşturduğu enerji yoğunlukları.....	58

Tablo-3.32	Bazı marka ve model cep telefonlarının SAR değerleri.....	59
Tablo-3.33.	Drosophila Melanogaster'in 2375 MHz'deki maruziyeti.....	61
Tablo 3.34.	400, 500 ve 750 kV'luk İşletmelerdeki Personel İçin Sağlık Kuralları.....	63
Tablo-3.35.	Özel durumlarda hissedilen elektrik alan şiddeti.....	66
Tablo 3.36.	Güvenli Yaklaşım İçin Gerekli Düşey Mesafeler.....	66
Tablo.3.37.	Güvenli yaklaşım için gerekli bazı yatay mesafeler.....	67
Tablo.3.38.	ABD'de iletim hatlarındaki bazı hat genişlikleri değerleri.....	67
Tablo.3.39.	Türkiye'de iletim hatlarındaki bazı hat genişlikleri değerleri.....	68
Tablo-3.40.	Çeşitli faktörlerle ilişkili olarak, zamansız ölümlerin muhtemel hayat risklerinin karşılaştırması.....	75
Tablo 4.1.	Biyolojik dokular arasında yansıma katsayısının yüzde değerleri.....	77
Tablo 4.2.	Bazı doku örnekleri için δ deri kalınlıkları.....	77
Tablo 4.3.	Yüksek gerilim hatları civarında elektrik alanı (kV/m).....	83
Tablo 4.4.	Değişik insan modeli çalışmalarında organların iletkenliği.....	92
Tablo 4.5.	Ortamların kompleks iletkenlikleri ve boyutları.....	102
Tablo 4.6.	Çeşitli anten tipleri için (GSM 900) maksimum SAR (W/kg) ve verici değerleri.....	106
Tablo4.7.	İnsan vücudunda ve beyin kısmında maksimum sıcaklık değişimi.....	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-1.1.	Bir elektromanyetik dalganın manyetik alan ve elektrik alan vektörel sinüzoidal gösterimleri. (a, b, c)	3
Şekil-1.2.	P noktasında oluşan manyetik alan şiddeti.....	4
Şekil-1.3.	Bir akım makarasının (bobin) içindeki ve üzerindeki manyetik alan .	4
Şekil-1.4.	Yüklü cismin hareketiyle manyetik alanda oluşan vektörler.....	6
Şekil-1.5.	İletken bir telin hareketi ile oluşan vektörler.	6
Şekil 3.1.	EMA'nın biyolojik etkilerinin ayrıntılı mekanizması	25
Şekil 3.2.	Bir insanın doğal ve yapay kaynaklardan aldığı yıllık doz.....	26
Şekil-3.3.	EMA Kaynakları ve frekansları.....	28
Şekil 3.4.	İyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik etkileri.....	29
Şekil 3.5.	Fisyon olayının gösterilişi.....	29
Şekil 3.6.	Doz etki ilişkisi.....	30
Şekil 3.7.	Bir nükleer reaktörün başlıca elemanları.....	36
Şekil 3.8.	Kahve makinesinin civarındaki etkin elektrik alan dağılımı	39
Şekil 3.9.	A)Kahve makinesinin civarında oluşan etkin manyetik alan dağılımı. B)Aynı değerdeki manyetik akım yoğunluğu olan alanları.....	40
Şekil 3.10.	NIR tipli EMA çeşitleri.....	41
Şekil 3.11.	Bilgisayardan yayılan elektrik ve manyetik alanların dağılımı.....	44
Şekil 3.12.	Radyasyon etki bölgesinin dışında kalarak çalışma.....	44
Şekil 3.13.	Klavyeye fazla yaklaşma sonucu vücudun göğüsten itibaren kısmının radyasyon etki bölgesinin içinde kalması.....	44
Şekil 3.14.	Bilgisayardan yayılan elektromanyetik alanlar.....	44
Şekil 3-15 ile	Bilgisayar ve diğer CRT ekranlardan çıkan EMA'dan korunmak için düzgün oturma şekillerinin yanlış oturma şekilleri ile	
Şekil 3-23 arası	kıyaslanması.....	45-
şekiller		46
Şekil 3.24.	Amerika'da evlerde EMA kirliliğinin ölçülen değerleri.....	47
Şekil 3.25.	Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri.....	48
Şekil 3.26.	İnsan gözünün kesiti.....	49
Şekil 3.27.	Tavsiye edilen göz koruyucuları.....	50
Şekil-3.28.	AC Elektrik iletimi ve kullanımı için yerleşkelere dağılımı.....	62
Şekil 3.29.	Güç iletim aşamaları.....	62
Şekil 3.30.	YGH, dağıtım hatları ve elektrikli cihazların oluşturdukları manyetik alanların mesafi ile değişimi.....	63
Şekil 3.31.	YGH, dağıtım hatları ve cihazlardan kaynaklanan Elektrik alanların mesafe ile değişimi.....	63
Şekil 3.32.	Baraların ve yüksek gerilim aygıtlarının enerji kısımlarına olan uzaklığa bağlı olarak elektrik alan yoğunluğu.....	64
Şekil 3.33.	İndüklenmiş akım yoğunluğu ve temas akımı.....	64

Şekil 3.34.	Elektrik alan seviyeleri.....	65
Şekil 3.35.	Manyetik alan seviyeleri.....	65
Şekil 3.36.	Genel halk için elektrik manyetik alan şiddetleri ve güç yoğunluğu (S) ilişkin TSE reform seviyeleri (sürekli maruziyet)	67
Şekil 3.37.	Genel halk için pik elektrik, manyetik alan şiddetleri ve güç yoğunluğuna (S) ilişkin TSE referans seviyeleri.....	68
Şekil 4.1.	Yağ ve kas tabakalarına gelen düzlem dalga.....	77
Şekil 4.2.	İndüklenen Akım Yoğunluğunun Merkezden Uzaklığa Göre Durumunun Numerik Hesap Sonuçları.....	89
Şekil 4.3.	İndüklenen akım hesapları için insan modelleri.....	90
Şekil 4.4.	İnsan modelinin yüzey ağları.....	91
Şekil 4.5. a	X yönü durumundaki kesitten (ön cepheden) manyetik alan.....	92
Şekil 4.5.-b	Y yönü durumundaki kesitten (yan cepheden) manyetik alan.....	93
Şekil 4.6.	Model A'nın kalp merkezi kesitinde indüklenen elektrik alan vektör haritası.....	93
Şekil 4.7.	Her organdaki indüklenen akım yoğunluğu.....	95
Şekil 4.8.	Doku elemanlarının elektriksel açıdan eşdeğer devresi.....	97
Şekil 4.9.	İnsan dokusunun öz direncinin frekans ile değişimi.....	98
Şekil 4.10.	Dört katlı biyolojik küre	100
Şekil 4.11.	Endüklenen elektrik alanının değişimi.....	103
Şekil 4.12.	Membrandan geçen akım yoğunluğunun değişimi.....	104
Şekil 4.13.	10 W/m ² lik güç kaynağındaki düzlem dalgaya maruz kalan normal bir adamın (1.75m, 70 kg) küresel modelinde ortalama soğurulma oranı (SAR)	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

α	Alfa ışması
β	Beta ışması
γ	Gama ışması
ϕ	Manyetik akı
λ	Dalga boyu (hız/frekans)
ξ	Elektromotor Kuvveti (Volt)
ζ	Dielektrik Sabiti
σ	İletkenlik (mho)
μ	Manyetik Geçirgenlik
ω	Açısal hız
ψ	Manyetik skaler potansiyel
e .m.k.	Elektromotor kuvveti
α, β, γ glb.	Alfa, beta, gama globilinleri.
(KE)_{max}	Quantum Maksimum Kinetik Enerjisi (Joule)
ρ_v	Hacimsel yük yoğunluğu (Coloumb/metre ³)
A	Amper (akım birimi)
A⁰	Angström
AC	Altarnate Current (Alternatif Akım)
AEHB	Amerikan Endüstri Hijyeni Birliği
ALP	Alkale fosfataz
ALT	Alanin amino transferaz
AM	Amplitude Modulation (Genlik modülasyonu)
AST	Aminotiranzferaz
ATB	Ana etkilerin devamlı olarak soruşturulması
B	Manyetik İndüksiyon (Weber/metre ²)
BAND I	47-68 [MHz] TV Yayın Frekansı
BAND II	174 – 230 [MHz] TV Yayın Frekansı
BAND IV	470 – 605 [MHz] TV Yayın Frekansı
BAND V	606 – 789 [MHz] TV Yayın Frekansı
BE	Bilgisayar ekranları
C	Işık hızı (3x10 ⁸ m/s)

C-Bandı	3.5 GHz yayın frekansı
COMAR	IEEE İnsan ve Radyasyon Komitesi
COO⁻	Karboksil
CRT	Catot Ray Tube (Katot Işımları Tüpü)
ÇDF	Çok düşük alçak frekans (ELF ile aynı)
D	Deplasman (Coloumb/metre ²)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DF	Düşük frekans (VLF ile aynı)
E	Elektrik alan (Volt/metre)
E	Elektron yükü
EEG	Elektroanşeflogram
EIH	Enerji İletim Hattı
ELF	Extremly Low Frequency
EMA	Elektromanyetik Alan
EMF	Electromagnetic field (EMA ile aynı)
EMR	Elektromanyetik radyasyon (Electromagnetik radiation)
EPRI	Amerikan Elektrik Araştırma Enstitüsü
FM	Frequency Modulation (Frekans modülasyonu)
G	Gauss (Manyetik alan ölçü birimi)
GIS	Gaz İzoleli Compact Tip Trafo Merkezi
H	Manyetik alan (amper/metre)
h	Planck sabiti (6.6×10^{-34} Js)
HF	High Frequency
HP	Hidroksiprolin
Hz	Bir saniyedeki salınım sayısı (Hertz)
I veya i	Akım (amper)
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Enstitüsü
IEEE	International Electrical and Electronic Engineering Organization (Uluslararası Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Organizasyonu)
INTELSAT	Haberleşme Uydusu
IR	İyonlaştırıcı Radyasyon (Ionization Radiation)
jω	Sanal frekans
J_v	Hacimsel akım yoğunluğu (Amper/metre ²)

LDH	Laktat dehidrogenaz
M ya da m	Kütle (g ya da kg)
MDA	Malondialdehit
MRI	Magnetic Rezonance Imagination (Manyetik Rezonas Görüntüleme)
MS	Multiple Sclerosis (Bir çeşit nörolojik hastalık)
NATO	NATO EMA Standart Uygunluk Birimi
STANAC 81 ve 82	
NH₃⁺	Amino kökü
NIOSH	Non İyonize Işınları Sağlık Araştırma Organizasyonu
NIR	İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon (Non Ionization Radiation)
NRC /NIEHS	Naniyonize Radyasyon Komitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü
NRC/NAC	Ulusal Araştırma Konseyi, Ulusal Bilimler Akademisi
p53	Bir gen tipi
PM	Phase Modulation (faz modülasyonu)
Q veya q	Yük miktarı (Coulomb)
Q-Bandı	10.95 – 11.7 GHz yayın frekansı
RAPID – EMA	EMA Araştırmaları Yapan Program.
RF	Radyo Frekans (Radio Frequency)
SAR	Specific Absorption Rate (özellik soğurma katsayısı)
SOD	Superoksit dismutanc
T	Tesla (Weber/metre ²) (Manyetik indüksiyon ölçü birimi)
TE Modu	Transfer Elektrik Modu
TEAŞ	Türkiye Elektrik Anonim Şirketi
TEM Modu	Transfer Elektrik Manyetik Modu
TLWorkstation	Elektrik İletim Kaynaklarının Yaydığı EMA'yı tespit eden yazılım programı.
TM	Trafo Merkezi
TM Modu	Transfer Manyetik Modu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TSENV50166	Manyetik Alan Standartizasyon Birimi
TZT	Yineleyen Zorlayıcı Travmalar

UHF	Ultra High Frequency (Çok Yüksek Frekans)
USEPA	ABD Çevre Koruma Örgütü
UV	Ultraviyole Işınları
V	Volt (Gerilim Birimi)
VHF	Very High Frequency (Yüksek frekans)
V_K	Kesme gerilimi
VLF	Very Low Frequency
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
X	X ışınları
X-Bandı	3 GHz altında askeri yayın frekansı
YF	Yüksek Frekans (HF ile aynı)

TEZİN AMAÇ VE KAPSAMI

Elektromanyetik Alan (EMA) ışımasının insanlara ve diğer canlılara ve biyolojik sistemlere zararlı etkisi olduğu anlaşılmıştır. EMA etkisinde kalan canlılar, EMA enerjisini soğurmaktadır. Soğrulan EMA enerjisi vücutta ısınmaya yol açmakta ve bazı organlardaki elektrik akımlarının değişmesine neden olmaktadır. EMA ışımaları ayrıca doku hücrelerinin kimyasal yapısını da bozmaktadır. EMA canlı organizmalarına ve biyolojik sistemlere etkisinin incelenmesine ve modellenmesine ait birçok değerli çalışma yapılmış ve bu konudaki çalışmaların sayısı da her geçen gün artmaktadır.[1-5] Yapılan bütün çalışmalar esasen, EMA etkisinin belirli bir değerin altında olduğunda insan üzerinde zararlı etkilerinin az olduğunu göstermektedir. Bu iddianın tümüyle ispatı için EMA'nın canlı organizmalara etkisinin deneysel değerlerle kanıtlanmış düzenli bir teorisinin oluşturulması gerekmektedir. Bu tez çalışmasının esas amacı da bu alanda yapılan çalışmaların incelenmesi, boşluk oluşturan alanların esas problemlerinin belirlenmesi, bu problemlere ivme verebilecek deneysel ve teorik çalışmaların yapılması ve uygun tavsiyelerle EMA'nın canlı organizmalara etkisinin teori ve çalışmalarına bir düzenli bakış açısı oluşturmaktır. Tez çalışmasında aşağıdaki problemlerin çözümlerine gereksinim olduğu düşünülmüştür:

-2005 yılına kadar yapılmış ve literatürde sunulan makale, tebliğ ve raporların incelenerek son yıllardaki EMA'nın canlı organizmalara etkisinin somut kanıtlarına ait bilgilerin değerlendirilmesi;

-Canlı organizma dokularına etkileyen DC alan, alçak ve yüksek frekans, radyo frekans dalgaların etkisiyle oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin etki faktörlerine bağımlı olarak değişim fonksiyonlarının belirlenmesi, dokularda oluşan yerel değişimlerin değerlendirilmesiyle EMA'nın canlı organizmalara etkisinin mevcut güvenlik standartlarıyla kıyaslanması;

-EMA'nın canlı organizmalara etkisinin büyük yerleşim merkezlerinde ve kırsal bölgelerdeki durumunun değerlendirilmesi. Bu amaçla sağlık merkezlerinde kamu kuruluşlarında, evlerde ve diğer yerleşkelerde, çalışma yerlerinde EMA'nın maruziyetinde olan insanlar arasında anket sorgulaması ve sağlık raporlarının incelenmesi;

-Evlerde, iş yerlerinde en fazla çalıştırılan elektrikli araçların (elektrik süpürgesi, bilgisayar monitörü, cep telefonu, elektrik kaynağı, elektrik rölesi v.b.)

oluşturdukları EMA'nın ölçülmesi, değerlendirilmesi ve güvenlik standartları ile kıyaslanarak uygun tavsiyelerin oluşturulması;

-EMA'nın canlı dokularına etkisinin değişimlerinin lokal (yerel) bağıntılarının dikkate alınmasıyla canlı organizmalarda oluşan termal ve diğer değişimlerin matematik modellerinin geliştirilmesi. Makroskopik yaklaşımda elektromanyetik alan teorisi, ısı ve kütle transferi, hidrodinamik ve manyeto hidrodinamik, biyomanyetik ve biyomekanik gibi anabilim dallarında geliştirilmiş teori ve kavramları kullanmakla EMA'nın canlı organizmalara etkisinin çalışabilir teorisinin oluşturulması yönünde çalışmaların yapılması.

Bu çalışma yönünde programlanan Tez'in kapsamı dört ana bölümden oluşup, güvenlik standartlarını ve labortuar deney sonuçlarının uluslararası örgütlerin sunulan bildirim eklerinde kaynakları içerecektir. DC, çok düşük frekanslardaki (≤ 20 MHz) EMA'nın ölçülmesi ve değerlendirilmesi için İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Biriminde 2005/40 no'lu proje yerine verilmiştir. Yüksek frekanslı EMA'nın ölçülmesi ve değerlendirilmesi ise yukarıda adı geçen proje çerçevesinde, ELDAŞ A.Ş.'nin Ankara'daki çeşitli cihazların EMA ölçen laboratuvarının yardımı ve desteği ile yapılmıştır.

1.GİRİŞ

Her ne kadar teknoloji kelimesi insanlığın hayatını kolaylaştırma, geliştirme ve daha iyi imkânlar sunabilme kavramlarıyla özdeşleşmişse de batı dünyasının 19.YY'ların sonlarına doğru hızla gelişen ağır sanayisi ve endüstrisi ortaya çevresel kirlilik gibi sorunları çıkartmakla birlikte silah sanayisinin gelişimiyle üretilen atom bombası gibi silahların insanlığın imhası için nasıl kullanılabilildiğini düşünmek dahi bu kelimenin aslında çokta masum olmadığını göstermektedir.20.YY'ın başlarından bu yana hızla gelişen elektrik (kuvvetli akım) ve elektronik (zayıf akım) teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte yeni bir kavram olan elektromanyetik alan (EMA) ortaya çıkmıştır. Ozon tabakasının delinmesinin ardından daha çok hava kirliliği için kullanılan "smog" kelimesi "elektrosmog" denilen ve "elektromanyetik kirlilik" diye adlandırılan yeni bir kavramın bilim adamları tarafından araştırılmasına sebep olmuştur. Aslında elektromanyetik yöntemlerin başta tıp alanında olmak üzere birçok alanda insanlığa ne kadar faydalı olduğunu tartışmaya gerek yoktur. Ancak asıl sorun şu ki elektromanyetik alanlar canlı organizmalara nasıl etki etmektedir? Faydalı mıdır? Zararlı mıdır? İşte bu soruya bilim adamları yaklaşık son 30 yıldır yanıt aramaktadırlar. Bir çok elektrik santrali, yüksek gerilim hatları, baz ve diğer link istasyonları ile bu endüstrinin kullanıldığı fabrika, ev, çalışma yerleşimleri, mutfak v.s.gibi yerlerde kullanılan elektrik aletlerin, iletişim ve haberleşme araçlarının oluşturduğu EMA'nın muhtemel etkilerinin değerlendirilmesine çalışılmaktadır [1,151].

Işığın hem dalga hem de tanecik gibi davranması kimi fizikçilerin ışığı tanecik modeliyle kimi fizikçilerin ise ışığı dalga modeliyle açıklamasına sebep olmuştur. Ancak her iki model de ışığın tüm davranışlarını izah edemeyince bu sorunu çözen bir başka yeni teori olan Elektromanyetik Dalga Teorisi geliştirilmiştir. Işığı oluşturan ışın demetlerinin incelenmesi bu demetleri oluşturan fotonlar ile atomun temel yapıtaşları olan elektron, nötron ve protonlarla birlikte atom altı parçacıkların yani kuarkların keşfine yol açarak bu konuda bilim adamlarına bir fikir vermiştir.

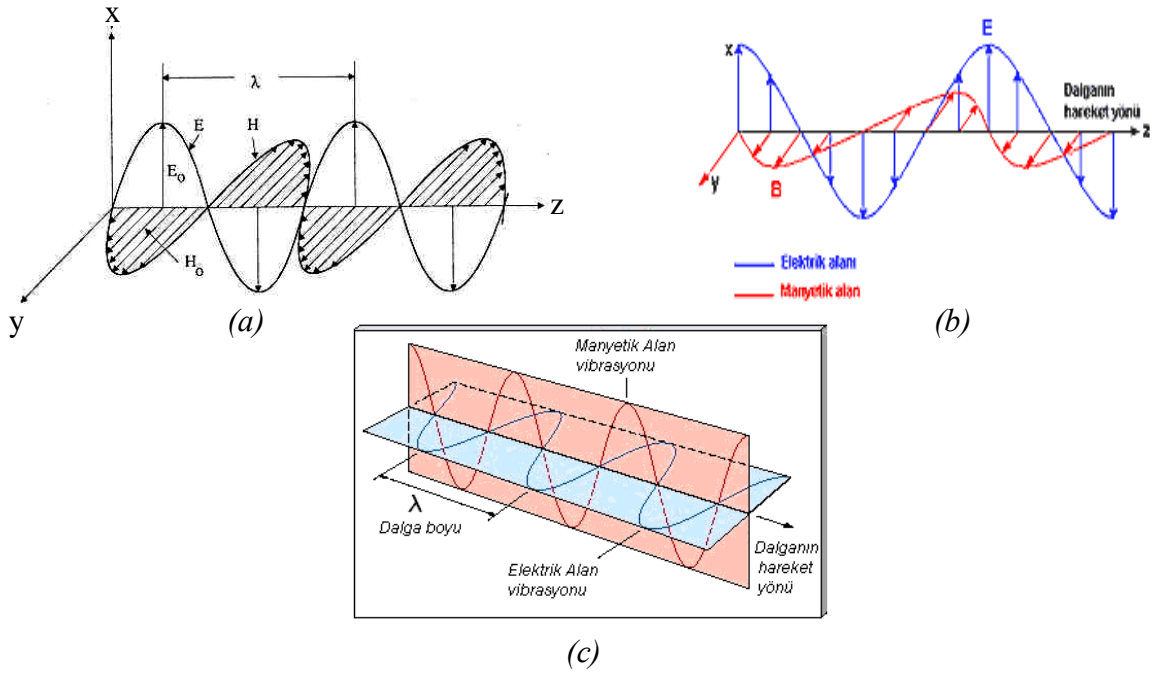
Elektromanyetik Alan ve Elektromanyetik Dalga kavramlarına değinilmeden önce serbest uzayda ve boşlukta bilinen alanların belirtilmesinde fayda vardır. Bu kavramları anlamak için elimize bir küre alıp bu hacmin içindeki her tür maddeyi boşaltıp her tür dış ışıktan koruyup ve ısı ışımasını engellemek için sıcaklığı mutlak sifira indirdiğimizde kürenin içinde hiçbir şey olmadığını düşünürüz. Oysa kürenin elektroanseflogramını ölçtüğümüzde tamamen düz olmadığı kaotik ve spontan bir halde

çevrinti barındırdığını anlarız. Dolayısıyla kürenin asgari enerji içerdiği varsayılmaktadır. Oysa küre içerisindeki çok küçük dalga boylu toplam EAG ölçüldüğünde;

$$\text{Formülde } E \text{ enerji (j) } h \text{ Planck sabiti, } c \text{ ışık hızını } \lambda \text{ dalga boyunu temsil eder}$$
$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (1.1)$$

λ çok küçük yani sifıra yakın olduğundan enerji sonsuza gider dolayısıyla kürenin içerisindeki enerji sonsuzdur. Fizikçiler bu akıl almaz sonsuzluğu ve kaçınılmaz matematiği silmek için bir yönteme sahiptirler. Bu radikal yönteme göre, kuantum yasalarının belli bir uzunluğun altında (10^{34}) geçerli olmadıkları bilindiğinden, alanın ayrışmasında bu eşiğin altındaki dalga uzunluğuna sahip tüm titreşimleri yok edip sınırsız oranı sınırlı orana indiriyorlar. Ancak bunu yaptıklarında da sorun tam olarak çözülmüyor; hesaplara göre bu eşiğin devreye sokulması hala boşlukta 10^{94} (J)/cm³ tutarında dev bir enerji bırakıyor. O halde, bizim küçük küremiz milyarlarca galaksinin toplam enerjisinden çok daha fazla bir enerjiye sahiptir. Kuantum Yasalarına göre bu düzenli titreşimlerin dalga uzunluğu ne kadar kısaysa enerjileri de o kadar büyüktür. Ancak bu durum her tür enerjinin uzay – zaman yapısını eğerek varlığını gösterdiğini ileri süren Einstein’ın teorisiyle çeliştiği belirlenmiştir. Kürenin etrafında böyle bir şey söz konusu değildir. Bu ilke 1925’te ünlü Alman Fizikçi Heisenberg’in “Bir parçacığın konumunun (x) ve hızının (c) eş zamanlı ve kesin olarak bilinemeyeceğini açıkladığı” ünlü belirsizlik teorisi ile açıklanmıştır. Kısaca, boş zannedilen alanın, parçacık yönü ile yani sürekli olmayan tanecikli bir yapıya sahip hareket eden dalga-fotonlardan ibaret serbest bir EMA ya da yüklü parçacıklar arasındaki kuvvet alanıdır ki bu kuvvet etkileşen parçacıklar arasında bir foton alışverişidir. İki elektron arasında bildiğimiz elektriksel itme ise yine söz konusu foton alışverişiyedir [6].

İşte serbest uzayda enerji ve dalgaların kuant paketçikleri biçiminde bir arada yayılmasına **Elektromanyetik Dalga**; Bu dalgaların etkisindeki alana **Elektromanyetik Alan** (EMA) son olarak bu dalgaların değişik frekans spektrumlarındaki ışınım (yayınma) biçimine de **Elektromanyetik Radyasyon** (EMR) denir. Dolayısıyla aslında her madde Einstein’ın dediği gibi elektromanyetik alanın aşırı derecede yoğunlaşmış bir halidir. Bilimsel literatürlerde EMR denilince akla daha çok canlılara zarar veren frekanslardaki radyasyon akla gelir. Işık bilindiği gibi, birbirine dik olarak seyahat eden elektrik ve manyetik alan salınımlarından oluşmaktadır.



Şekil-1.1: Bir elektromanyetik dalganın manyetik alan ve elektrik alan vektörel sinüzoidal gösterimleri (a, b, c)

Yukarıdaki şekiller, seyahat halindeki basit bir elektromanyetik dalganın anlık bir fotoğrafını temsil ediyor. Bu örnek dalgada; elektrik ve manyetik alanlar, sırasıyla x-z ve y-z düzlemlerinde yatan iki sinüs dalgası biçiminde. Birbirine dikler ve aralarında 90 derecelik bir faz farkı var. Dolayısıyla, herhangi bir noktada, eğer manyetik alan maksimum (minimum) ise, elektrik alan minimum (maksimum) oluyor. Bunun tersi de doğrudur. Bu dalga, hareket halinde ve ışık hızıyla ilerliyor. Hareket yönü elektrik ve manyetik alan vektörlerinin vektörel çarpımı ($\mathbf{E} \times \mathbf{B}$) yönünde ve sağ el kuralına göre, z eksenini doğrultusundadır [1,26,79-151].

1.1.Elektromanyetizmanın Temel Linear Öğeleri ve Elektromanyetik İndüksiyon

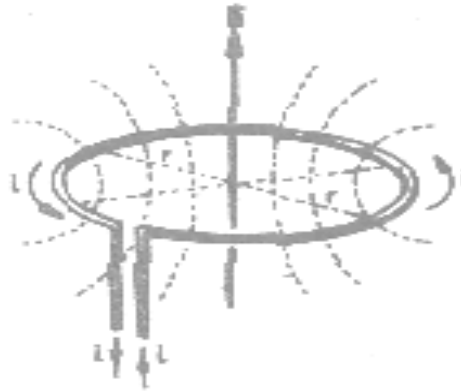
Elektrik akımını manyetik alan yaratmaktadır ve bu manyetik alan, akımın şiddetine, akımı taşıyan iletkenin geometrik şekline ve uzaklığına bağlı idi. İçinden sabit şiddette ve sabit yönde akım geçen iletken telin pusula ibresini saptırdığı “Oersted Deneyi” ile kanıtlanmıştı. Ayrıca, içinden akım geçen bir tel manyetik alana konunca, sürükleyici bir kuvvetin etkisinde kalıyordu. Akım taşıyan iki düz tel paralel olarak yan yana gelince, birbirlerini itiyor ya da çekiyorlardı. Ve tüm bunlardan şu sonuca varıyorduk; elektrik akımı manyetik alan yaratmaktadır. Peki bunun tersi de olası mıdır? Yani, yaratılmış bir manyetik alanda elektrik akımı elektromanyetik indüksiyon ile elde edilebilir. *Elektromanyetik İndüksiyon* manyetik alan aracılığı ile elektrik elde etmek demektir. Duran elektrik yüklerine etkimeyen, sadece hareketli yüklere bir kuvvet

uygulayabilen alanlara *manyetik alan* denir. Manyetik alanlar hareket eden elektrik yükleri tarafından oluşturulurlar. Durgun elektrik yükleri manyetik alan oluşturamaz. Onlar sadece elektrik alanı oluşturabilirler. Doğrusal bir telden geçen akımın yarattığı manyetik alan; Akımın i şiddetiyle doğru orantılıdır. Telden r uzaklığı ile ters orantılıdır. Teli saran çemberler biçimindedir. Yönü sağ el kuralına uyar.

Şekil-1.2 deki P noktasında oluşan manyetik alanın B şiddeti, (1.2) formülüyle bulunur.

$$B = \frac{(10^{-7}) 2i}{r} \quad (1.2)$$

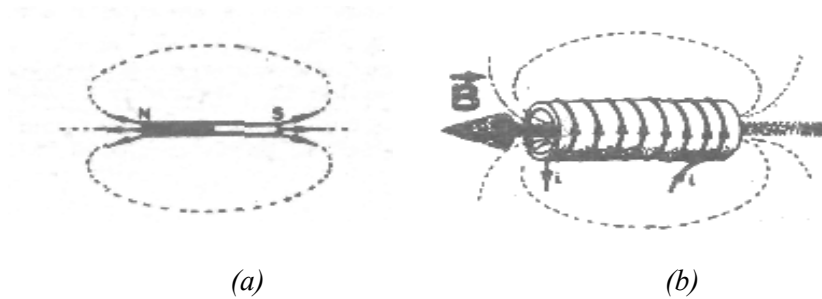
Burada i ampere, r metre alınınca B (Newton)/(Amperexmetre) olur. Çember biçimli telden geçen akımın merkezde yarattığı manyetik alan; Akımın i şiddetiyle doğru orantılıdır. Çemberin r yarıçapıyla ters orantılıdır. Çember düzlemine diktir. Yönü sağ el kuralına uyar. Şekil-1.2 deki çemberden geçen i akımı geçtiğinde, merkezde oluşan manyetik alanın B şiddeti, (1.3) formülüyle bulunur.



Şekil-1.2: P noktasında oluşan manyetik alan şiddeti

$$B = \frac{(10^{-7}) \pi 2i}{r} \quad (1.3)$$

Bir akım makarasının (bobin=solenoid) yarattığı manyetik alan: Sarımlardan i şiddetinde akım geçen bir bobinin içinde ve ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti, Akımın i şiddeti ile doğru orantılıdır. Birim uzunluk içine düşen sarım sayısı ile doğru orantılıdır. Şekil-1.3 teki bobinin içinde ve ekseninde manyetik alanın B şiddeti, (1.4) formülündeki gibidir.



Şekil-1.3: Bir akım makarasının (bobin) içindeki ve üzerindeki manyetik alan

$$B=(10^{-7}) 4\pi n i \quad (1.4)$$

Burada n , birim uzunluğuna düşen sarım sayısıdır. Birimi “sarım/metre”dir. Bir çubuk mıknatısın manyetik alanı ve manyetik alan çizgileri, şekil-1.4’deki gibi N (Kuzey) kutbundan çıkıp S (Güney) kutbuna gidecek yöndedir. Bir manyetik alanda herhangi bir yüzeyi kesip geçen alan çizgileri sayısına *manyetik akı* (Φ) denir. Manyetik alanlarda herhangi bir noktadaki birim yüzeyden dik olarak geçen alan çizgilerinin sayısına manyetik akı yoğunluğu denmiştir. Bu da değerce o noktadaki manyetik alanın B şiddetine eşittir. Buna göre akı yoğunluğu (1.5) formülündeki gibidir.

$$B=\Phi_{\text{DİK}}/A \quad (1.5)$$

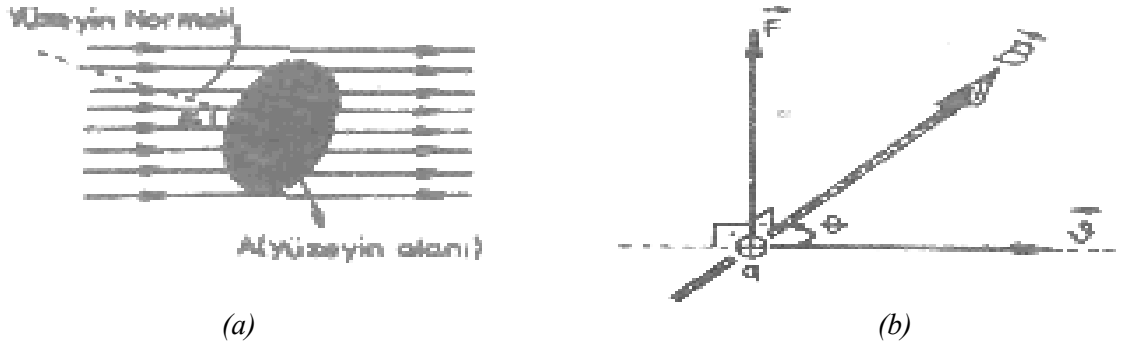
Φ nin birimi weber (Wb), A nın birimi metre² ‘dir. Yani, (Newton)/{Ampere x metre }= Weber / metre² dir. Tüm bunlardan şu sonuç çıkar: manyetik akı, manyetik alanın B şiddetiyle doğru orantılıdır, yüzeyin yüzölçümü ile doğru orantılıdır, yüzey normali ile manyetik alan arasındaki açığa bağlıdır ve bu açının kosinüsü ile (1.6) formülüne göre doğru orantılıdır.

$$\Phi = B A \text{Cos}\alpha \quad (1.6)$$

Akı skaler bir niceliktir. Manyetik alanda yüklü parçacıklara etkiyen kuvvet yükü q olan bir parçacık, manyetik alana v hızıyla girerse, bu parçacığa manyetik alan tarafından bir kuvvet etkimeye başlar. Bu kuvvet; Parçacığın q yüküyle doğru orantılıdır. Parçacığın v hızı ile doğru orantılıdır. Manyetik alanın B şiddetiyle doğru orantılıdır. Parçacığın alana giriş açısına bağlıdır. Parçacığın m kütlesine bağlı değildir. Kuvvet hem \mathbf{B} hem de v ye diktir. Yönü sağ el kuralına uyar. Parçacığın v hız vektörü ile \mathbf{B} alan vektörü arasında şekil 1.4. deki gibi θ açısı varsa, F kuvveti, (1.7) formülündeki gibidir.

$$F = q v B \text{Sin}\theta \quad (1.7)$$

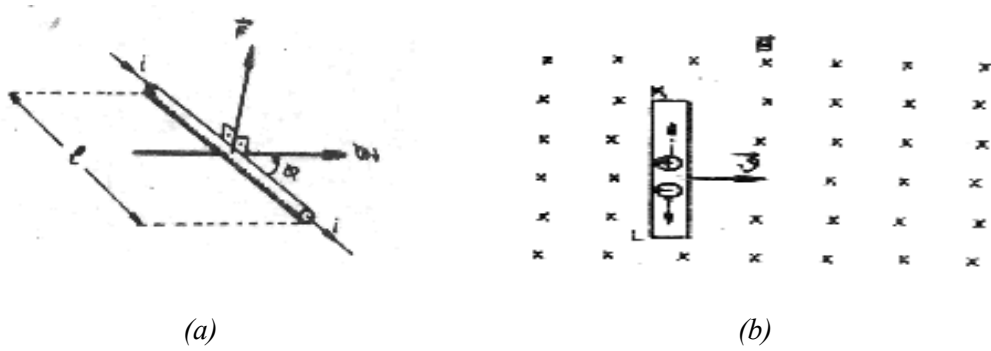
Bu kuvvet parçacığın hızını değiştirmez, sadece saptırıcı etki yapar. Akım taşıyan iletken parçasına manyetik alanda etkiyen kuvvet ise üzerinden i şiddetinde akım geçen bir iletken parçası, bir manyetik alana konunca, sürükleyici bir kuvvetin etkisinde kalır. Bu kuvvet; Akımın i şiddeti ile doğru orantılıdır iletkenin boyu ile doğru orantılıdır. Manyetik alanın B şiddetiyle doğru orantılıdır. Hem i ye hem de B ye diktir.



Şekil-1.4: Yüklü cismin hareketiyle manyetik alanda oluşan vektörler

$$F = i L B \sin\theta$$

(1.7)



Şekil-1.5: İletken bir telin hareketi ile oluşan vektörler.

Akım taşıyan iletken bir çerçeve, bir manyetik alana konursa, çerçeve yüzeyi manyetik alana dik oluncaya dek döner. Yani çerçeve, şekli ne olursa olsun, öyle bir döner ki, yüzeyinden geçen manyetik akı maksimum olsun. Akım taşıyan bir iletken parçasına, manyetik alanda sürükleyici bir kuvvet etki ettiğini biliyoruz. Acaba akım taşımayan bir iletkeni, manyetik alanda biz sürüklersek iletkende bir akım oluşturabilir miyiz? Bu sorunun yanıtı “evet” tir. Şimdi bu izah edilecek olursa; Şekil.1-5b’de KL iletken parçası düzgün B alanında, sağa doğru v hızıyla hareket ettiriliyor. KL iletkeni sağa doğru v hızı ile sürüklenirken iletken içindeki serbest elektronlar da sağa doğru v hızı ile sürüklenmiş olurlar. Sağa doğru v hızı ile giden bir elektrona, sağ el kuralı uygulanırsa, L ye doğru yönelmiş bir kuvvetin etkideği görülür. O halde KL çubuğu hareket ettikçe elektronlar K ve L ye doğru sürükleneceklerdir. Bu da KL çubuğu içinde LK yönünde bir akım oluşması demektir. (Akımın yönünün pozitif yüklerin akış yönü olduğunu anımsayalım.) İşte elektromanyetik indüksiyon budur. Elektromanyetik indüksiyon, manyetik etkilerle elektrik akımı oluşturmak demektir. Bu şekilde oluşan akıma indüksiyon akımı, bunu sağlayan e.m.k yada indüksiyon e.m.k sı denir. Elektromanyetik indüksiyon, mekanik enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesi olayıdır. Günümüzde elektrik enerjisi üretimi bu yolla yapılmaktadır [7,8].

1.2. Elektromanyetik Teorinin Temel Aksiyomları

Genel olarak elektromanyetik teorinin aksiyomları, S yüzeyine dik yöndeki birim vektör n olmak üzere; (1.8) formül grubundaki gibidir.

$$\begin{aligned}\oint_C \vec{E}(\vec{r}, t) \cdot d\vec{\ell} &= -\frac{d\Phi_m(\vec{r}, t)}{dt} \\ \oint_C \vec{H}(\vec{r}, t) \cdot d\vec{\ell} &= \frac{d\Phi_e(\vec{r}, t)}{dt} + i(\vec{r}, t) \\ \oiint_S \vec{D}(\vec{r}, t) \cdot \vec{n} ds &= Q(\vec{r}, t) \\ \oiint_S \vec{B}(\vec{r}, t) \cdot \vec{n} ds &= 0\end{aligned}\quad \{ (1.8) \}$$

Burada Φ_m bir S-yüzeyinden çıkan manyetik akı, B manyetik indüksiyon olmak üzere (1.9) formülündeki gibidir.

$$\Phi_m = \iint_S \vec{B} \cdot \vec{n} ds \quad (1.9)$$

ve Φ_e bir S- yüzeyinden çıkan elektrik akı, D deplasman vektörü olmak üzere, (1.10) formülündeki gibidir.

$$\Phi_e = \iint_S \vec{D} \cdot \vec{n} ds \quad (1.11)$$

ve bir S-yüzeyinin içindeki elektrik akımı J_s yüzeysel akım yoğunluğu olmak üzere (1.12) formülüyle izah edilir.

$$i(\vec{r}, t) = \iint_S \vec{J}_s \cdot \vec{n} ds \quad (1.12)$$

ve Q, v-hacmindeki elektrik yükü, ρ_v hacimsel yük yoğunluğu olmak üzere (1.13)'te gösterilmiştir.

$$Q = \iiint_V \rho_v dv \quad (1.13)$$

yazılabilir.

Aksiyom denklemlerindeki fiziksel büyüklükler, ani değerler cinsindedir. Aksiyom denklemlerindeki vektörel ve skaler fiziksel büyüklüklerin isimleri ve mühendislik sistemindeki (MKSA) birimleri

E : Elektrik alan	(Volt/metre)
H : Manyetik alan	(Amper/metre)
D : Deplasman	(kulon/metre ²)
B : Manyetik indüksiyon	(Weber/metre ²)
J_s : Hacimsel akım yoğunluğu	(Amper/metre ²)
ρ_v : Hacimsel yük yoğunluğu	(kulon/m ³)

şeklinde. Yukarıdaki integrallerde fiziksel büyüklükler integrasyon değişkenlerinin fonksiyonu değilse, C kapalı çevre olmak üzere, r yarıçaplı daire boyunca integrasyon (1.14)'te belirtilmiştir.

$$\int dl = 2\pi r \quad (1.14)$$

ve kapalı yüzey küre yüzeyi ise, r yarıçaplı küre yüzeyi üzerinden integrasyon (1.15)'te gösterilmiştir.

$$\iint ds = 4\pi r^2 \quad (1.15)$$

ve hacim kürenin hacmi ise, r yarıçaplı kürenin hacmi üzerinden integrasyon (1.16)'ta ki gibidir.

$$\iiint dv = \frac{4\pi r^3}{3} \quad (1.16)$$

Yine S yüzeyi silindir yan yüzeyi ise, r yarıçaplı ve l boyunca silindirin yan yüzeyi üzerinden integrasyon (1.17) ifade edilmiştir.

$$\iint ds = 2\pi r l \quad (1.17)$$

ve r yarıçaplı ve l boyunca silindirin hacmi üzerinden integrali (1.18)'te belirtilmiştir.

$$\iiint dv = \pi r^2 l \quad (1.18)$$

Hacimsel akım yoğunluğu ile hacimsel yük yoğunluğu arasındaki bağıntı, yukarıdaki bağıntılar süreklilik teoreminden (1.19)'daki gibi elde edilmiştir.

$$\iint \mathbf{Jv}(\mathbf{r},t) \cdot \mathbf{nds} + \frac{dQ(\mathbf{r},t)}{dt} = 0 \quad (1.19)$$

Fiziksel bir teori; aksiyomlar, tanımlar ve teoremler olarak kurulmuştur. Ancak literatürde genellikle elektromanyetikteki konuların fiziksel açıklaması; kanunlara, tanımlara ve teoremlere dayandırılmaktadır. Örneğin elektrostatik; kulon kanununa ve elektrostatikte Gauss kanununa, stasyoner manyetik alanlar; Amper kanununa ve Biot-Savart kanununa veya manyetikte Gauss kanununa dayandırılmıştır. Yine elektromanyetik alanların kanunları; elektrikte Gauss kanunu, manyetikte Gauss kanunu, indüksiyon kanunu ve Amper kanununu içeren, Maxwell denklemleri olarak ifade edilmektedir. Bu şekli yukarıdaki kanunlara dayandırılarak kurulan teori anlama ve öğrenme zorluğu yaratmaktadır. Örneğin elektrostatik alanların Kulon kanunu Maxwell denklemlerinde direkt olarak görülememektedir. Ancak indüksiyon kanunu ele alındığında zamanla değişmeme halinde İntegral ifadesi yazılabilmektedir ve özel durumda Kulon kanununa ulaşılabilir. Yine örneğin stasyoner manyetik alanların hangi kanunlara dayandırıldığı kesin olarak anlaşılamamaktadır. Stasyoner manyetik alanlarda genellikle Amper kanunu ve Biot-Savart kanunu kullanılmakta; Maxwell denklemlerinde yer alan manyetik Gauss kanunu ele alınmamaktadır. Oysa Amper

kanunu ile manyetik Gauss kanunundan hareketle ince akım elemanları için Biot-Savart kanunu olarak isimlendirilen Biot-Savart teoremini ispat etmek mümkün olabilmektedir. Bu durumda stasyonery manyetik alanlara ait fiziksel problemlerde Gauss kanunu ve Amper kanunu yeterli olmaktadır.

Netice olarak elektromanyetik teoride fiziksel sistemleri kolayca açıklayabilmek ve çözebilmek için aksiyomlar, tanımlar ve teoremler olarak elektromanyetik teoriyi kurmak ve alanların bu aksiyomlara ve ilaveten süreklilik teoremine göre sınıflanmasını yapmanın daha uygun olacağı görüşü doğmaktadır.

Harmonik aksiyom denklemleri;

Elektromanyetik alanların zamana göre değişimi sinüzoidal olduğunda, örneğin elektrik alan gibi vektör alanın ani değeri (1.20)'de;

$$\mathbf{E}(\mathbf{r},t)=\text{Re}[\mathbf{E}(\mathbf{r},\omega) e^{j\omega t}] \quad (1.20)$$

ve yük gibi skaler büyüklüğün ani değeri ise (1.21)'te belirtilmiştir.

$$\mathbf{Q}(\mathbf{r},t)=\text{Re}[\mathbf{Q}(\mathbf{r},\omega) e^{j\omega t}] \quad (1.21)$$

Diğer fiziksel büyüklüklerin ani değerleri zamana göre değişimi sinüzoidal olduğunda benzer şekilde yazılabilir. Burada $E(\mathbf{r},\omega)$ ye fazör elektrik alan denilebilir. Bu fiziksel büyüklük bu durumda uzayın koordinatlarına ve ω açısal frekansına bağlıdır. Burada $E(\mathbf{r},\omega)$, $H(\mathbf{r},\omega)$, $D(\mathbf{r},\omega)$, $B(\mathbf{r},\omega)$ fiziksel büyüklükleri hem vektör hem de fazör (kompleks) büyüklükler olmaktadır. Örneğin fazör elektrik alan $E(\mathbf{r},\omega) = E_r(\mathbf{r},\omega) - jE_s(\mathbf{r},\omega)$ şeklinde gerçel ve sanal kısımları olan vektör olmak üzere kompleks olarak (1.22)'deki gibi ifade edilebilir.

$$\oint \mathbf{E}(\mathbf{r},\omega) d\mathbf{l} = -j\omega\phi_m(\mathbf{r},\omega) \quad (1.22)$$

$$\iint \mathbf{D}(\mathbf{r},\omega) \mathbf{n} ds = Q(\mathbf{r})$$

$$\oint \mathbf{H}(\mathbf{r},\omega) d\mathbf{l} = j\omega\phi_e(\mathbf{r},\omega) + \mathbf{i}(\mathbf{r},\omega)$$

Yine verilen süreklilik teoremiyle, ani değerleri yerine koyarak; (1.23)'teki integrasyona ulaşabiliriz.

$$\iint \mathbf{J}(\mathbf{r},\omega) \mathbf{n} ds + j\omega Q(\mathbf{r},\omega) = 0 \quad (1.23)$$

Yukarıda verilen denklemler kısaca elektromanyetik teoremin temel aksiyom ve nonlineer biçimleridir[9].

2. BİYOLOJİK DOKULARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yüksek frekanslı EM ışımlarının etkileme sınırları ile bunların standartlarına değinmeden önce kısaca; EMA'nın canlı organizmalara etkisi problemlerinin aktüel olmadığı çok eski zamanlarda bile biyolojik malzemelerin elektriksel özellikleri çeşitli nedenlerle incelenmiştir. Dolayısıyla dokuların elektriksel iletken olduğu, direncinin frekansla değiştiği, bu iletkenliği iyon iletkenliği olduğu yüz yıldan bu yana bellidir. Son yıllarda EMA'lar geniş frekans aralığında çalıştılarından canlı dokularının elektriksel özelliklerinin frekansa bağımlı olarak değişimlerinin incelenmesi daha büyük önem arz etmektedir. Bir çok incelemeler sonucu kanun kapasite ve direnç özellikleri belirlenmiş, kompleks doku admintansının her iki bileşeni ölçülmüştür, $f > 1$ GHz frekansı civarlarında kan dokusunun kompleks dielektrik sabiti bulunmuştur, vezküller, organeller ve çeşitli dokuların DNA çözücüler ve protein ihtiva eden bir çok malzemelerin dielektrik özellikleri incelenmiştir.

Bütün bu incelemeler esasen EMA'm terapatik Tıbbi uygulamaları için yapılmıştır. Fakat bu işlemlerde EMA'nın muktemel zararlarının da incelenmesi fevkalade önemi arz etmektedir. Günümüzde EMA'm etkisiyle dokuların iletkenliğinin ve dielektrik dağılımının belirlenmesi gelişmiş bilgisayar kontrollü deney düzeneklerinde yapılmaktadır. Bu veriler EMA'm etkisiyle dokulardaki iletkenlik ve yalıtkanlık özelliklerinin değişimlerinin kinetiğini belirlemeye imkan verir.

2.1. Dokularda Dielektrik Dağılımlar

Ortamın iletkenliği σ olduğunda \bar{E} elektrik alanlarının bu ortamda oluşturduğu Joule – Lentz yasasına göre σE^2 olur. EMA'm frekansı arttıkça (≥ 100 MHz) dielektrik kayıplar da artar, iletkenlik de artış gösterir. Düşük frekanslarda ise iletim esasen iyonik iletimdir. Genelde dokulardaki iletim geçirgenlik olayları çok karmaşık bağıntıya sahiptirler. Fakat belli koşullar içinde iletken ve geçirgenlik ayrı ayrılıkta ele alınabilir. Bu nedenle dokuların iletkenliğini frekans aralığına göre değerlendirmek daha isabetli olabilir.

Düşük frekanslarda (< 0.1 MHz) hücre merkezlerinin yüklerine zamana RC'den büyük olduğu için bir hücrenin etkin iletkenliği ihmal edilebilir. Katı dokuların büyük kompleks yapıları nedeniyle iletkenliğin belirlenmesi zordur[10, 11]. Zira insan dokuları ciddi heterojen bir yapıya ve geometrilere sahiptirler. Dahası canlı dokuları

belli bir ortak karakteristiğe sahip değildirler, zira hücre içi çapındaki ve vücut çapında iletkenlik hissedilir boyutta farklıdırlar. Doku içinde hücre dışı sıvı oranı 0.1, σ_a iyonik iletkenliği 2 S/m civarlarındadır. Etkin iletken olmayan hücrelerin AC iletkenliği 0.14 S/m dir.

-30-300 MHz frekansları arasında bir çok dokunun iletkenliği hemen – hemen frekanstan bağımsızdır. Fakat $f > 100$ MHz frekanslarda iletkenlik frekansla tekrar yükselir.

-UHF ve Mikrodalga Frekanslarında (>100 MHz) doku içindeki protein ve elektrolitin elektriksel özellikleri bir az artış gösterirler. Bundan başka 3-5 GHz arasında iletkenlikte belli bir artış oluşur.

İyonik geçirgenlik aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$\sigma_a = \frac{2\pi f^2 (\epsilon_s - \epsilon_\infty) \epsilon_o / f_c}{1 + (f / f_c)^2} + \sigma_s \quad (2.1)$$

Burada ϵ_s , ϵ_∞ ve f_c saf suya ait parametreleri, σ_s ise iyonik iletkenliği göstermektedir. Eğer proteinlerin nispeten iletken olmadığı varsayılırsa,

$$\sigma = \frac{1 - p'}{1 + p_1/2} \cdot \sigma_a + \frac{9p'}{(2 + p')^2} \sigma_i \quad (2.2)$$

olur. Burada σ_i – proteinin ve onun hydration suyunun etkin iletkenliği ve p' - iletkenliği gözö nüne alınmayan hidrate olmuş proteinin hacim oranı, p -hidrate olmamış hacmi oranını göstermektedir. $P' > p$ olur, $p' - p$ farkı hareketsizlikle değişen suyun hacim oranını gösterir.

Yumuşak dokuların iletkenlikleri frekansla artarken dielektrikleri monoton biçimde azalır. Dielektrikleri, işitme altı frekanslarda $10^5 - 10^6$ ye çıkar ve 100 GHz frekanslarda 4-5 limit değerlerine yaklaşır.

2.2. Çok Düşük Frekanslarda Dokuların Elektriksel Özellikleri

Çok düşük frekanslarda EMA'ın dokular üzerindeki etkisi, elektrik alanı – akım yoğunluğu, üzerindeki etkisi, elektrik alanı – akım yoğunluğu, farklı ortamların arasındaki sınır koşulları ve dokuların makroskopik özelliklerinin belli olmaması durumunda incelenebilir.

Makroskopik bakımdan biyolojik yağların elektriksel özellikleri hakkında en önemli bilgi, iletim (J_c) ve deplasman (J_D) akımlarından elde edilir. Harmonik alanlarda kompleks iletkenlik

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{J}\omega\boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.3)$$

şeklinde belirlenir.

İletimi ve deplasman akım yoğunlukları ile $\bar{\mathbf{E}}$ elektrik alan şiddeti arasındaki bağıntı:

$$\bar{\mathbf{J}} = \mathbf{J}_c + \mathbf{J}_Q = \boldsymbol{\sigma} \bar{\mathbf{E}} \quad (2.4)$$

olur. Çok düşük frekanslarda iletkenlikler hemen hemen frekanstan bağımsızdır. Tablo 2.1'de çok düşük frekanslarda (50 Hz) çeşitli Doku örneklerinin iletkenlik değerleri verilmiştir.

Doku İsmi	İletkenlik S/m	
	Gerçel	Sanal
Kan	0.7	<0.001
Kas	0.1	0.004
Karaciğer	0.1	0.004
Akciğer	0.1	0.003
Yağ	0.03	0.0003
Kemik	0.01	0.0001

Tablo 2.1. Çok düşük frekanslarda (50 Hz) Çeşitli Doku Örneklerinin İletkenlik Değerleri [1,158].

Tablo 2.1.'den görüldüğü gibi güç frekanslarında biyolojik dokuların kompleks iletkenliği esasen reel kısmı (σ) ile belirlenir.

Kan dokusundaki iletkenlik, suspanze olmuş hücre konsantrasyonundaki değişmesiyle çok az bir yüzde ile değişir. Bu çeşit iletkenlik değişmesi kas ve salgı bezi dokularında % 10, akciğer dokularında % 2-%3'lük bir değeridir. Yağ dokularında iletkenlik yoğunlukla su oranına bağlıdır ve % 2-%3'lük bir değişme gösterebilmektedir.

Gözenekli kemiğin iletkenliği, katı kartikal kemiğe göre daha fazladır. Kas ve kemik gibi dokular 100 Hz'in altında anizotropik özellik gösterir. Derinin en dış yüzeyi de akım geçişine karşı yüksek bir direnç gösterir ve bu direncin büyüklüğü deri yüzeyinin nemi miktarına bağlıdır.

Sonuç olarak, makroskopik bakımdan dokuların elektriksel özellikleri üç noktada bilgi verir. Bu bilgiler:

a) EMA'nın hücre elemanlarına yaptığı direk etkiler, hücre içi alanların çok küçük olması nedeniyle çok farklıdır.

b) EMA'nın etkisiyle indüklenmiş akımın hemen hemen tamamı hücre dışı sıvı içinden geçer.

c) EMA'nın hücre dışı sıvı üzerine yaptıkları etki hakkında bilinen tek şey ısınmaya neden olacak büyüklükte olduğudur.

Bütün bu açıklamalardan diğer bir önemli sonuç ortaya çıkmaktadır. EMA'nın radyo frekanslardaki (RF) dalgaların etkisiyle dokuların elektriksel özellikleri önemli değişimlere neden olabilir.

2.3. RF Frekanslarda Dokuların Elektriksel Özellikleri

Dış gerilimin artmasıyla dokularda yüklerin yer değişimi sonucu dielektrik polarizasyon veya kutuplanma olayı oluşuyor. Yüklerin yer değişimi ise belli bir süreç içinde olur. bir basit polarizasyon için gevşeme zamanı olursa birinci dereceden bir sistemin uygulanan bir E alanına tepkisi

$$\frac{D}{\epsilon_0 E} = \epsilon_\infty (\epsilon_s - \epsilon_\infty) [1 - \exp(-t/\tau)] \quad (2.5)$$

şeklinde olur. Burada ϵ_∞ elektronik polarizabiliteden gelir (∞ polarizabiliteyi göstermektedir) Kas dokuları ve kalp, karaciğer, akciğer, böbrek gibi % 70 - % 80 yüksek oranında su ihtiva eden dokularda, frekans arttıkça ϵ_r bağıl dielektrik sabiti azalmakta, düşük frekanslarda artmaktadır. 0.1 GHz'de bu bağıntı dönüm noktasından geçmekle ve hemen hemen 10 GHz'de ϵ_r dikkat çekecek derecede küçülmektedir. Örneğin $f=1$ kHz'de kan dokusunda $\epsilon_r = 4,35 \cdot 10^5$ olduğu halde $f = 1$ GHz'de $\epsilon_r = 60$ civarlarında olur.

Su muhtevası yüksek olan dokularda yüksek frekanslardaki dielektrik sabitindeki azalma ve iletkenliğindeki artış hücre zarları boyunca görülen arayüzey polarizasyonu sebebiyledir. ϵ ve τ değerleri sıcaklıkta da değişir. Mikrodalga bölgesinde ki, dispersiyon hayli küçüktür. Tablo 2.2 ve Tablo 2.3 de yüksek oranda ve düşük oranda su bulunduran dokuların özellikleri verilmiştir [12].

Tablo 2.4. de ise insan vücudunun dokularının iletkenliği ve dielektrik sabiti verilmiştir. Bu değerler 37^0 - 38^0 C vücut sıcaklığında yayılan en son deneysel ölçülerden elde edilmiştir.

Tablo 2.2. Yüksek oranda su bulunduran dokular [49-77,79-151]

Frekans MHz	Havadaki Dalgaboyu m	Dielektrik sabiti ϵ	İletkenlik σ s/m	Dalgaboyu λ m (m)
1	300	2000	0.4	4.36
10	30	160	0.625	1.13
27.12	11.06	113	0.612	0.681
40.68	11.06	97.3	0.693	0.513
100	3	71.7	0.889	0.27
200	1.5	56.5	1.28	0.166
300	1	54	1.37	0.119
433	0.693	53	1.43	0.0876
750	0.4	52	1.54	0.0534
915	0.328	51	1.60	0.0446
1500	0.2	49	1.77	0.0281
2450	0.122	47	2.21	0.0176
3000	0.10	46	2.26	0.0145
5000	0.06	44	3.92	0.0089
5800	0.0317	43.3	4.73	0.00578
8000	0.0375	40	7.65	0.00578
10000	0.03	89.9	10.3	0.00464

Tablo 2.3. Düşük oranda su bulunduran dokular [49-77,79-151]

Frekans MHz	Havadaki Dalgaboyu m	Dielektrik sabiti ϵ	İletkenlik σ s/m	Dalgaboyu λ m (m)
1	300			
10	30			
27.2	11.06	20	10.9-432	2.41
40.68	7.38	14.6	12.6-52.8	1.87
100	3	7.45	19.1-75.9	1.06
200	1.5	5.95	25.8-94.2	0.597
300	1	5.7	31.5-107	0.41
433	0.693	5.6	37.9-118	0.288
750	0.4	5.6	49.8-138	0.168
915	0.328	5.6	55.5-147	0.137
1500	0.2	5.6	70.8/171	0.0841
2450	0.122	5.5	96.4-213	0.0521
3000	0.1	5.5	110-234	0.0425
5000	0.06	5.5	162-309	0.0263
5800	0.0517	5.05	186-338	0.0229
8000	0.0375	4.7	225-431	0.0173
10000	0.03	4.5	324-549	0.0141

Tablo 2.4. İnsan vücudunun dokularının iletkenliği (S/m)/(bağıl dielektrik geçirgenlik). Tabloda koyu renkle gösterilen : iletkenliği, Tabloda açık renkle gösterilen bağıl dielektrik geçirgenliği temsil etmektedir [49-77,79-151].

FREKANS	ORGANLAR						
	KARACİĞER	AKCİĞER	DALAK	BÖBREK	KEMİK	KAN	YAĞ
10 Hz	0,12/5.10 ⁷	0,089/2,5.10 ⁷	-	-	-	-	-
100 Hz	0,13/6,5.10 ⁵	0,092/4,5.10 ⁵	-	-	0,0126/38	0,60	-/11,5.10 ⁵
1 KHz	0,13/1,3.10 ⁵	0,096/4,5.10 ⁴	-	-	0,0129/10 ³	0,68/2900	0,02- 0,07/5.10 ⁴
10 KHz	0,15/5,5.10 ⁴	0,11/2,5.10 ⁴	-	-	0,0133/640	0,68/2810	-/2.104
100 KHz	0,155/1,4.10 ⁴	-	0,62/3260	0,24-0,25 /12500	0,0144/280	0,55/4000	
1 MHz	0,285/1970	-	0,63/1950	0,37-0,39 /2690	0,0173/87	0,71/2040	
10 MHz	0,46/79	-/35	0,84/75	0,66/92	0,0237/23	1,11/67	-/6
1 GHz	1,0/55	0,73/35	1,11/51	0,96/45	0,05/8	1,5/65	0,06/5
3 GHz	2,4/53	-	2,7/46	2,3/47,5	-/7,5	8,3/55	-/5
10 GHz	10/38	-	10/42	6/35	1,1/8	10,5/51	0,4/4

2.4. Yüksek Frekans EMA Işımasının Etkileme Sınırları ve Standartları

İnsan vücudu yüksek frekans alanlarına duyarlıdır. Vücut ışınan enerjiyi yutar. Yutulan enerji ısıya dönüşür. Yüksek frekans alan tüm vücut veya belli bir bölgede ısı oluşur. Isı içerde olduğu için ısı algılayıcı olan derimiz tarafından algılanmaz. Bu yüzden vücut sıcaklığı kontrol sistemi etkilenir. Bu etki frekansa bağlıdır. Darbeli ışınım örneğin (radar, GSM sistemi) biyolojik sisteme sürekli ışınımından daha fazla etki eder. Hücre zarı da etkilenir.

Teknolojik gelişmeler sonucu EMA enerjisini yayınlayan cihazların sayısı hızla artmıştır. EMA ışısının artması ile birlikte insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri de artmıştır. Bu zararlı etkileri azaltmak için EMA ışısının belirli bir değerde olmasını öngören standartlar geliştirilmiştir. EMA ışına canlıya ulaştığında, bu canlı tarafından soğurulmaktadır. Enerji soğurulması ile ilgili tanımlar şöyledir. İnsan vücudu bir anten gibi davrandığından belirli bir dalga boyunda vücut daha fazla enerji yutar. Vücudun boyutu yarım dalga boyu (rezonans frekansı) olduğunda daha fazla enerji yutar. Çocuklar, yetişkinlerden daha yüksek rezonans frekansına sahiptirler.

Özgül Soğurulma, SA (Specific Absorption);

Biyolojik dokunun birim kütlesi tarafından soğurulan enerji miktarıdır. Ağırlığı dm olan bir kütle tarafından soğurulan enerji dW ise özgül soğurma

$$SA = \frac{dW}{dm}$$

'dir. Kütle için $dm = \rho dV$ olduğu gözönüne alınır, özgül soğurulma

$$SA = \frac{dW}{dm} = \frac{dW}{\rho dV}$$

şeklinde verilebilir.

SA'nın birimi J/Kg'dır. ρ ise (kg/m^3) cinsinden vücut yoğunluğunu göstermektedir.

Özgül Soğurulma Hızı, SAR (Specific Absorption Rate)

Vücut dokuları tarafından soğurulan enerjinin soğurulma hızıdır.

$$SAR = \frac{d(SA)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dW}{\rho dV}\right)}{dt}$$

Özgül soğurulma hızının birimi (W/Kg)'dır.

Ayrıca özgül soğurulma, SAR'ın zamana göre integraline eşittir.

$$SA = \int_0^t (SAR) dt$$

SAR aşağıdaki bağıntılardan da bulunabilir.

$$SAR = \sigma E^2$$

$$SAR = c_1 \frac{\rho dT}{dt}$$

$$SAR = \frac{\sigma E_{in}^2}{\rho}$$

Burada:

E : Vücuttaki elektrik alan şiddetini [V/m] E_{in}^2 : Dokudaki iç elektrik alan büyüklüğünün karesidir.

σ : Vücut iletkenliği [S/m]

c_1 : Vücudun özgül ısı kapasitesi [$J/kg.K$]

$\frac{dT}{dt}$: Vücut sıcaklığının zamana göre değişim hızını [K/s]

J : Vücutta ışıınım sonucu oluşan akım yoğunluğunu [A/m^2] temsil eder.

1-4 [W/kg]'lık SAR aralığında gözlenen bioetkinin ısı olduğu düşünüldüğünden SAR eşiğinin frekanstan bağımsız olduğu kabul edilmektedir. 4 W/kg'lık bir ışıınıma maruz bırakılan insanın vücut sıcaklığı 1°C'den az yükseltilememektedir. (Bu sıcaklık yükselmesi kabul edilebilir derecededir). EMA ışıınımının, insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin başladığı SAR değeri 4W/kg olarak kabul edilir. EMA ışıınımının zararlı etkilerini azaltmak için mesleki temel etkileme sınırı, etkilenme SAR sınırı değerinin

1/10'u olarak alınır. Yani mesleki ortalama etkilenme SAR sınırı, $4/10 = 0,4$ [W/kg]'dır. Burada güvenlik katsayısı olarak 1/10 alınmıştır. Genel halk sağlığı için güvenlik katsayısı 5 kat daha artırılarak 1/50 seçilmiştir. Yani genel halk sağlığı ortalama etkilenme SAR sınırı, $4/50 = 0,08$ [W/kg] olarak belirlenmiştir.

İnsan vücudunda soğurulan enerji dağılımı homojen olmadığından ve EMA ışınımının etkilenme koşullarına bağlı olduğu için, ortalama SAR kesin sınır değildir. Tüm vücudun ortalama SAR'ı $0,4$ [W/kg]'dan az olmasına rağmen soğurulan enerji sınırlı sayıdaki dokuda yığılabılır. Bundan dolayı yerel sıcaklık yükselmesini önlemek için vücudun herhangi bir kısmı için ek temel sınır $2W/100g$ önerilmektedir. Gözler, EMA ışınımında kritik organlardan biridir. Bu nedenle gözlere dikkat edilmesi gerekir.

IRPA (The International Protection Association), *Uluslararası Işınımında Korunma Birliği* ve ANSI (American National Standards Institute), *Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü*, RF ışınımının insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin SAR = 4 W/Kg'dan daha büyük değerlerde oluştuğunu gözönüne alarak bu değer in onda biri ($1/10$), yani $0,4$ W/kg sınır değer olarak almıştır. Bu değer, RF ışınımının mesleki etkilenme sınırı (Occupational Exposure Limits) olarak benimsenmiştir. Bu değer tüm gövde için verilen ortalama SAR değeridir. Bazı koşullarda kol ve bacaklarda yerel SAR $0,4$ W/kg'ı aşabilir. Bu nedenle IRPA, yerel SAR sınırı için kol ve bacaklarda 2 W/100g ve vücudun diğer kısımlarında 1 W/100g değerlerini önermiştir. Genel halk sağlığı ışınım sınırı (Exposure limits for the general population) 5 kat daha küçük seçilmiştir. Yani genel halk sağlığı için ortalama etkilenme SAR sınırı $0,08$ (W/Kg)'dır.

EMA ışınımının mesleki etkilenme sınırı Tablo 2.5'de verilmiştir. Bu değer, 10 MHz – 300 GHz için SAR = $0,4$ [W/Kg] değerinden türetilmiştir. Bu sınır değeri bir veya birden fazla RF ışınım kaynağı tarafından vücudun bir çalışma günü boyunca herhangi bir 6 dakikalık periyottaki ortalama etkilenme değeridir. Mesleki etkilenme sınırı, sistemin gerçekleştirilmesinde ve bakımında çalışanların ışınımaya karşı korunur olmaları nedeniyle genel halk sağlığı sınırından daha yüksek tutulmuştur.[1,26,30-32,79-151]. Bu konuda uluslararası platformda yapılan çalışmalar ilerleyen sayfalardaki tablo ve şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 2.5. IRPA RF ışımasının mesleki etkilenme sınırı (IRPA 1988a) [1,26].

Frekans Bölgesi (MHz)	Rms Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Rms Magnetik Alan Şiddeti (A/m)	Eşdeğer Düzlemsel Dalga Güç Yoğunluğu	
			(W/m ²)	(mW/cm ²)
0.01-1	614	1.6/f	-	-
>1-10	614/f	1.6/f	-	-
>10-400	61	0.16	10	1
>400-2000	3√f	0.008√f	f/40	f/400
>2000-300.10 ³	137	0.36	0.36	50

Frekanslar MHz cinsinden

Genel halk sağlığı için RF ışıması 10 MHz'den büyük frekanslarda tüm vücut için herhangi bir 6 dakikalık sürede ortalama SAR = 0.08 W/Kg değerini aşmamalıdır. RF ışımasının genel halk sağlığı için etkileme sınırı Tablo 2.6'da verilmiştir. Bu değerler 10 MHz – 300 GHz için SAR=0.08 W/Kg değerinden türetilmiştir. Bu sınırlar sürekli veya modülasyonlu bir veya birden fazla elektromanyetik ışımasının etkisinde kalan tüm vücudun 24 saatlik bir gün sırasında herhangi bir 6 dakikalık süresindeki ortalama etkilenme değeridir.

Tablo 2.6.-IRPA RF ışımasının genel halk sağlığı için etkilenme sınırı (IRPA) [26].

Frekans Bölgesi (MHz)	rms Elektrik Alan Şiddeti V/m	rms Magnetik Alan Şiddeti A/m	Eşdeğer Düzlemsel Dalga Güç Yoğunluğu	
			(W/m ²)	(mW/cm ²)
0.1-1	87	0.23/√f	-	-
>1-10	87/√f	0.23/√f	-	-
>10-400	27.5	0.073	2	0.2
>400-2000	1.75√f	0.0037√f	f/200	f/2000
>2000-300.10 ³	61	0.16	10	1

Frekanslar MHz cinsinden

Ölçüm Yöntemleri

EMA ışınımına maruz kalma ölçümleri, temel olarak alan şiddeti veya güç akı yoğunluğu ölçerek elde edilir. Pek çok etkilenme (maruz kalma) durumlarında elektrik ve magnetik alan şiddetleri arasındaki basit ilişkiler yoktur. Bu iki değer için uzak alan şartlarına göre birbirlerine dönüşüm mevcut olmadığından her bir değer ayrı ayrı ölçülmelidir.

Alan şiddeti veya güç yoğunluğu ölçen aletler üç birimden oluşur. Bunlar algılayıcı (kafa, prob.), bağlantı kabloları, ölçme ve değerlendirme birimi.

Dipoller elektrik alan algılayıcı, çerçeveler ise magnetik alan algılayıcı olarak kullanılır. Algılayıcılar tarafından alınan işaretler bağlantı kabloları ile ölçme ve değerlendirme birimine iletilir. Burada, ölçülecek büyüklük değerlendirilerek ölçü aletinin ekranında verilir.

1 MHz'in altındaki aletler genel olarak elektrik alan şiddeti, magnetik akı yoğunluğunu veya akı değişimini ölçerler. 1 MHz'den büyük frekanslarda ölçülen değerler, ortalama alan şiddetinin karesi $|E|^2$, $|H|^2$ veya eşdeğer düzlem dalga güç akı yoğunluğunun ortalamasıdır.

Kullanılan ölçü aleti aşağıda verilen parametrelerin bir veya birkaçını gösterebilecek şekilde olmalıdır.

- a) Ortalama güç yoğunluğunu (W/m^2 , mW/cm^2),
- b) Ortalama E alanını (V/m) veya E alanın karesel ortalamasını,
- c) Ortalama H alanını (A/m) veya H alanın karesel ortalamasını.

Güç yoğunluğunun yakın alanda ölçülmesi zordur. Güç yoğunluğu uzak alanda E alan algılayıcısı veya H alan algılayıcı ile ölçülür.

Haberleşme için mutlaka belirli seviyede bir güce ihtiyaç vardır. Siz vericinizi şehir dışına koyarsınız; ama haberleşme şehir içinde yapılacak. Bu gücü artırmak zorundasınız. Kuşkusuz bunun yakınında olanlara daha fazla zararı var. Mesela 10 Watt kullanılacak yerde 100 Watt kullanmak zorunda kalacaksınız. Bazı durumlarda bu çözüm getirebilir; ama kalabalık şehirlerde bunu çözemezsiniz. Şimdi genel ölçülerde, 900 MHz'lik sistemde, baz istasyonlarının birbirleri arasındaki aralık, teorik olarak, 30 kilometredir. Biliyorsunuz ki haberleşme olabilmesi için verici ve alıcının birbirini görmesi lazım. Biz buna "Görme Doğrultusunda Haberleşme" diyoruz. Arada bir engel olduğu zaman kesinlikle haberleşemiyorsunuz. Bu yüzden de bu düşünceler ışığı altında, bu ortalama 30 kilometrelik mesafe 10 kilometreye düşüyor, Bazen birçok yerde 2 kilometrede bir temel istasyon yahut yer istasyonu koymak zorundasınız; bu bir

gerçek, bu gerçeği unutmamamız gerekiyor. Bunu şehir dışına taşıdığımız zaman gücünü çok arttıracaksınız, bunun etkisi de o antene yakın olan insanlara biraz daha olacak.

EMA dalga ışınımı bir ortamda yayılırken gölgelenme, engellenme, saçılma, yansıma ve kırılma gibi çeşitli olaylardan ve uzaklıktan dolayı gücünde azalma olur. EMA dalganın hiçbir etkiye maruz kalmadığı ideal bir ortamdaki zayıflamasına EMA dalganın serbest uzay kaybı denir. Serbest uzay kaybı L_f (dB) ile verilir.

$$L_f = 32.4 + 20\text{Log}f + 20\text{Log}d \text{ [dB]}, \quad (2.6)$$

Burada f, MHz ve d; km cinsindedir.

Tablo 2.7’de çeşitli frekanslarda ve çeşitli d uzaklıklarındaki serbest uzay zayıflaması verilmiştir.

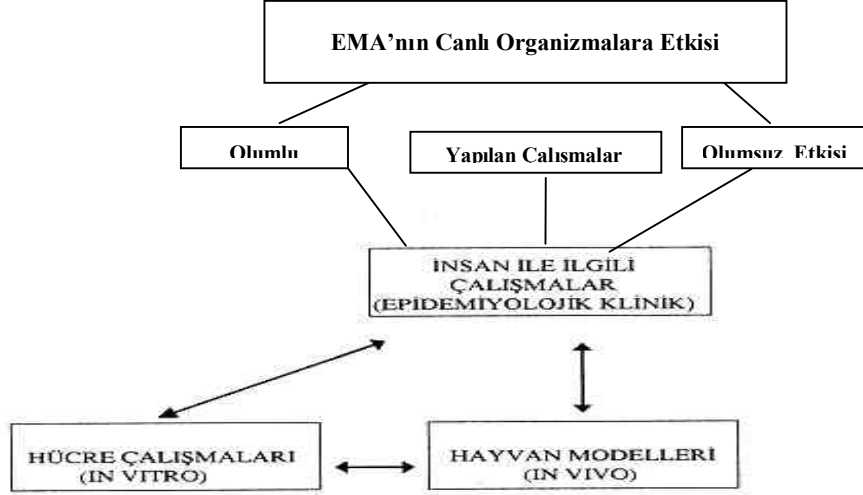
Tablo 2.7. Çeşitli frekans ve uzaklıklardaki serbest uzay zayıflaması [1,158].

λ (m)	F (MHz)	Lf (dB) d=2 cm)	Lf (dB) d=20 cm)	Lf (dB) d=2 m)	Lf (dB) d=10 m)	Lf (dB) d=20 m)	Lf (dB) d=100 m)	Lf (dB) D=1 km)
300	1	-	-	-	-	-	-	32.4
3	100	-	-	-	32.4	38.442	52.4	72.4
1.5	200	-	-	24.44	38.42	44.44	58.42	78.42
0.6	500	-	-	32.4	46.38	52.4	66.38	86.38
0.5	600	-	-	33.98	47.96	53.98	67.96	87.96
0.429	700	-	-	35.32	49.3	55.32	69.3	89.3
0.3	900	-	17.5	37.5	51.48	57.5	71.48	91.48
0.16	1800	3.53	23.53	43.52	57.5	63.5	77.5	97.5
0.158	1900	4	24	44	58	64	78	98

Çeşitli frekanslardaki serbest uzay zayıflamasını bulabiliriz. Örneğin; f= 900 MHz’de ve d= 20 cm için, $L_f = 17.5$ dB’dir. Yani zayıflama $10^{-1.75} = 0.01778$ ’dir. İşaret 0.01778 defa (veya 1/56.23 defa) zayıflamaktadır. Aynı şekilde f= 900 MHz’de ve d= 2 m için işaret 1.778×10^{-4} (veya 1/5623.4 defa) zayıflamaktadır.

3. EMA'NIN CANLI ORGANİZMALARA ETKİLERİ

EMA'nın canlı organizmalara etkileri ve bu konuda yapılan bilim adamlarının şu ana kadar yaptığı çalışmalar kısaca aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.



Tablo 3.1. EMA'nın canlı organizmalara etkisi ve bununla ilgili yapılan çalışma yöntemleri

3.1. EMA'nın Canlı Organizmalara Olumlu Etkisi

Tüm canlı ve cansızların doğal bir manyetik alanı vardır. İçinde yaşadığımız dünya çekirdeği 2 kısımdan oluşmakta olup iç çekirdek katı, dış çekirdek ise sıvı haldedir. İç çekirdeğin etrafında hareket eden dış çekirdeğin bu hareketi mıknatıslanma etkisi yaparak manyetik alan oluşturur. Yıldızlardan gelen öldürücü kozmik ışınlar dünya atmosferi tarafından emilmektedir[13].

Uzaya gönderilen astronotlarda görülen ve haftalarca sürebilen yorgunluk, adale ağrısı, baş ağrısı ve dönmesi nedeni ilk yıllarda anlaşılammıştı. Daha sonraki yıllarda sürdürülen kapsamlı araştırmalar sonucu bu belirtilerin dünyanın manyetik alanının eksikliğinden kaynaklandığı belirlenmiştir [14]. Biyo manyetoloji ilkelerine göre, tüm maddeler dolayısıyla tüm canlılar, zayıf ya da güçlü birer manyetik özelliğe sahiptirler. Her mekanda dolayısıyla tüm canlıların içindeki ve dışındaki tüm boşluklarda yüksek yada düşük birer manyetik alan mevcuttur. İnsan vücudu aslında her hücrenin kendine özgü elektrik devresi olduğu bir elektromanyetik makinedir[15]. İnsan vücudundaki manyetik alan, biyoelektrik yüklerinin hareketinden meydana gelir. Biot – Savar teorisine göre, hareketli elektrik yükleri manyetik alan oluşturur. Biyoelektrik oluşan herhangi bir bölgede mutlaka manyetik alan vardır. Dolayısıyla kalp, adale, sinir ve beyin gibi organlar belli bir manyetik alana sahiptir. İnsanı oluşturan maddelerin

birbiriyle haberleşmek için kullandıkları manyetik alanın sinyalleri birbiriyle uyum içindedir. Bu sinyaller dünya manyetik alanı ile de uyum içindedir[16].

İnsanın kendi iç manyetik alanı ile dünyanın oluşturduğu manyetik alan arasındaki uyumluluk çeşitli nedenlerden dolayı bozulabilmektedir. Bunun bir nedeni de insanın yaşadığı yerin manyetik alanının büyüklüğüdür. Yer kabuğunun doğal bir manyetizması vardır. Bütün alanlar üç değişken içerir; frekans, spinin yönü, spinin büyüklüğü veya gücüdür. Bu üç değişken insan vücuduna uyduğunda vücut kendi enerjisini destekler[17]. Bu manyetik etkileşim hücre zarlarında madde alışverişlerini mümkün kılar. Böylece bir fabrika gibi çalışan hücrenin, atık maddeleri ve toksinleri bünyesinden uzaklaştırarak su, besin maddeleri, oksijen ve gerekli mineralleri alarak işlevinin uygun bir seyirde ve canlılık içinde sürdürmesi mümkün olmaktadır. Sara hastaları üzerinde yapılan bir deneyde de dışarıdan, deneklerin manyetik alanının değiştirilmesi durumunda, beyindeki biyoelektrik faaliyetin, dolayısıyla snapsların kirlenmesi sağlanarak hastalık durumundaki etkileri aynen oluşturulmuştur.

Geceleyin dünya manyetik alanı hücrel oksijeni arttırır, uykuyu destekler, biyolojik iyileşmeyi desteklerken iltihaplanmayı azaltır, acıyı dindirir. Ama güneş doğduğunda beraberinde getirdiği pozitif manyetik alanı hücrel oksijeni azaltır, uyanıklığı destekler, biyolojik iyileşmeye engel olur ve acıyı arttırır. Kafamızın merkezde bulunan hormonları, enzimleri ve bağışıklık fonksiyonları yöneten pineal bezi manyetik kristallerden oluşan bir manyetik organdır. Manyetik enerjiye çok duyarlı olup ona has madde olan melatonin hormonu, geceleyin dünya manyetik alanı etkin olduğu zaman ortaya çıkar. İyi uyku için melatonin seviyesinin yüksek olması gerekir. Büyüme hormonu melatonin seviyesi ile ilişkilidir. İnsan yaşlandıkça bu asıl hormonları daha az üretmeye başlar. Büyüme hormonu saç, cilt (deri) ve adaleleri kontrol altında tutar[18]. Multiple Sclerosis (MS) hastalığını başlatan sebeplerden biri dünya manyetik alanıdır.

Dünya manyetik alanının haritası incelendiğinde alanın yapısı ile MS hasta sayısı arasında kuvvetli ilişki bulunmuştur. Manyetik alanın düşey bileşeni biyolojik maddeleri etkiler. MS hastalığına yakalananların sayısı 60 (°E) boylam civarında en yüksek değere ulaşırken Orta Asya, Hindistan, Çin, Japon, Afrika ülkeleri, Orta Amerika gibi ekvatora yakın yerlerde vaka sayısı yok denecek kadar azdır. Düşey manyetik alanı bileşeni kutuplara yakın yerde hemen hemen yoktur ve MS hastalığına düşey bileşenin zayıf olduğu bölgelerde çok sık rastlanır. Başka bir araştırmada

çocukların büyümesinin dünya manyetik alanın güneş aktivitesine göre değişmesine bağlı olduğu tespit edilmiştir [19].

EMA'ların faydalarıyla ilgili tıp profesörü olan Nevzat TARHAN özetle şu çarpıcı açıklamalarda bulunmuştur;

-İndüksiyon akımından oluşan ters vektörel etkinin hücre zarı iyon geçişini kolaylaştırdığını ve indüksiyon akımıyla birlikte hücre içi Na, K dengesi (beynin sol tarafı) hücre zarı aktivasyonunun arttığını,

-Ortamda düşük (zayıf) manyetik alanların olduğu sırada beyindeki kan akımının zayıf olmasından dolayı beyin daha az aktif yani reaktif olduğu,

-Yoğun manyetik alanların beyinde akan kan akımının yüksek olmasına yol açtığı için beyin daha fazla aktif olduğu,

-Manyetik akımın bipolar ve major depresyona ilaç tedavisiyle birlikte olumlu sonuçlar verdiği,

-Bu yöntemin depresyon, panik atak v.b. gibi hastalıkların tedavisinde çözüm olabileceği [20],

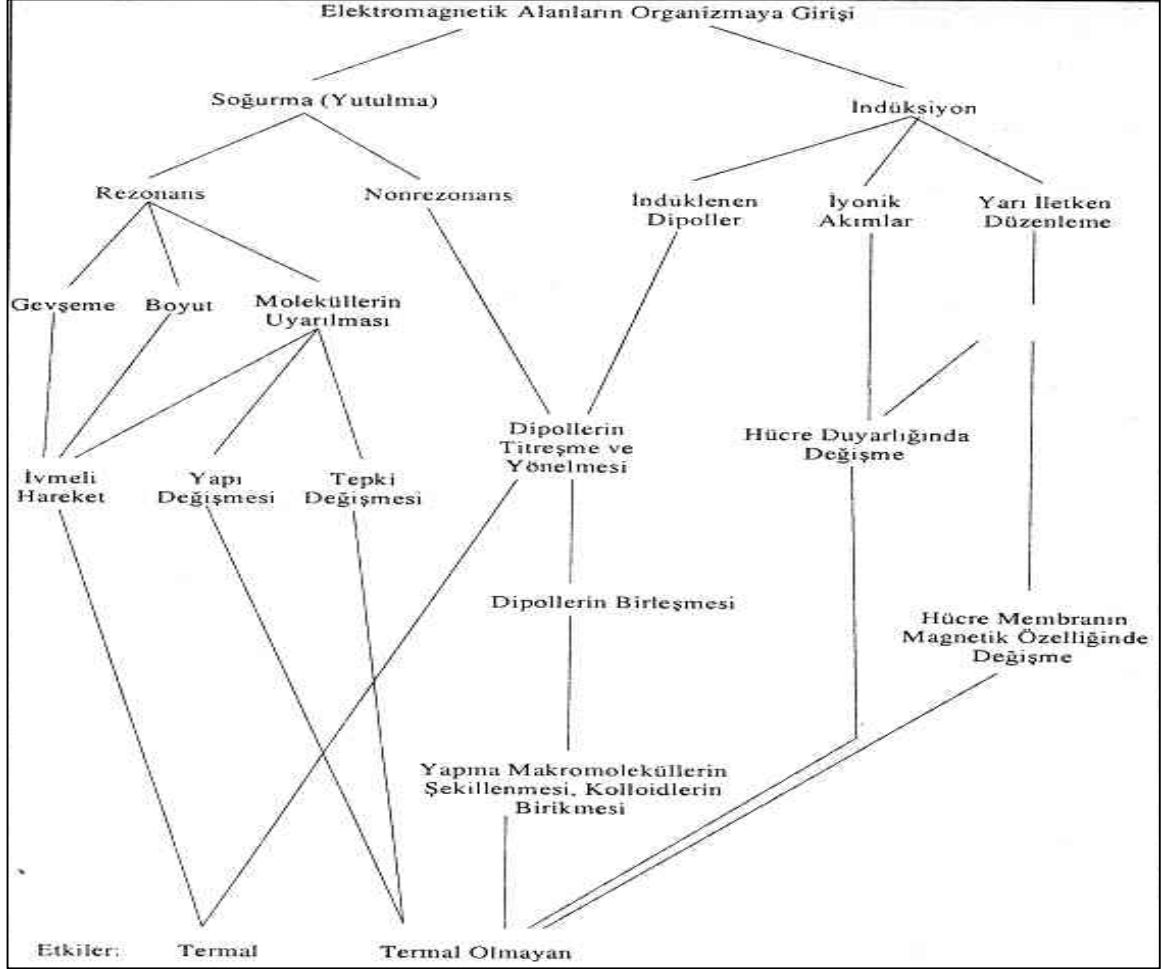
Zayıf manyetik alanın insan sağlığına zararlı olup olmadığı hala tartışılıyor. Bu zayıf alanların hemen gözle görülür zararları yoktur. Fakat hayvan hücresi üzerinde yapılan deneylerde zayıf manyetik alanın hormon ve enzim seviyesini değiştirmek, dokulardaki kimyasalların hareketini engelleme gibi biyolojik etkenlere sebep olduğu kararına varılmıştır[21]. Manyeto terapi ilk önce astronotlar üzerinde uzayda kullanılmıştır. Daha sonra 200.000 insan üzerinde yapılan klinik deneyler neticesinde tıp hizmetine sunulmuştur. Yer kabuğunun statik manyetizmasından daha da etkin olan pulsatif manyetik alan, hücre zar hareket periyodikliği ile daha uygun bir etkileşim oluşturmaktadır. Kazuo Shimodaira'a göre enerji eksikliği, genel ağrı, baş ağrısı, yorgunluk manyetik alanı eksikliği sendromunun belirtileridir. Bunlar kronik yorgunluk sendromuna benzemektedir, ama dışarıdan manyetik alan verilince hasta düzelmektedir. Neurobiolojistlere göre manyetler depresyonda olan insanlarda ağır işlediği sol beyini uyardığına inanıyorlar[22]. Zihinsel ve fiziksel rahatsızlığı olan hastalar üzerine yapılan kliniksel araştırmalarda %90 başarı gösteriyor. Japonya'da bir üniversite 11.648 kişi üzerine yapılan manyetik tedavinin (%43 erkek) %92 başarı gösterdiği görülmüştür[23]. Bunun nedeni olarak manyetik alan vücuda uygulanınca manyetik dalgalar dokudan geçer ve ikinci akım oluşturur. Bu akımlar manyetik alan ile birleşince hücrelerdeki elektronlara ısı verir. Bu ısı adale ağrısı, kaslardaki şişmelere çok iyi gelir. Kandaki kalsiyum ve kolesterol miktarı azalınca hemoglobin daha hızlı hareket eder. Yüksek

tansiyona sebep olan diğer maddelerde de azalma görünür. Kan temizlenir ve akışı hızlanır. Kalp rahatlar ve acı azalır veya yok olur. Yönetici sınırlar normale döner ve onların yönettiği organlar düzgün şekilde çalışır. Kan akımının iyileşmesinden dolayı besleyiciler daha kolay ve verimli şekilde taşınır. Manyetik dalgalar cilt, yağlı dokular ve kemikleri canlandırır. Sonuçta hastalığa karşı direnci artırır. Manyetik alan düzensizliği azaltarak enerji aktarır, sağlığa katkıda bulunur. Hücrelerin büyümesini destekler. Manyetler diş ağrısı, omuzlar ve diğer birleşimlerdeki uyuşukluk, ağrıya iyi gelir. Vücudun kendi kendini iyileştirme özelliğini destekler[24]. Hayatımızı etkileyen biyomanyetik alanın ay, güneş, diğer yıldız veya gezegenler gibi dünya dışı etkenler ve içinde bulunduğumuz yakın çevre ile kullandığımız cihazların etkisinin bilinmesi tedbir alma ve tedavi açısından önem taşımaktadır.

Son 15 yılda kaydedilen teknolojik ilerlemeler beyinde hücresel elektrik akımını ölçmek ve değiştirmek konusunda bazı cihazların geliştirilmesini sağladı. Bu cihazlardan biri “Transkraniyal Manyetik Uyarım” (TMU) sistemidir. TMU’da saçlı kafa derisinin üzerine elektro manyetik bir bobin (coil) yerleştirilir. Kapasitörler de tutulan enerji ile manyetik alan oluşturulur. Bu manyetik alan 100-200 mikro-saniyede artıp azalma özelliğindedir. Bölgesel uygulanır. Dünyayı saran manyetik alanın 40,000 katı yüksekliğindedir. MR görüntüleme uygulanan manyetik alanla aynı şiddettedir. MR’daki manyetik alan statiktir, TMU’da değişkendir. Elektriksiz uyarımdır. Bir tel bobinden akım geçirildiğinde bobine dikey manyetik alan oluşur. Karşı tarafta iletken ortam varsa o bölgede bir akım indüklenir. İndüklenen akım bobindeki akıma paralel fakat ters yöndedir. TMU uygulanmasında, dışarıdan elektrik akımı verilmeden güçlü ama kısa bir manyetik alan oluşturularak beyin aktivitesi değiştirilmekte ve tedavi etkisi oluşmaktadır. Beyine etkisi nasıldır? Beyinde hedeflenen alanda “nöronal depolarizasyon” dediğimiz değişim oluşur. Beyindeki hücrelerin elektriksel iletisine müdahale edilmiş olur. Beynin elektriksel ve kimyasal ileti ile çalıştığı düşünülürse beyin yeterli çalışmayan doğal süreçlerini harekete geçirici etkisi olduğu anlaşılır. Şu anda öncelikle önerilen tedavi alanları; Tedaviye Dirençli Depresyon, Şizofreni ve Obsesif Kompulsif Bozukluk ve Şizofreni ruhsal bozukluklarıdır. Gebelikte, emziren annelerde ve kalp hastalarında kullanılabilmesi, ilaç tedavisine bir üstünlüğü olarak dikkat çekmektedir[25].

3.2. EMA'nın Canlı Organizmalara Olumsuz Etkileri ve Onların Değerlendirilmeler

EMA'nın olumsuz etkisini anlamak için öncelikle aşağıdaki tabloda gelen dalgaların canlı organizmalara nasıl etki edebileceğini görmekte fayda vardır.



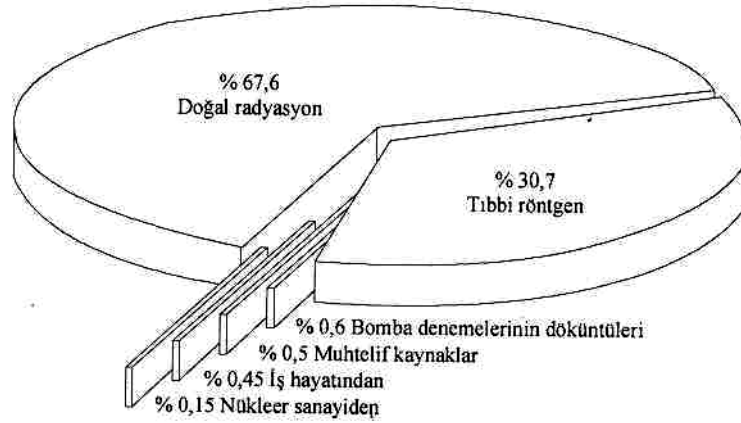
Şekil 3.1. EMA'nın biyolojik etkilerinin ayrıntılı mekanizması [1].

EMA'lar daha öncede ifade edildiği gibi canlılara verdiği zarar bakımından tartışılmaz aşırı yüksek frekansa ve enerjiye sahip “**İyonlaştırıcı Radyasyon (IR)**” ve zarar verip vermediği tartışılan “**İyonlaştırmayan Radyasyon (NIR)**” diye ikiye ayrılırlar.

Evlerde ve çalışma ortamlarında değişik elektromanyetik frekansların bir karışımı sıklıkla mevcut olabilir. Bir röntgen X-ışını miktarının canlı dokuda meydana getirdiği biyolojik etki *rem*'dir. (Röntgen equivalent of man) Tablo 3.1'de ve Şekil 3.2'de bu hal mili rem olarak özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Uygar insanın bir yılda aldığı radyasyon dozu [26].

	DOZ	
	mrem/yıl	%
DOĞAL KAYNAKLARDAN	106	66,7
Yerkabuğu	38	24,0
Kozmik radyasyon	31	29,5
İç ışınlama	37	23,2
YAPAY KAYNAKLARDAN	53	33,3
Tıbbi röntgen	50	31,4
Bomba serpintisi	1	0,6
Diğer kaynaklar	0,8	0,5
İş hayatı	0,9	0,56
Nükleer sanayii	0,2	0,12
TOPLAM	159	100



Şekil 3.2. Bir insanın doğal ve yapay kaynaklardan aldığı yıllık doz [26].

Bazı frekanslı ışınlar değişik spektrumlarda canlılara etki edebilir. Elektrik ve manyetik alanlar, dalga boyları, frekans ve şiddet alan yoğunluğu ile karakterize edilirler. Daha önce de belirtildiği gibi; dalga boyu, dalganın bir tepe noktası ile bir sonraki tepe arasındaki uzaklığı tanımlamaktadır. Frekans, Hertz (Hz) cinsinden ölçülmekte olup 1 saniyelik zaman içerisinde kaç adet dalga (tepe noktasının) geçtiğini tanımlamaktadır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa ülkelerinde elektrik, her saniyede 50 kez alterne olmakta (dalgalanmakta), ABD'nin de içinde bulunduğu Kuzey Amerika ülkelerinde ise 60 kez alterne olmaktadır. Yani sırasıyla Avrupa 50 Hz ve ABD 60 Hz'lik frekansa sahip olmaktadır.

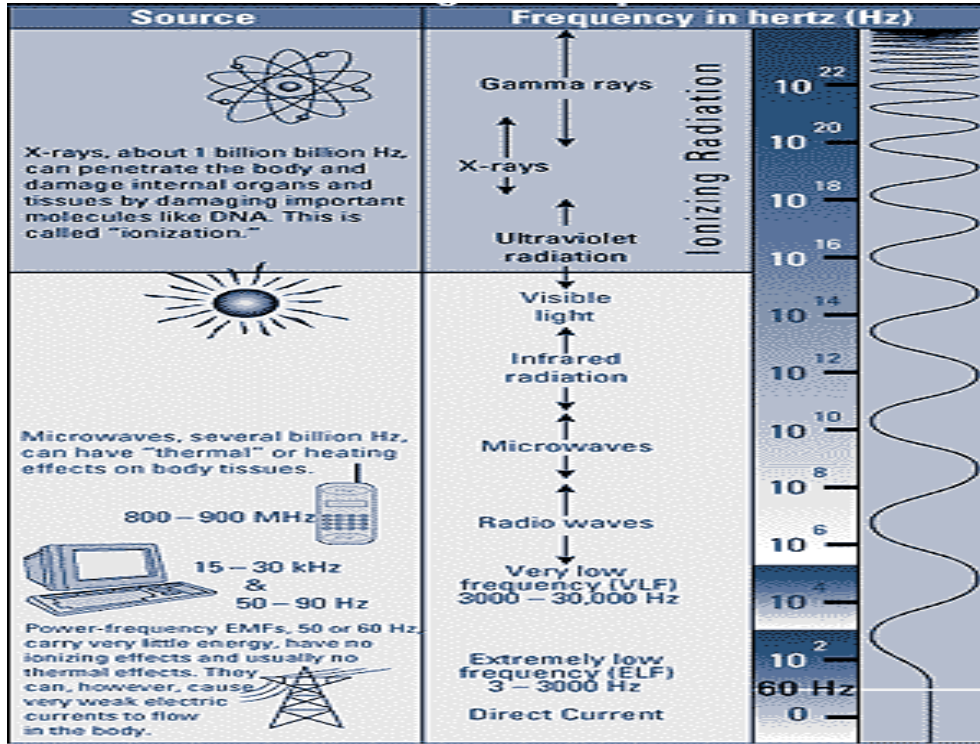
Yüksek frekanslı enerjisi oldukça yüksek olan ve iyonizasyon (yani pozitif veya negatif elektrik yüklü atom veya molekül parçacıklarının oluşturulması) meydana getiren nükleer radyasyondur (Röntgen-gama ışınması). Bunlar atom bağlarını kopararak hücrelerdeki moleküllerin parçalanmasına neden olur. İyonlaştıran radyasyon atom ve moleküllerden elektron koparabilen radyasyonlardır. Bu kopmanın olabilmesi için bir minimum kuantum enerjisi vardır. Değişik frekanslar bunun için 12 eV ile 35 eV arası değişen değerler vermektedir. Bu durumlar Tablo-3.3-Tablo-3.6 ile Şekil-3.3-Şekil-3.6 arasında özetlenmiştir.

Tablo 3.3. İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları ve Yayıdıkları Radyasyon Seviyeleri[26].

	M rem/yıl
DOĞAL KAYNAKLAR : Toplam Seviye	(-92)
A. Vücut Dışından (Harici)	
1. Kozmik radyasyon	28.0
2. Yeryüzündeki radyoaktif maddeler (Uranyum, Radyum, Thoryum, Aktinyum)	26.0
3. Yapı malzemeleri	3.0
B. Vücut İçinden (Dahili)	
1 . Organizmadaki tabii radyoelementler (K^{40}, C^{14})	28.0
2. Hava solunumuyla	5.0
YAPAY KAYNAKLAR: Toplam Seviye	(-30-40)
A. Tıbbi İşlemler (Teşhis, Tedavi ve Araştırma)	
1 . Nükleer Tıp (Radyofarmasötikler), (hasta)	4.0
2. Radyoterapi	?
3. Radyoloji (x-ışınlan),	20.0
B. Nükleer Güç (Araştırma ve Güç Reaktörleri)	?
C. Endüstri Uygulamaları (TV tüpü, saat kadranları)	0.01
D. Radyoaktif Serpinti (Nükleer denemeler, kazalar ve çevre radyasyonları)	4.0

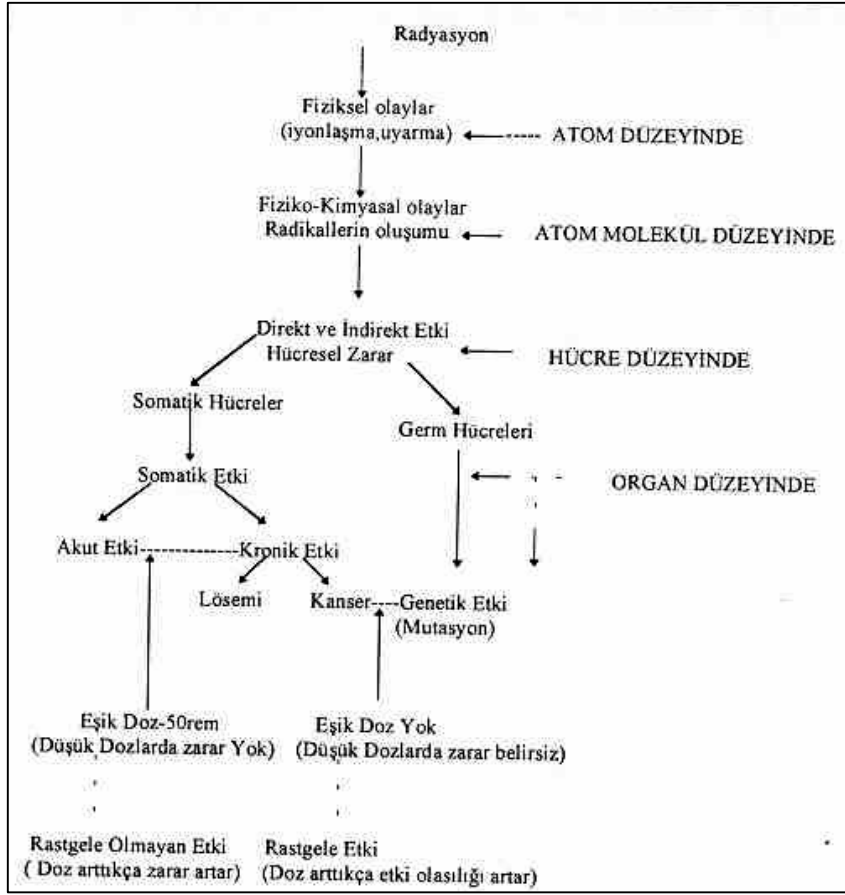
Tablo 3.4. Çeşitli Nükleer Radyasyonların Temel Özellikleri [26].

	Radyasyon Adı	Enerji Aralığı (MeV)	Maruz Kalan Dokudaki İyonlaştırıcı Parçacık
1.	Beta parçacığı	0,015-5	Elektron
2.	Elektron demeti	2-20	Elektron
3.	Gamma ışını	0,05 - 2,9	Elektron
4.	X-ışını	0,01 - 0,4	Elektron
5.	X-ışını	1 -30	Elektron
6.	Hızlı nötron	0,1 -10	Proton
7.	Yavaş nötron	0,1 eV	0,6 MeV Proton
8.	Proton demeti	5-400	Proton
9.	Alfa parçacığı	5- 10	α parçacığı



Şekil-3.3 Sağdaki dalgalı çizgi, frekans arttıkça frekansta alanın daha hızlı değişkenlik arz ettiği kavramını göstermektedir. Solda ise bu ışımaların oluşmasına neden olan kaynaklar gösterilmektedir. O Hz frekansta (DC direkt akımda) alanlar hiç değişkenlik göstermezler ve tayfın üst kısmında ise saniyede trilyonlarca kez değişkenlik gösterirler[27].

Yayınımdaki frekans azdan (0'dan) çoğa doğru DC, ELF, VLF, radyo, mikro, enfarüj, UV, X-ışınları, Gama ışınları sıklıklaştıkça canlı sağlına etki olumsuz yönde artar. Kuşkusuz 10¹⁶ Hz'den sonraki tayf iyonlaştıran kısmın canlılara zararı en yüksektir.



Şekil 3.4. İyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik etkileri [28].

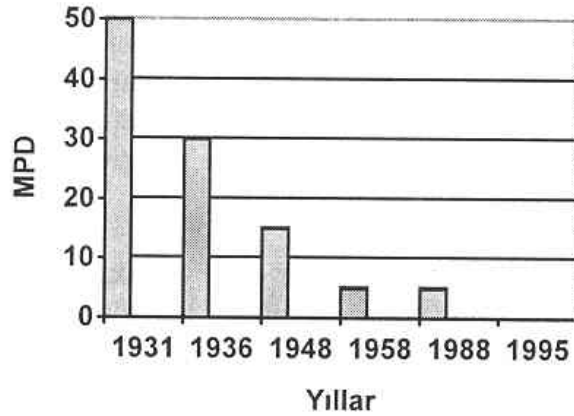
Işıma (radyasyon), enerjinin dalga (ya da parçacık) biçiminde uzayda yayılması olarak tanımlanır. Elektromanyetik ışıma da elektrik ve manyetik alan dalgalarının uzayda (birlikte) ilerlemesidir. Bu ilerleme ışık hızıyla olur. Elektromanyetik ışımalarda iki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu denir ve metreyle (m) ölçülür. Belli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısı da o ışımının frekansdır ve hertz (Hz) ile gösterilir.



Şekil 3.5. Fisyon olayının gösterilişi [28].

Elektromanyetik ışımının birçok biçimi vardır. Örneğin görünür ışık bunlardan biridir.

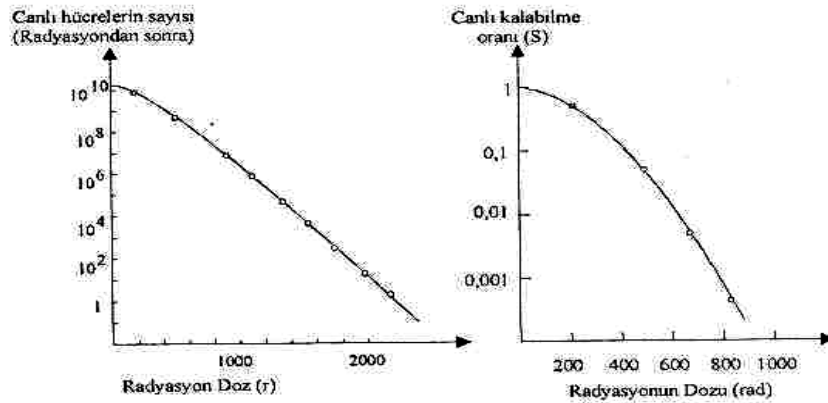
Tablo 3.5.İyonlaştırıcı radyasyon için maksimum dozun yıllara göre değişimi(MPD)[29].



Tablo 3.6. Değişik kesimler için önerilen MPD değerleri [29].

Maruziyet Durumu	MPD (REM)	
	Yıllık	3 Aylık
Profesyonel (mesleki) nedenler ile ışınlama		
Tüm Vücut	5.2	3
Eller	75	25
Kollar	30	10
Diğer Organlar	15	5
Fetus(tüm gebelik boyunca)	0.5	-
Nadir olarak ışınlanan bireyler	0.5	
Toplumun diğer bireyleri	0.17	

Doğal ve birçok yapay kaynak elektromanyetik enerjiyi elektromanyetik dalgalar halinde yayar. Bu dalgalar elektriksel ve manyetik titreşim (frekans) alanlarından oluşur. Böyle bir doz tepki ilişkisi aşağıdaki grafiklerdeki gibidir.



Şekil 3.6. Doz etki ilişkisi [28].

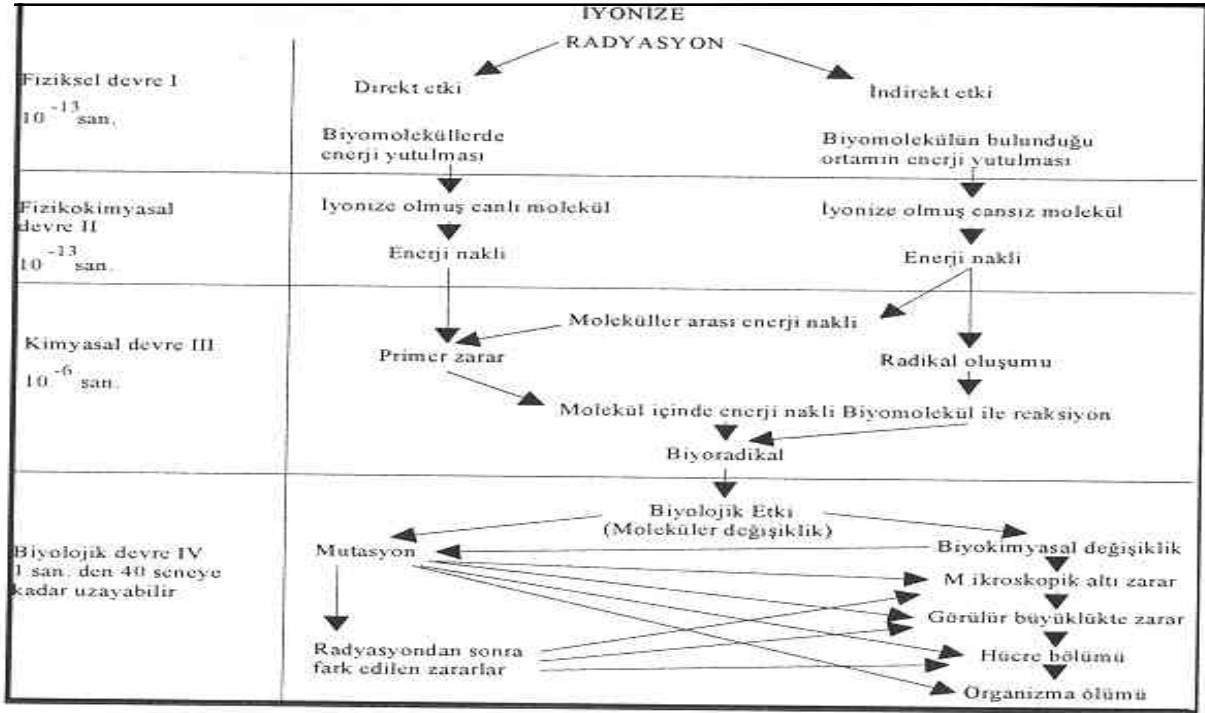
Bu titreşim alanlar, bitki, hayvan ve insan hücreleri gibi biyolojik sistemleri çeşitli şekillerde etkilemektedir. Bu etkileşimi daha iyi anlamak için Elektromanyetik

Spektrumu meydana getiren dalganın fiziksel özelliklerini daha iyi bilmek gerekir. Elektromanyetik dalga, dalga boyu, frekans veya enerjisi ile karakterizedir. Bu üç parametre birbiri ile bağlantılıdır. Ayrıca her bir parametre kendi başına biyolojik sistem üzerine etkili olabilmektedir. Dalga boyu kısaldıkça frekans artmaktadır. Örneğin AM radyo bandının frekansı bir milyon hertz (1 MHz) dir ve dalga boyu yaklaşık olarak 300 metredir.

Mikrodalga fırınlar 2,45 milyar Hertz (2,45 GHz) frekansında çalışmaktadır ve dalga boyları 12 cm'dir. Elektromanyetik dalgalar **fotonların bünyesindeki** küçük enerji paketlerinden oluşmaktadır. Fotondaki enerji frekans ile doğru orantılıdır: Frekans arttıkça fotondaki enerji miktarı da artmaktadır. Elektromanyetik dalganın biyolojik sistemlere olan etkisinin bir kısmını alanın gücü ve bir kısmını da fotonun enerjisi belirler. Düşük frekanslı elektromanyetik dalgalar "**Elektromanyetik Alanlar**" ve yüksek frekanslı dalgalar ise daha önce de belirtildiği gibi "**Elektromanyetik Radyasyon**" olarak adlandırılmaktadır. Bir başkası da bütün cisimlerin, bu arada bizim de yaydığımız kızılötesi ışınlardır. Evet, insanlar da elektromanyetik dalgalar yayarlar. Besinleri yakarak elde ettiğimiz ısının yaklaşık % 60'ı, 10^{12} Hz dolaylarında dalgalar biçiminde çevreye yayılır. Görünür ışığın dalga boyu 400 ile 770 nm [nanometre (nm), metrenin milyarda biri] arasındadır. Bu aralıkta, görünür ışığı oluşturan mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışınlar yer alır. Kızılötesi ışınların dalga boyuysa 770 nm ile 1 mm arasındadır.

Elektromanyetik dalgalar, frekansları ya da dalga boylarıyla tanımlanır. Frekans eksenini üstünde, tüm elektromanyetik dalga türlerini bir arada gösteren çizelgeye *elektromanyetik tayf* denir. Bu tayfa yukarıdaki şekil ve tablolarda gösterilmiştir. Elektromanyetik tayfin bir ucunda gama ışınları yer alır. Yüksek enerjili bu ışınların frekansları 10^{17} Hz'nin üzerindedir; dalga boylarıysa nanometre düzeyindedir. İyonlaştırıcı Radyasyonun etkileşim mekanizması ile IR tipli radyasyondan korunma için önerilen temel standartlar ilerleyen sayfalardaki şekil ve tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3.7. İyonlaştırıcı radyasyonun etkileşim mekanizması [28].



Tablo 3.8. Uluslararası radyolojik korunma komisyonu (ICRP) tarafından iyonlaştırıcı radyasyon için önerilen temel radyasyon korunma standartları [28].

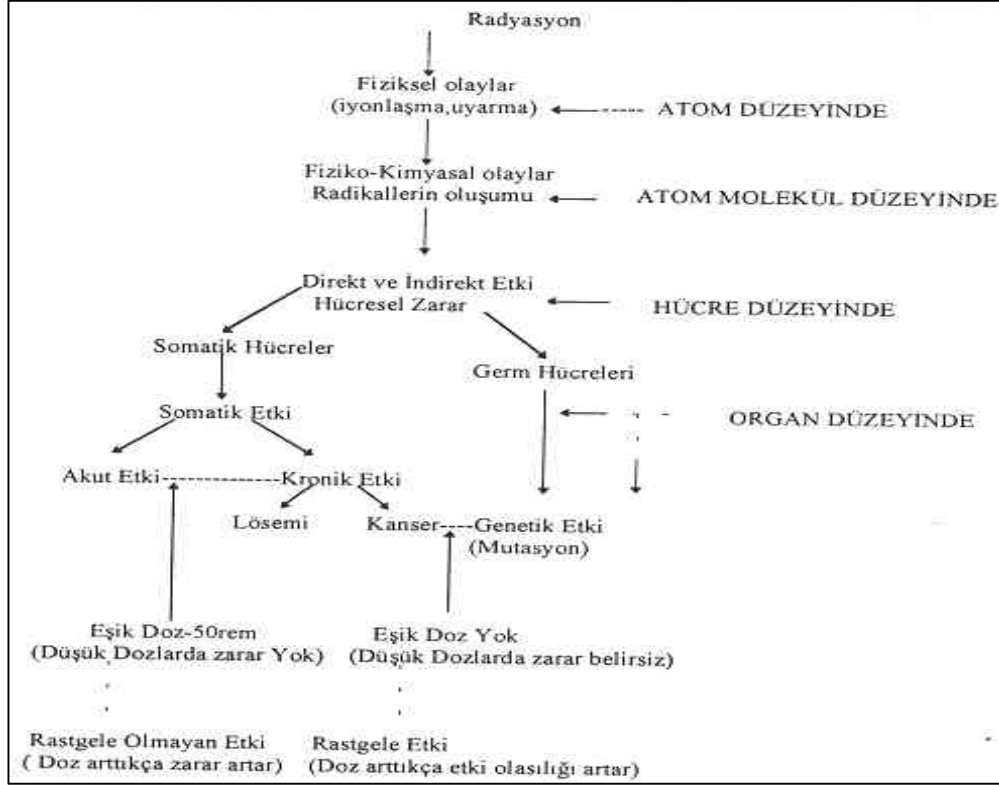
1. Mesleği gereği radyasyonla çalışanlar için; Bütün vücut ışınlama doz limitleri:		
50 mSv/yıl	ya da	5 rem/yıl
1 mSv/hafta	ya da	100 mram/hafta
0,2 mSv/gün	ya da	20 mrem/gün
2. Toplum üyesi kişiler için bütün vücut ışınlama doz sınırı:		
5 mSv/yıl	ya da	0.5 rem/yıl

Bir elektromanyetik dalganın frekansıyla dalga boyunun çarpımı sabittir ve ışık hızına eşittir. Bu nedenle elektromanyetik dalgaların frekansları arttıkça dalga boyları da küçülür. Tayfta gama ışınlarının hemen altında yine yüksek enerjili x-ışınları yer alır. Tayfın öteki ucundaysa “aşırı düşük frekanslı” alanlar vardır. Bunların frekansı 3000 Hz’den düşüktür; dalga boyları da binlerce kilometreyi bulur. Bunlara en güzel örnek, evlerdeki elektrikli aletlerin ve elektrik hatlarının oluşturduğu 50 Hz frekansındaki elektromanyetik alanlardır.

3.3. Canlı Organizmalar İçin Tehlikeli Olan EMR Frekansları

İyonlaştırıcı radyasyonun esas biyolojik etkileri Tablo 3.9'da biraraya getirilmiştir.

Tablo 3.9. İyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik etkileri [28].



a) İyonlaştırıcı (IR) (Canlı Organizmalara Zarar Veren) Radyasyon

Daha önceki kısımlar ve yukarıda da bahsettiğimiz gibi genel olarak iki tip frekans biçiminden bahsetmek mümkündür. Bunlardan birincisi yüklü partiküllerinin oluşmasına neden olarak canlılara verdiği zararlar tartışılmaz çok yüksek frekans spektrumundaki İyonlaştırıcı Radyasyon (IR) ile canlılara verdiği zarar tartışılan atom ya da molekül parçasını koparamayan ancak hücre DNA'sına etkimesi, doku ısınması v.b.sebeplerle araştırılan ve yine de zamanla dahi olsa zarar verdiği düşünülen daha düşük frekans spektrumundaki Non-İyonize Radyasyon (NIR). Tez konumuzdaki çalışmanın asıl amacı NIR tipli EMA'lar ve EMR'lerin etkisini anlamak olduğundan daha ziyade bu konu üzerinde detaylı olarak durulmaktadır.

Aşağıdaki tablolarda (Tablo-3.10-Tablo-3.17) kısaca IR'lar ile ilgili bazı bilgiler ve IR yayma riski bulunan nükleer reaktörlerin riskleri ve güvenlik tedbirleri özetlenmiştir.

Tablo 3.10. İyonlaştırıcı radyasyonun genetik riski [28].

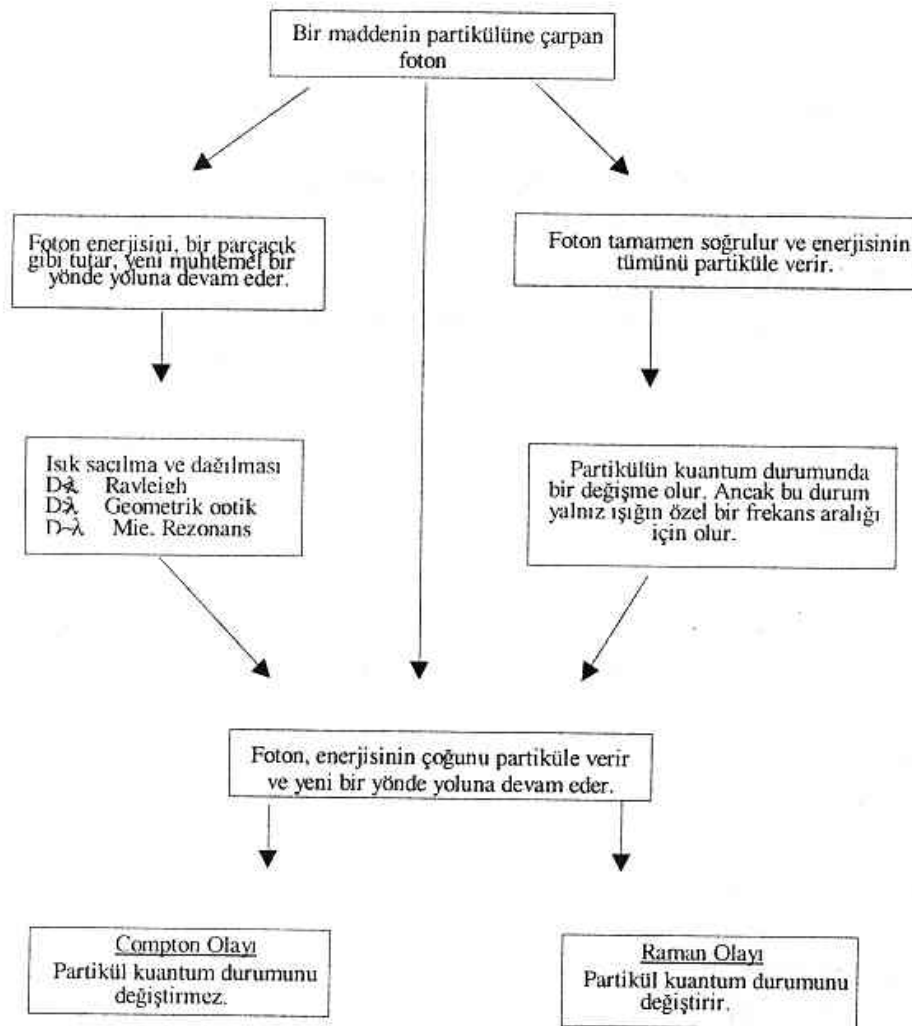
(A) Çocukların bir genetik ya da kısmen genetik özürle doğmasında	% 10
(B) Anne ya da babadan birinin mesleki olarak ışınlanmasından ileri gelen risk:	
1 Rem toplam doz	% 0.002
10 Rem toplam doz	% 0.02
100 Rem toplam doz	% 0.2

ERKEK VE KADIN RADYASYON İŞÇİLERİ İÇİN RİSKLER

(A) Erkek ve kadın radyasyon işçilerinde fetal kanser ve genetik etkiler meydana gelme riskleri esas itibarıyla aynıdır.

(B) Ancak, hamilelik süresince ışınlanma sonucu, gelişmekte olan bebek için ek bir risk vardır.

Tablo 3.11. EMA ışınma ve ışık madde etkileşmesi [29].

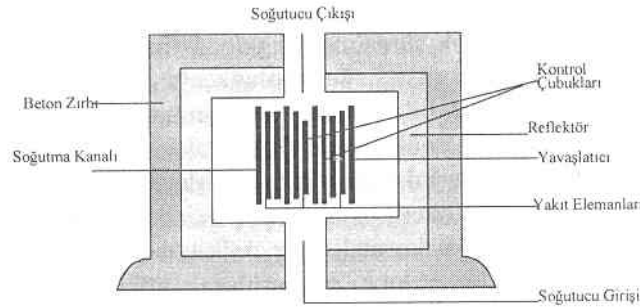


Tablo 3.12. İyonlaştırıcı Radyasyonların İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri [28].

DOZ (rem)	AKUT-BÜTÜN VÜCUT İŞINLAMA	LOKAL İŞINLAMA	KRONİK
0-25	Gözlenilebilir etkiler yok.	Belkemiğinde geçici kemik iliği depresyonu	Normal yaşam süresinde kısılma (eşiksiz doz).
25-100	Kan tablosunda ufak değişiklikler dışında gözlenebilir etkiler yok	Belkemiğinde kemik iliği hasarı. Deride gözlenilebilir etki yok.	(Etki olasılığı sigara zararından ve trafik kazalarından daha az).
100-200	Yorgunluk ve iştahsızlıkla birlikte üç saat içinde %5 ile 50 oranında kusmalar, kan tablosunda orta derecede değişimler, kan yapan organlar dışında, tüm vakalar birkaç hafta içinde iyileşecektir.	Göze kısa sürede verilirse, Katarakt.	
200-600	300 rem ya da daha fazla doz alan herkeste iki saat ya da daha kısa bir süre içinde kusmalar görülecektir. İç kanama ve infeksiyon ile birlikte kan tablosunda büyük değişiklikler meydana gelecektir. 300 rem' den daha fazla doz alanların 2 hafta sonra saçları dökülmeye başlayacaktır. Bir ay ile bir yıl arasında %20'den %100'e kadar iyileşme görülecektir.	300 r.de deride geçici şişme, kızarma ve eritem (erkem dozu). 500 r. ve fazlası doz alan kritik organ ve dokularda (Kemik i-liği, dalak, göz mercekleleri, deri ve sindirim kanalı epiteli ve gonadlar) büyük olasılıkla ölüm ve sürekli kısırlık (steri lite).	250 r.de gözlenebilir etkiler yok. 300 r. de lösemi, anemi (eşik dozu). 400 r. ve fazla doz eller ve gözlerde birikirse; cilt kanseri ve katarakt olasılığı yüksek. Kanser
500-1200 (GİS)	S. S. mukozası haraplanır, açık yaralar oluşur. Su ve elektrolit kaybı, infeksiyon ve hemoraji (5-10 günde). Bulantı, kusma, diyare. 500 rem üstünde ölüm.	Abdomenin ışınlanmasıyla GİS.	600 r. den fazla doz kritik organ ve dokuların ölümüne neden olabilir.
600-1000	Bir saat içinde kusma, kan tablosunda ciddi değişiklikler, iç kanama, enfeksiyon ve saç dökülmesi. Radyasyona maruz kalanların % 80 ila 100'ü ölecektir. Sağ kalanların iyileşmesi uzun zaman alacaktır.		

Tablo 3.13. İyonlaştırıcı Radyasyonun Somatik Etkileri [28].

1- AKUT-RADYASYON SENDROMU (Peşin-Dıştan Işınlama)	AÇIKLAMA
Başlangıç Dönemi: 0-48 saat	HEMATOPOİTEK SENDROM (200-500 rem) Kemik iliği ve lenfatik sistemin etkilenmesi sonucunda; lenfositopeni, granülositpeni, trombositopeni, anemi ve lösemi (geç dönemde) (vücut direncinde düşme, kanama zamanında artma)
Latent Dönem: 48 saat- 2-3 hafta Ağır Hastalık Dönemi: 2-3 hafta ile 6-8 hafta	B GASTROİNTESTİNAL SENDROM (500-1200 rem) Bağırsaklarda oluşan açık yaralar sonucunda; su ve elektrolit kaybı, enfeksiyon, toksinlerin rezorbsiyonu ve hemorajler ortaya çıkar.
İyileşme Dönem: 6-8 hafta - birkaç ay	(bulantı ,kısuma, diyare)> 500 r de ölüm (5-10 günde)
	C SEREBROVASKÜLER SENDROM (>200 rem) Kan-beyin bariyerinin bozulmasıyla gelişen ödem sonucunda: Işınlamayı izleyen birkaç dakika içinde daima bulantı, kusma, motor koordinasyon kaybı, solunum güçlüğü, konvulsiyonlar sonucu koma ve ölüm
2. KRONİK RADYASYON SENDROMU (Taksitle İçten Işınlama)	-Yaşam süresinde kısalma - Erken yaşlanma - Lösemi - Kanser

**Şekil 3.7.** Bir nükleer reaktörün başlıca elemanları [26].**Tablo 3.14.** Reaktör Tiplerinin Karakteristiği [26].

Reaktörler	Özellikleri	Mevcut	Hal
Geliştirilmiş reaktörler	Mevcut reaktörler	Şu anda	Çalışmakta ya da planlanmış durumda
İleri düzeyde geliştirilmiş reaktörler	Pasif ve kompleks olmayan sistemler	1995 den sonra	Ruhsat alma durumunda
Yeni tip reaktörler	Doğal emniyetli reaktivite ve reaktörü soğutma esnasında mutlak emniyetli	2010'dan sonra	Geliştirilmekte

Tablo 3.15. İleri Düzeyde Geliştirilmiş Reaktörler [26].

Reaktör – Tipleri	İsimleri	Geliştiren Firma
Hafif sulu basınçlı reaktörler (PWR)	AP 600 SIR	Westinghouse ABR ve diğer
Kaynayan sulu reaktörler (BWR)	SBWR	GE
Ağır sulu reaktörler	CANDU-3	AECL

Tablo 3.16. Yeni tip Reaktörler [26].

Reaktör – Tipleri	İsimleri	Geliştiren Firma
Basıncılı sulu reaktör	PIUS	ABB
Gaz soğutmalı reaktörler	HTR-M MHTGR	Siemens + ABB General Atomics
Metal soğutmalı reaktör	PRISM	GE-ANL

Tablo 3.17. Bir reaktör planında güvenlik esasları [26].

Konu	Açıklama
1- Reaktivite ve dış tesirler	(a) İkinci durdurma sistemi (b) Su basması (c) Reaktör üzerine uçak düşmesi (d) Sismik
2- Radyasyondan korunma	(a) Reaktörün kapatılması durumunda (b) Çalışanlar ve çevresi
3- Reaktörün dışardan korunumu	(a) İkinci sistemin kapatılabilmesi (b) Reaktör gövdesinin gözlenmesi (c) Hidrojen yanması, patlama (d) Birinci sistemin basıncının azaltılabilmesi (e) Filtre, reaktör kapama sisteminin çalışması (f) Reaktör gövdesinin yapımı (g) Buhar türbininde boru patlaması
4- Kaza halinde kontrol	(a) Kazayı takip etme ve kontrolde tutma (b) İkinci bir kontrol odası (c) Koordinasyon merkezi (kontrol odası dışında) (d) Kaza durumunda takip edilecek yöntemler
5- Risk analizi	(a) Muhtemel bir risk analizi (b) Reaktör gövdesinin erime riski (c) İhmal edilebilir kaza ihtimali kestirimi

b) Non İyonize (NIR) (Canlı Organizmalara Zarar Verdiği Tartışılan) Radyasyon

En yüksek RF frekansı 300 GHz'dir ki 10^{-3} m dalga boyundadır. Diğer yünden hesaplamalar yapıldığı takdirde, 300 GHz'in 0,00125 eV enerjiye karşılık geldiği ve iyonlaşmaya neden olmak için çok küçük olduğu görülür. Yani foton enerjisi düşüktür ve bu nedenle atom bağlarını koparmaz.

İlerleyen sayfalarda NIR kaynakları ile ilgili tablo ve şekiller gösterilmiştir.

Tablo 3.18. Elektromanyetik alanların kaynakları ve onların ışıma frekansları [28].

Kaynaklar	Bölge	Frekans	Dalgaboyu
Televizyon İndüksiyon Fırınlar	Çok düşük frekans VLF	10 kHz ile 30kHz	33 km ile 10 km
İndüktif çerçeve vericiler Video displayler AM yayını	Düşük frekans LF	30 kHz ile 300 kHz	10 km ile 1 km
	Orta frekans MF	300 kHz ile 3MHz	1 km ile 100 m
RF ısıtma işlemi	Yüksek frekans HF	3MHz ile 30MHz	100 m ile 10m
FM yayını	Çok yüksek frekans VHF	30MHz ile 300 MHz	10m ile 1 m
Televizyon Mobil radyo Hücreli telefonlar	Ultra yüksek frekans UHF	300 MHz ile 3GHz	10m ile 10 cm
Mikrodalga fırınlar Radyo iletim linkleri	Süper yüksek frekans SHF	3GHz ile 30GHz	10m ile 1 cm
Radar	Aşırı yüksek frekans EHF	30GHz ile 300 GHz	1 cm ile 1 mm
	İnfrared		

Bu ışınlar ultraviyole ışınlar (UV), görünür ışık, Kızıl ötesi ışınlar, HF ve mikrodalga alanları, ekstrem alçak frekans alanları (ELF), statik elektrik ve manyetik alanlar yer alır. Yüksek şiddetteki EMR bile biyolojik sistemlerde herhangi bir iyonizasyona neden olmamaktadır. Ama EMR ların örneğin sıcaklık artırarak, kimyasal reaksiyonları değiştirerek yada elektriksel akımı indükleyerek başka biyolojik etkiler yaratacağı ortaya çıkmıştır. Aşağıda uzaklığa bağlı olarak bazı radyasyon miktarları özetlenmiştir.

Tablo 3.19. Çeşitli enerji düzeyleri için her bir mA dk. Değeri için 1 metredeki radyasyon miktarı [29].

KVp	r/mA.dk (1 metrede)
50	0,15
70	0,40
100	0,90
125	1,4
150	2,0

Elektromanyetik spektrumu inceleyecek olursak tüm ışınların temelde birbirlerinden dalga boyları ile ayırt edildiklerini görürüz. İyonlaştırıcı radyasyona karşı, iyonlaştırmayan radyasyonun biyolojik sistemlere olan etkisi belirsiz olmakla birlikte bu konuda birçok kuşku yer almaktadır. İyonlaştırmayan radyasyona 0-300 GHz frekansında statik ve zamansal değişimli elektrik ve manyetik alanlar girer. Bu alana statik (0 Hz), ekstrem alçak frekans (ELF, > 0-300 Hz) ve yüksek frekans alanları (HF, 300 Hz - 300 GHz) girmektedir. İyonlaştırmayan radyasyonun biyolojik somut etki mekanizması şu an için iki tiptir:

1.Termal Olmayan Etki: Gelen dalganın alan şiddeti yeterince küçükse ısı oluşmaz.

2.Termal Etki: Cismin EM dalgayla etkileşmesinde, artan molekül hareket ve sürtünmeden dolayı sistemde ısı artışından "termal etki" ortaya çıkar.

Bu etkileri ortaya çıkaran kaynaklar Tablo-3.20 ile Tablo-3.21’de özetlenmiştir.

Tablo 3.20.Ev ve işyerlerinde kullanılan elektromanyetik alan üreten elektrik cihazları[26].

Bebek alarmı	Çamaşır makinesi
Bilgisayar oyun setleri	Bilgisayarlar
Elektrikli traş makinesi	Fotokopi makineleri
Elektrikli saat	Saç kurutma makinesi
Radyolar	Mikrodalga fırın
Elektrikli fırın ve ısıtıcılar	Televizyonlar
Elektrikli battaniyeler	Laptop bilgisayarlar
Soketler	Hi-fi müzik setleri
Elektrikli süpürge	Dikiş makinesi
Aydınlatma lambaları	Trafolar

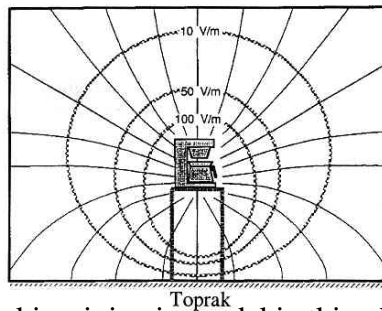
Tablo 3.21. Radyografi ve floroskopi salonlarında öngörülen iş yükü [29,50]

Maksimum enerji (kVp)	İş yükü (mA dk/hafta)	
	Radyografi	Skopi
100	1000	1500
125	400	600
150	200	300

3.4. ELF (Extremely Low Frequency) 0-300 Hz

[Ekstrem(Çok Düşük) Alçak Frekans Alanları (ELF veya ÇDFA)]

Bu alanların esas kaynakları enerji iletim hatlarıdır ve biyolojik sistemler üzerine primer etkisi elektriksel yüklenme ve akımı indüklemesidir. Yalnız bu etki mekanizması ELF alanlarının "zorunlu çevresel" konsantrasyonları çocuklardaki kanser hastalığının nedeni olarak görülmemelidir. ELF alanında bir yüklenme olması elektrik akımı geçmesinden bağımsız olarak meydana gelir. Böyle elektriksel bir alan insan vücuduna neredeyse hiç girememekte, etki etmemektedir. Örneğin aşağıdaki şekilde bir kahve makinesi çalışırken meydana gelen alanların etkisi gösterilmiştir.



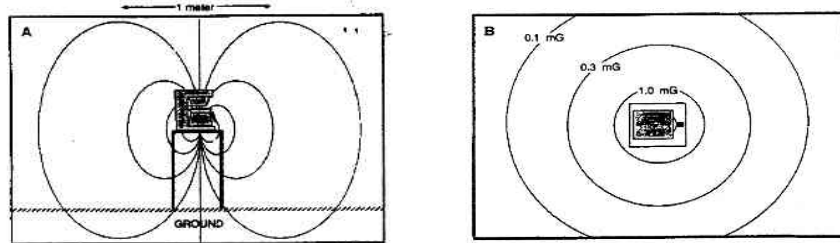
Şekil 3.8. Kahve makinesinin civarındaki etkin elektrik alan dağılımı [30].

Ama çok yüksek alan kuvvetlerinden böyle alanlar vücut kollarının hareketi ile ciddiye alınmalıdır. Örneğin aşağıdaki tabloda ne tip EMA dalgalarının nasıl tesir ettiği ve enerjisi gösterilmiştir.

Tablo 3.22. Bir kuantumluk elektromanyetik radyasyonun enerji değerleri [31].

Radyasyon ismi	Frekans (Hz)	Dalga boyu (m)	Radyasyonun 1 kuantumunun (eV) Enerjisi
UHFTV	7×10^8	0.43	$2,8 \times 10^{-6}$
Mikrodalga Radar	10^{10}	3×10^{-2}	$4, 12 \times 10^{-5}$
Milimetrik Dalga	3×10^{11}	1×10^{-3}	$1,24 \times 10^{-3}$
Görünen Işık	6×10^{14}	5×10^{-7}	247
İyonlaşan UV	10^{16}	3×10^{-8}	41,2
Yumuşak X ışını	10^{18}	3×10^{-10}	4120
Girici X ışını	10^{23}	3×10^{12}	$4, 12 \times 10^5$

Bazı araştırmalar bu tip alanların maruziyeti ile çocuk kanserleri ve başka sağlık sorunları arasında paralel bir gidiş gösterse bile birçok çalışmada bu görüşü desteklememektedir. Örneğin aşağıda bazı elektrikli aletlerin civarında oluşan EMA'lar gösterilmiştir.



Şekil 3.9. A)Kahve makinesinin civarında oluşan etkin manyetik alan dağılımı. B)Aynı değerdeki manyetik akım yoğunluğu olan alanları göstermektedir [30].

Ekstrem Alçak Frekans Manyetik Alanları ise elektrik akımı olduğu zaman oluşur ve organizma içine nüfuz eder. Bazı epidemiyolojik çalışmalar ELF alanları kanser ve özellikle çocuk kanserleri arasında bir bağlantı kursa da, bunu desteklemeyen çalışmalarda vardır. Bu EMA kaynakları aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir.

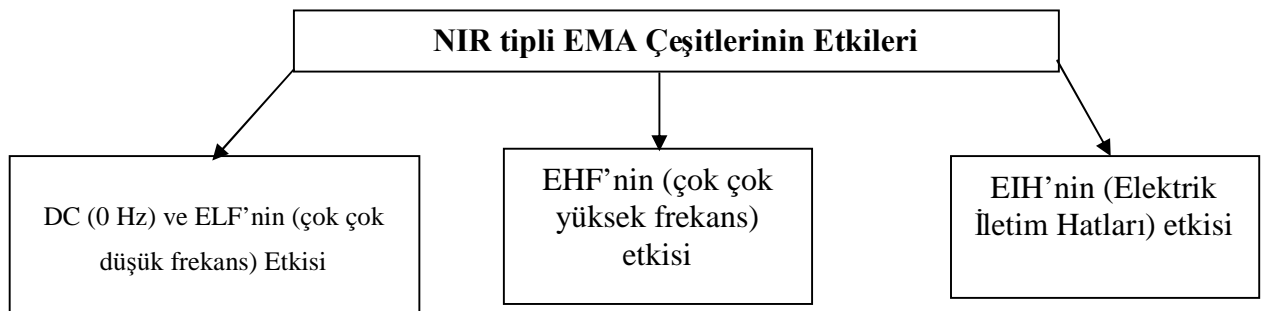
Tablo 3.23. Evlerdeki manyetik alanları oluşturan kaynaklar [1].

Kaynak	Manyetik Akım Yoğunluğu
Elektrikli aletler	6 mG ile 25 G arası
Evlerdeki elektrik tesisatlarının telleri	0.01 mG ile 10 mG arası
Toprak hattı akımları	5 mG'le kadar
Dağıtım hatları	0.01 mG ile 10 mG arası

Tablo 3.24. Çevremizde oluşan elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları [32].

A. Elektrik Alan için	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Elektrik Alan (V/m)
Yıldırım esnasında oluşan doğal elektrik alanı	20000
380kV'luk iletim hattı	6000
110kV'luk iletim hattı	2000
10kV'luk iletim hattı	500
Elektrikli battaniye	500
Doğal elektrik alanı	500
Elektrik ütüsü	200
Elektrikli traş makinesi	100
Saç kurutma makinesi	50
Ev içindeki elektrik kabloları	5
B. Manyetik Alan için	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlar ve saç kurutma makineleri	2000
Elektrikli traş makinesi	1000
Matkap	500
Elektrikli süpürge ve tost makinesi	100
Yerkürenin doğal manyetik alanı (statik)	30
380kV'luk iletim hattı	30
110kV'luk iletim hattı	15
10kV'luk iletim hattı	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5

Yukarıda belirtilen NIR tipli EMA'lar incelendiğinde aşağıdaki etki biçimine göre şekillendirmek mümkündür.



Şekil 3.10. NIR tipli EMA çeşitleri.

3.5. ELF (Extremely Low Frequency) Çok Çok Düşük Frekans'ın Etkileri

Bu alanların esas kaynakları enerji iletim hatlarıdır ve biyolojik sistemler üzerine primer etkisi elektriksel yüklenme ve akımı indüklemesidir. Yalnız bu etki mekanizması ELF alanlarının "zorunlu çevresel" konsantrasyonları çocuklardaki kanser hastalığının nedeni olarak görülmemelidir. ELF alanında bir yüklenme olması elektrik akımı geçmesinden bağımsız olarak meydana gelir. Böyle elektriksel bir alan insan vücuduna neredeyse hiç girememekte, etki etmemektedir. Ama çok yüksek alan kuvvetlerinden böyle alanlar vücut kıllarının hareketi ile ciddiye alınmalıdır.

Bazı araştırmalar bu tip alanların maruziyeti ile çocuk kanserleri ve başka sağlık sorunları arasında paralel bir gidiş gösterse bile birçok çalışmada bu görüşü desteklememektedir. Ekstrem Alçak Frekans Manyetik Alanları ise elektrik akımı olduğu zaman oluşur ve organizma içine nüfuz eder. Bazı epidemiyolojik çalışmalar ELF alanları kanser ve özellikle çocuk kanserleri arasında bir bağlantı kursa da, bunu desteklemeyen çalışmalarda vardır.

-Aşağıda ELF frekansındaki ışınların zararlı etkilerini araştıran bazı önemli çalışmalar ele alınmıştır.

EM alanların (50 Hz, 100 μ T) yüksek sıcaklıkla birlikte *Drosophila* embriyogenezi üzerine olan etkisine bakılmış ve embriyonik pattern anomalilerinde artış gözlenmiştir. Deneyde 3 grup oluşturulmuş.

I. Grup; kontrol grubu ve herhangi bir stres faktörüne maruz bırakılmamış.

II. Grup; sadece yüksek sıcaklık stresine maruz bırakılırken

III. Grup; hem yüksek sıcaklık hemde ELF-EMF streslerine maruz bırakılmış.

Deney sonucunda yapılan incelemeler 3. Grupta meydana gelen pattern anomalilerinin 2. Gruba göre çok daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç: ELF-EMF stresi ikinci bir stres faktörü ile kümülatif etki göstermiştir.

Delgado, *Lactobacillus acidophilus* 'un 26 Hz ve 40 Gauss'luk darbe biçimli EMF'a tabii tutmuş ve üremenin inhibe olduğunu gözlemiştir. Tavuk embriyolarını 10 Hz ve 0.01 Gauss'luk darbe biçimli EMF'a tabii tutmuş ve teratojenik etkiler gözlemiştir [56,63].

Ayrıca *Drosophila melanogaster* yabancıl erkeklerini 70 saat 16 Hz, 35 Gauss'luk darbe biçimli EMF'a maruz bırakmış ve eşeye bağlı resesif letal mutasyon olup olmadığını Müller-5 (Basc) testi ile ölçmüş ve kontrol grubuna göre istatistiksel olarak

önemli sonuçlar elde etmiş. Delgado'nun bulgularına göre eşeye bağlı resesif letal mutasyonlar gözlenmiştir.

Elektrik ve manyetik alanların genotoksik potansiyelini araştıran 55 yayımlanmış makaleyi sonuçlarına göre değerlendirmiştir. McCann hazırladığı bu review'da yine kesin neden-sonuç ilişkisi göstermeyen bir dağılımı ortaya koymuştur.

Tablo-3.25. Test Sonuçlarının Genotoksik Etkilerine Göre Değerlendirilmesi [33,40].

	POZİTİF	NEGATİF
ELF elektrik	7	11
ELF manyetik	6	18
Statik elektrik	6	3
Statik manyetik	7	13

Tablo-3.26. Test Sonuçlarının Dağılımı [33,40].

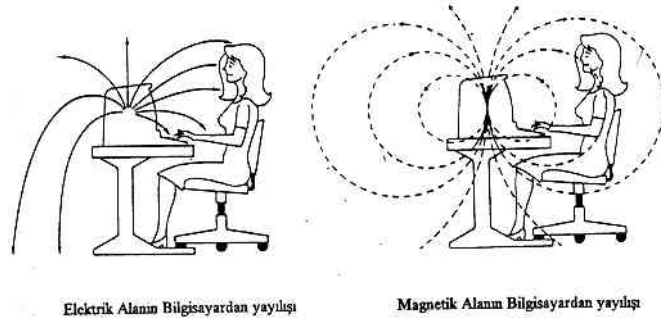
	ELF elektrik	ELF manyetik	Statik elektrik	Statik manyetik
Mikrobiyal	NA	-	?	?
Drosophila	?	?	?	?
In vitro kromozom	?	-	NA	-
In vitro onarım	-	-	NA	NA
In vivo kromozom	?	?	?	NA

Burada, NA: Genotoksik test sonucu tanımlanamamıştır, ?: Test sonuçları karışıktır -: Test sonuçları negatiftir.

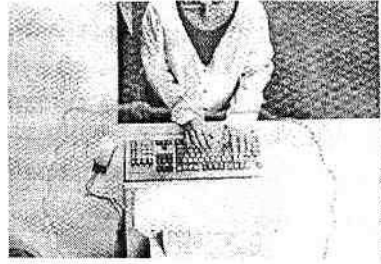
Yukarıdaki çalışmalardan sonra, insanlar tarafından en çok kullanılan TV, Video, CRT Monitörler ile bilgisayarlar ve bunların ekranlarından yayılan EMA'lar ile ilgili çalışma ve riskler aşağıdaki tablolarda ve şekillerde özetlenmiştir.

Tablo 3.27. Bilgisayar radyasyonunun beyin üzerindeki etkisi [33,40].

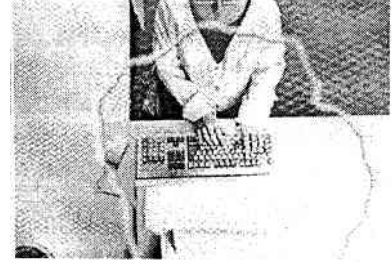
Bilgisayar Kullanıcısındaki Testler	Test Öncesi Durum	Test Sonrası Durum
Alfa Dalgaları	20	18
Beta Dalgaları	20	14
Delta Dalgaları	20	17
Teta Dalgaları	20	13
Göz Siniri	20	8
Retina	20	10



Şekil 3.11. Bilgisayardan yayılan elektrik ve manyetik alanların dağılımı [41].



Şekil 3.12. Radyasyon etki bölgesinin dışında kalarak çalışma [26].



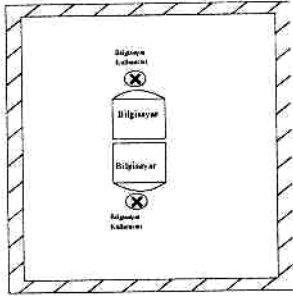
Şekil 3.13. Klavyeye fazla yaklaşma sonucu vücudun göğüsten itibaren kısmının radyasyon etki bölgesinin içinde kalması [26]

Yukarıda bilgisayarla çalışırken ortaya çıkan EMA riskinin kaynaklarını aşağıdaki bir CRT ekrandan yayılan dalgalar ve kaynak frekansları açıklar.

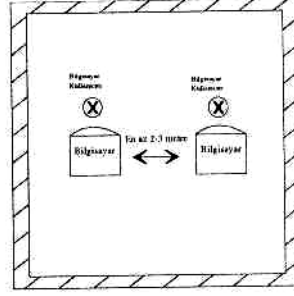
Kaynak ve Frekans	Spektrum (Hz)
CRT anot	0 dc
Elektrostatik (30 kV)	10^0 ULF (<3 Hz)
AC güç (50-60 Hz)	10^1
Düşey tarama (5 Hz-2 kHz)	10^2
Yatay tarama (2 kHz-400 kHz)	10^3 ELF (<3 Hz)
DC güç kaynağı (400 Hz-30 MHz)	10^4 VLF (3 kHz-30 kHz)
Video işareti (6 MHz)	10^5 LF (30 kHz-300 kHz)
	10^6 MF (0.3-3 MHz)
	10^7 HF (3 MHz-30 MHz)
	10^8 VHF (30 MHz-300 MHz)
	10^9 UHF (300 MHz-3 GHz)
	10^{10} SHF (3 GHz-30 GHz)
	10^{11} EHF (30 GHz-300 GHz)
	10^{12} Uzak kızıl ötesi
	10^{13}
	10^{14} Kızıl ötesi
	10^{15} Görünür ışık
	10^{16} İyonlaştırıcı radyasyon

Şekil 3.14. Bilgisayardan yayılan elektromanyetik alanlar [42].

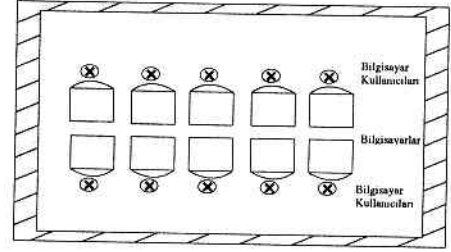
Yukarıda insanlar tarafından en çok kullanılan aygıtlar olan monitörlü cihazlar ve özellikle de bilgisayarların yaydığı zararlı EMA radyasyonundan korunmak için aşağıdaki güvenli yerleşim ve güvenli olmayan yerleşimler mukayese edilebilir.



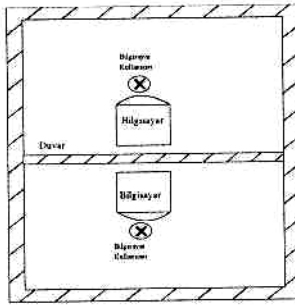
Şekil 3.15.a
Hatalı yerleşim biçimi



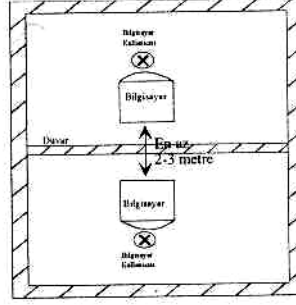
Şekil 3.15.b
Doğru yerleşim biçimi



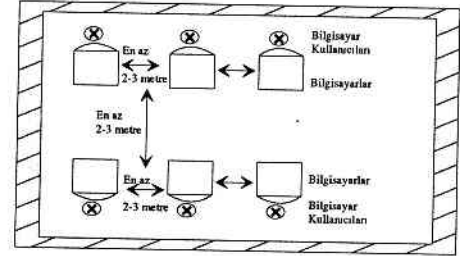
Şekil 3.18.a
Hatalı yerleşim biçimi



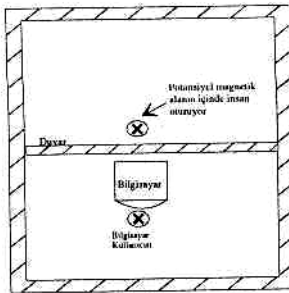
Şekil 3.16.a
Hatalı yerleşim biçimi



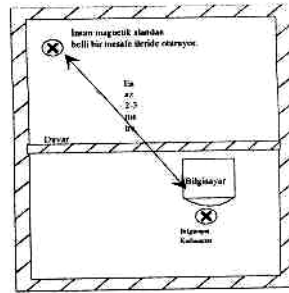
Şekil 3.16.b
Doğru yerleşim biçimi



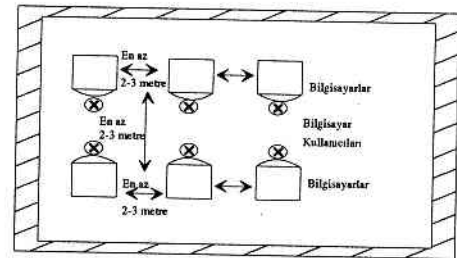
Şekil 3.19.b
Doğru yerleşim biçimi



Şekil 3.17.a
Hatalı yerleşim biçimi

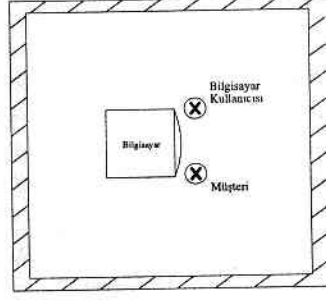


Şekil 3.17.b
Doğru yerleşim biçimi

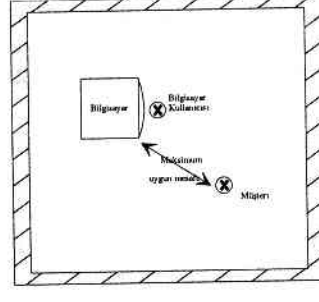


Şekil 3.20.c
Daha doğru yerleşim biçimi

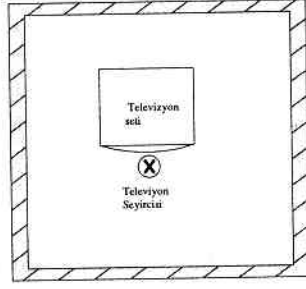
[26].



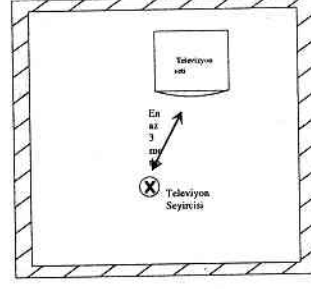
Şekil 3.21.a
Hatalı yerleşim biçimi



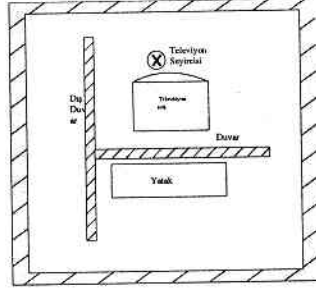
Şekil 3.21.b
Doğru yerleşim biçimi



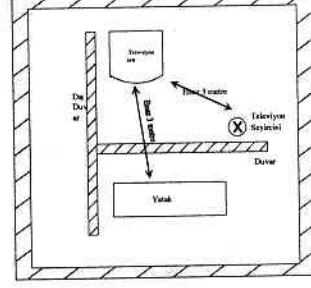
Şekil 3.22.a
Hatalı yerleşim biçimi



Şekil 3.22.b
Doğru yerleşim biçimi



Şekil 3.23.a
Hatalı yerleşim biçimi



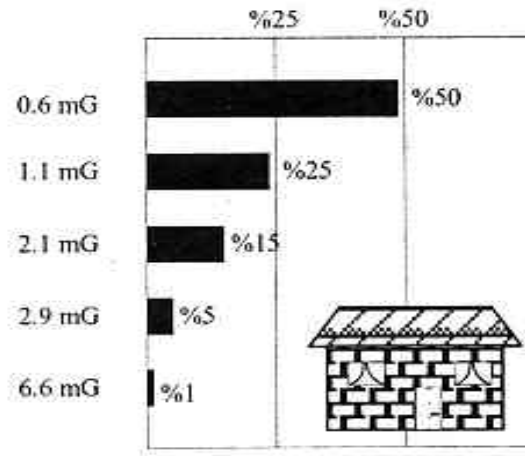
Şekil 3.23.b
Doğru yerleşim biçimi

[26].

İnsanlar her zaman buldukları evde farkında olmadan da olsa bir EMA riski ile karşı karşıyadırlar. Aşağıdaki tablo ve şekillerde bir evin çeşitli yerlerinde bulunabilen radyasyon ifade edilmiştir.

Tablo 3.28. Kullanım Faktörü [32].

Kullanılabilir Radyasyon	Kaçak Radyasyon
Döşeme 1	1
Duvarlar 1/16	1
Tavan 0	1



Şekil 3.24. Amerika’da evlerde EMA kirliliğinin ölçülen değerleri. İnceleme yapılan evlerin % 50 sinde 0.6 mG seviyesinde manyetik alan mevcut iken % 15’inde ise 2.1 mG’a çıkmaktadır [43].

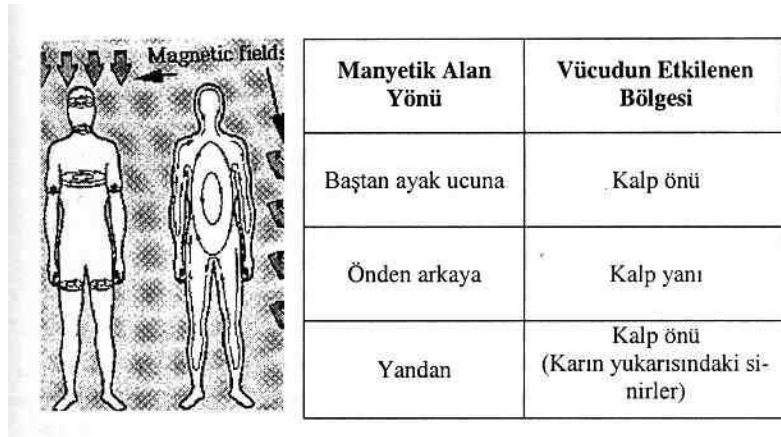
3.6. HF (High Frequency) Yüksek Frekans Alanları ve Etkileri

Bu HF frekanslı EMA’ların sıcaklık artışına neden olduğu ve elektrik akımlarının indüksiyonuna neden olduğu bilinmektedir. Daha az bilinen başka etkilerde tespit edilmiştir. 1 MHz frekansından daha yüksek olan HF alanlarının etki ettikleri ortamdaki su molekülleri ve iyonlarının hareketliliğini arttırarak ısınmaya neden olduğu bilinmektedir. Çok düşük miktardaki HF enerjisi bile kuantumu nedeniyle maruz kalan kişinin hissedemeyeceği bir şekilde vücudun termoregülasyonunu bozan bir ısınmaya neden olmaktadır. Bu konuyla ilgili birçok farklı çalışma belirtilen frekanslardaki çok düşük HF maruziyetinin kanser ve hafıza kaybı gibi sağlık üzerine negatif etkileri olduğunu göstermiştir. 1 MHz altındaki HF alanları sinir ağlarını yada kasları stimüle edecek primer elektrik yüklenme ve akımlarına neden olmaktadır. Elektriksel akımlar normalde vücutta fizyolojik reaksiyonlarda yaşam için meydana gelmektedir. Ama HF alanları bu akımları arttırırsa bu sağlık üzerine negatif sonuçlar yaratabilir.

Doğal ve yapay kaynaklar farklı frekanslarda HF-alanları oluşturur. Sık karşılaşılan HF kaynakları: monitör ve ekranlar (3-30 kHz), AM radyo (30 kHz-3MHz), endüstriyel indüksiyon ısıtma aletleri (0,3-3 MHz), HF-sıcaklık engelleyiciler, medikal kısa dalga diyatermi (3-30 MHz), FM radyo (30-300 MHz), mobil telefonlar, televizyon yayını, mikrodalga fırınlar, medikal mikrodalga diyatermi (0,3-3 GHz), Radar, Uydu vericileri, mikrodalgalar, kominikasyon sistemleri (3-30 GHz) ve güneş (3-300 GHz).

RF dalgaları, biyolojik sistemler üzerinde, oküler, lens, hücre artışları ve çoğunlukla nörolojik, nöroendokrin, hematolojik, immunolojik ve kardiovasküler etkiler

oluşturduğu bilinmektedir. RF dalgalarının oluşturduğu biyolojik etkilerin canlı organizma üstünde güvenilir bir sınırdan kalması için, insan doku ve hücrelerini temsil eden matematiksel modeller ile çalışmalar yapılmaktadır.



Şekil 3.25. Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri. Yanındaki tabloda da uygulanan manyetik alan yönüne göre etkilenen bölgeler gösterilmektedir [44].

-RF Dalgalarının Bilinen Potansiyel Biyolojik Etkileri Şu Başlıklarda Toplanabilir:

a) Tek bir hücre veya hücre sistemlerine etkiler. Moleküler etkiler Hücre içi sistemler üzerine etkiler Tek bir hücreye etkiler.

b) Genetik düzen ve gelişme üzerine etkiler. Genetik ve mutajenik etkiler Taratolojik etkiler Büyüme ve gelişme etkileri.

c) Gelişmiş organ, doku veya hücre sistemleri üzerine etkiler. Testisler üzerine etkiler Kardiak fonksiyona etkiler Sinir sistemi ve refleks üzerine etkiler Hematolojik etkiler Immunolojik etkiler.

d) Metabolizma ve düzenleme sistemleri üzerine etkiler. Klinik kimya ve metabolizma üzerine etkiler Nöroendokrinolojik tepkiler.

Düşük seviyedeki deneysel sonuçlar, sürekli dalgalarda veya modüle edilmiş alanlarda davranış değişikliklerini de içermektedir. Bu değişiklikleri şöyle sıralayabiliriz:

Çok düşük frekansta modüle edilmiş dalgalara maruz bırakılan "in vitro" daki beyin dokusunda kalsiyum akışında değişme.

EEG (Elektroensefalogram, beyin dalgalarını gösteren çizelge) dalgalarındaki değişiklikler, Lymphocytes'in öldürme yeteneğinin azalması, Fare spermlerinde

kromozom değişimleri, Hücre içi enzim hareketlerinde değişiklikler, Molluscan pacemaker nöronlarının yanma oranlarında değişiklik.

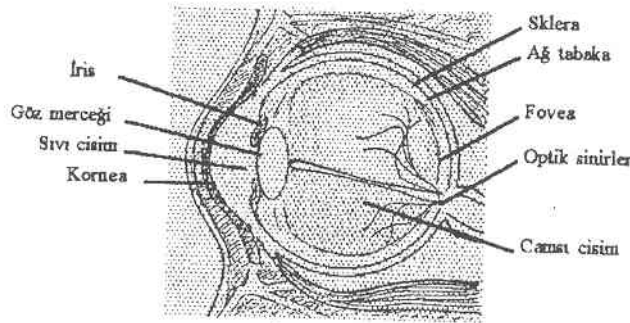
3.7. Mikrodalga Işımlar (1-300 GHz)

Mikrodalga ışınları su moleküllerinin titreşimi sonucunda doku ve hücrelerde ısınmaya neden olmaktadır. Mikrodalgaların bu termal etkisi vücudun termo regülasyonunu bozmaktadır. Günümüzde, en çok kişinin en yaygın olarak karşılaştığı mikrodalga kaynağı **cep telefonları** ve **cep telefonu** yer antenleri yani baz istasyonlarıdır. Bunların dışında radarlar, verici antenler ve mikrodalga fırınlar mikrodalga frekansında ışıma yapmaktadır. Konuyla cep telefonlarının yanı sıra mikro dalga frekanslı 8-12 Ghz'le ilgili detaylar ilerleyen sayfalarda verilmiştir.

Yukarıda belirtilen EMR'nun oluşturduğu başlıca etkiler etkiler aşağıda kısaca açıklanacak olursa;

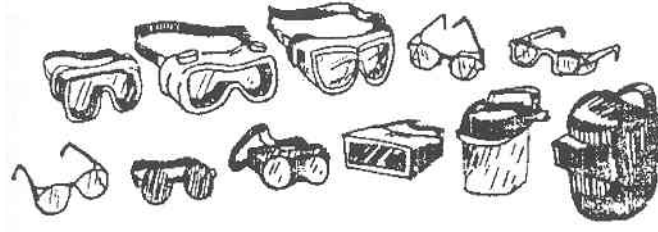
a)Termal Etkiler: En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deride olur ve yerel yanmalar oluşabilir. Derinliklere indikçe sıcaklık düşer. Vücudun çeşitli bölgelerine ameliyatla yerleştirilmiş metaller RF enerjisinin yoğunlaşmasına neden olabilir.

b)Göz Üzerine Etkiler: UHF çalışmalarında gözde zarar görülmüş, RF istasyon özellikle radar operatörlerinde bir göz zararı tespit edilememiştir.



Şekil 3.26. İnsan gözünün kesiti [1].

İlk belirti göz yorulması ve yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi) duyarlılıkta azalma. Santimetrik dalgalarla kronik maruziyette göz içi basınçta değişme. Daha düşük yoğunluklarda lenslerde ve ön bölgedeki sıvıda C vitamini azalması gözlenmiştir.



Şekil 3.27. Tavsiye edilen göz koruyucuları [1].

c)Sinir Sistemi Üzerine Etkiler: Düşük şiddetli RF ve UHF alanları merkezi sinir sistemi (asthenic) tipinde bir sendrom olarak bilinen değişimlere yol açar. Şiddetli UHF ve RF alanlarda, daha çok kardiyovasküler, vejetatif düzenlemede karışıklıklar şeklinde görünen merkezi sinir sistemi sendromu oluşur. RF maruziyeti sonucu refleks aktivitelerinde değişimler görülmüştür.

d)Üremeyle İlgili Dokular Üzerine Etkiler: Bu organlarda sıcaklık artışı morfolojik değişimlere neden olur ve muhtemelen dejeneratif sonuçlar doğurur. Histolojik araştırmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini ortaya koymuştur. Bu morfolojik değişimler üreme çevriminde, döl azalma, kısırlaşma ve dişi doğum sayısında artış olarak kendini gösterir. RF ışımanın hamile kadınlarda düşük oranında artmaya neden olduğu bilinmektedir.

e)Dolaşım Sistemi Üzerine Etkiler: Kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi, kan basıncında değişme. Başlangıçta kan basıncı hafifçe artar sonra düşer. Bu düşüş maruziyetten birkaç hafta geçse bile devam edebilir. Nabız, vücudun maruz kalan bölümüne bağlı olarak hızlanır veya yavaşlar. RF alanları kronik dolaşım sisteminin iletkenliğini azaltır. Dolaşım fonksiyonlarındaki bu değişimler tekrar eski haline gelebilir özelliktedir.

f)Diğer Organlar Üzerine Etkiler: Nefes almada hızlanma veya gecikme, Böbrek tübüllerinde filtrasyonda azalma, Adrenal korteks aktivitesinde artış, Hepatik hücrelerde dejenerasyon, Özellikle kadınlarda tiroid bezi büyümesi, Kalp bölgesinde ve kaslarda ağrı, saç dökülmesi, nefes alma zorluklarına rastlanmıştır, Maruziyetten birkaç hafta geçince organların orijinal fizyolojik durumuna döndüğü ve tüm şikayetlerin sona erdiği görülmüştür.

g)Cep Telefonlarının Canlılara Etkisi: 90'ların sonuna doğru yüzbinlerle ifade edilen ve 2005 yılı itibariyle Türkiye'deki cep telefonu kullanıcı sayısının neredeyse toplam nüfusun yarısına yaklaştığı yani 35.000.000'nun üzerine çıkabildiği düşünülürse ve günümüz itibariyle artık dünyada milyarlarla ifade edilen cep telefonu kullanıcısı olduğu gerçeğiyle cep telefonu kullanımının artık günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası olduğunu düşünebiliriz. Ancak, cep telefonu kullanımı acaba görüldüğü gibi

masumdur? sorusu akla geldiğinde bu cevabı sorgulayan araştırmaların ne kadar yerinde olduğu anlaşılır.

21.YY'ın başlarında dünya çapında 450 milyondan fazla cep telefonu kullanıcısı vardır. Almanya'da 2000 yılı sonu itibariyle cep telefonu aboneliği sayısı 40 milyonu bulmuştur. Bu rakam nüfusun yaklaşık %50'sini teşkil etmektedir. İtalya'da nüfusun %57'si, Finlandiya'nın ise %65'i cep telefonu kullanmaktadır. Bu büyümenin sonu henüz görülmemektedir. 20.000'den fazla makale ve çalışma cep telefonlarının tehlikesini araştırmaktadır. "Şimdilik cep telefonları için güvenlik sınırları belli değil çünkü daha cep telefonu kullanımının insan sağlığını tehdit ettiği yönünde bir bulgu yoktur". WHO bunu Haziran sonunda bir basın bildiriyle duyurmuştur. Ancak 3-4 yıl sürecektir çalışmaların sonucunda cep telefonlarından yayılan sinyallerin kanserojen etkisinin olup olmadığını ortaya konulabilir. Kesinlik kazanmayan bu durum 30 yıldır EMA alanlar için tartışılmaktadır. 90'lı yıllarda başlayan cep telefonu tartışmaları bu konuyu iyice hassalaştırmıştır.

Almanya Lübeck Üniversitesinde bir biyofizikçi olan Lebrecht von Klitzing 1993 yılında bazı insanlara verdiği darbe biçimli EM alan ışınımı sonucunda bu kişilerde beyinsel iletiminde değişiklikler gözlemiştir.

Almanya Mainz Üniversitesindeki bir grup doktor gece uykusu sırasında açık bırakılan cep telefonlarının genç erkeklerde uyku bozukluğuna neden olduğunu göstermiştir. Beyin dalgası ölçümleri rüya fazında önemli derecede kısaldığını göstermişlerdir.

Avustralyalı Michael Repacholi cep telefonu frekansı olan 900 MHz ile kemirgenlerle yaptığı çalışmada ışınlanan gruptaki lenf bezi kanser oranını kontrol grubuna göre iki katı kadar fazla olduğunu gözlemiştir. Ancak fareler genetik olarak muamele görmüş ve kanseri ortaya çıkaran bir kanser geni taşımakta olduğundan bu çalışmaya itirazlar oldukça çok olmuştur.

ABD'nde yapılan ve 70 milyon cep telefonu kullanıcısının değerlendirilmesine dayanan büyük bir çalışmanın sonuçları 2000 Mayıs ayında açıklandı. Buna göre kanser ve elektronik aletler arasında olası bir bağlantı bulunmuştur. Hücre kültürleri ile yapılan çalışmalarda nadir rastlanan bir beyin tümörü olan neurozitom, cep telefonu kullanıcılarında üç kat daha fazla görülmektedir.

İsveçli bir araştırma grubunun 600 cep telefonu kullanıcı ile yaptığı çalışmada ise herhangi bir beyin tümörü artışı gözlemlenmemiştir [1,26, 49-77,80-151].

Epidemiyolog olan Maria Blettner'in ise yaptığı açıklama: "Darbe biçimli ışımının hücrelerde bir titreşime neden olur ki bu da hücre bölünmesini indükler ve tümörleşmeye neden olur" demiştir.

ABD'de yapılan bir çalışmanın 1995'te yayımlanan sonucuna göre deney hayvanlarında cep telefonuna yakın frekansların beyin ve testislerde DNA'nın bir zincirinde kopmalara neden olduğudur. Gerçi bu kopmalar tamir mekanizmaları ile çift zincirde meydana gelecek kopmalara göre çok çabuk onarılmakta ve mutasyon veya kansere yol açmamaktadır.

Almanya Ruhr Üniversitesinde Moleküler Genetik çalışma grubunda bir gen araştırmacısı olan Wolfgang Rüger 1995'te cep telefonu frekansı ile akyuvarları ışınlamıştır. Değerlendirmeler ışık mikroskobu ile yapıldı ve ne kanserleşme nede tümör oluşturacak durumlar gözlemediklerini açıklamışlardır.

Daha eski çalışmalar bize kalsiyum mekanizmasının etkilendiğini göstermektedir. Tahminen EM alanları iyon kanallarının açılıp kapanmasını hasara uğratmaktadır.

İsveçli bir araştırma grubu EM alanları uygulanan 481 sıçanın 170 tanesinin beyinde normalde kan dolaşımında bulunan albumine rastlamıştır.

Bu da bize EM alanlarının kan-beyin bariyerinin seçici geçirgenliğini bozduğunu göstermektedir. Bu durum Parkinson ve Alzheimer hastalıklarına neden olabilir.

EMF alanlarının sadece bir etkisi konusunda araştırmacılar hem fikirdir. Bu da enerji su moleküllerini titreşimine neden olur bu da ısınmayla sonuçlanır. Cep telefonları da kulak, kafatası ve beyin dokusunun ısınmasına neden olur. Bu ısınma kulakta daha fazla olmakla beraber 1/10 ⁰C kadar olmaktadır. Beyin araştırmacılarına göre bu olay bir bere takmaktan farksızdır. Çünkü deney hayvanları ile yapılan çalışmalar gösteriyor ki ancak 10C'lik bir ısınma hücre hasarlarına neden olmaktadır. Yüksek frekanslı alanlarla yapılan ışınlama sonucunda 1 ⁰C'lik bir artışla hücre membranının potasyum kanallarının aktivitesinin %15 arttığı görülmüştür.

Buna karşın Belçikalı bilim adamı Luc Verschaeve korteks düzeyinde aşağı yukarı 1 derece artışın olduğunu belirtiyor. Bilim adamı, cep telefonlarının çok kullanılması ve uzun süreli konuşmaların yapılması durumunda ısı etkisinin DNA hücresine zarar verebileceğini ve kanser tümörlerine yol açabileceğine dikkat çekiyor.

Foster'ın yayımladığı makalede yer alan bilgisayar modeli cep telefonlarının insan başına ne ölçüde absorbe olduğunu net bir biçimde göstermektedir. Daha öncede belirtilen EMR dokular üzerinde yüzey başına Watt birimiyle ifade edilen güç

yoğunluğunun (SAR) canlı vücudunda soğrulmasına ve oradan doku ısınması yoluyla hasar oluşturmaya neden olurlar. Soğrulan bu güç Özgül Soğrulma Oranı (Specific absorption rate = SAR) gelen dalganın frekansına, geliş açısına, canlı dokunun su muhtevasına ve biyolojik malzemenin elektriksel özelliklerine (iletkenlik, dielektrik sabitleri) bağlıdır, yani özgül soğrulma oranı kaynaktan uzaklaştıkça azalmaktadır ve buna göre cep telefonu ile konuşma esnasında en çok etkilenen kısım kulak ve kafatasıdır .

Elektromanyetik dalgaların DNA'da değişime yol açtığı Dr Anne-Marie Maes'in ekibi tarafından ortaya konuldu. Maes 1993'te, saygın bir bilim dergisi olan Bioelectromagnetics'te, laboratuvar ortamında 2450 MHz'lik elektromanyetik alanlara maruz kalmış olan kan hücreleriyle ilgili (lenfositler) deneyinin sonuçlarını yayımladı. Belçikalı araştırmacılar deney sonunda, elektromanyetik alanlara maruz kalma süresi uzadıkça kromozomların DNA'sında meydana gelen değişikliklerinde arttığını gözlemlediler.

Dr. Lai fareleri 2 saat boyunca cep telefonlarının gücünün 100 katı olan 2450 MHz'lik bir elektromanyetik alana maruz bıraktıktan sonra hayvanların beyin hücrelerinde lezyonlar belirledi. Fareler çok kötü koşullarda bile çok ender olarak kansere yakalanıyorlar. Bu nedenle de araştırmacılar lenf sistemindeki kanser türü olan lenfomu ortaya çıkarabilmek için genetik olarak programlanmış farelerden yararlandılar. Bu araştırma için, her birinde 101 farenin yer aldığı iki grup oluşturuldu. Bu gruptan biri, cep telefonlarına eşdeğer frekansta ve güçte elektromanyetik alanlara maruz bırakılırken, ikinci grup ise normal koşullarda kontrol grubu olarak kullanıldı. Deney sonunda, elektromanyetik ışınlarla maruz kalan farelerden 43'ünde lenfoma görülürken, diğer kontrol grubunda yalnızca 22'sinde kanser belirlendi. Ancak cep telefonu üreticileri, söz konusu hayvanların laboratuvar ortamında kansere yakalanmaları için programlandıklarını belirterek söz konusu tümörlerin elektromanyetik dalgalara atfedilemeyeceğini kaydettiler [1,26, 79-151].

Tablo 3.29. Cep telefonu radyasyonunun beyin üzerindeki etkisi [41].

Cep telefonu kullanıcısındaki testler	Test Öncesi Durum	Test Sonrası Durum
Otonom sinir	14	4
Beynin işitme alanı	17	4
Beynin görüş alanı	13	6
Göz siniri	13	5

Fransa'da Ulusal Sağlık ve Tıp Araştırmaları Enstitüsü'ne bağlı Bilgi Merkezi'nin verilerine göre Fransa'da son yıl içinde her iki cinste kötü huylu beyin tümöründen ölüm vakaları arttı. Bu sayı 1997 yılında 2119'ken, yüzde 31'lik bir artışla 1998 yılında 2774'e yükseldi. Fransa'da 1975 yılında erkeklerde 1390 merkezi sinir sistemi kanser vakası tespit edilirken, kadınlarda bu rakam 873 olarak belirlendi. 1995 yılında yapılan taramada ise erkeklerde 2665, kadınlarda ise 1986 vaka saptandı. Bu kanser vakalarının %96'sının ise kafaiçi yada beyin zarı tümörleri olduğu belirlendi.

Kültür ortamındaki insan lenfositleri (kan hücreleri) cep telefonunun elektromanyetik dalgalarına (ancak 100 kat daha güçlü bir şekilde) maruz kaldıklarında tümör oluşumuna yol açıyorlar. Hücre DNA'sındaki olası değişimleri onarma işlevini üstlenen protein olan p53 geni bozuluyor. Bu durumda p53 genetik kalıtımı koruyucu rolü üstlenemiyor. Bu durumda heterojen tümör lenfositleri kendi aralarında birikimler oluşturuyorlar. İşte cep telefonlarının da uzun vadede aynı etkiye yol açtığı düşünülüyor.

İngiliz araştırmacı William Stewart'a göre, 16 yaşına kadar olan çocukların kesinlikle cep telefonu kullanmamaları gerekmektedir. Çünkü kafatası örtüsü oldukça incedir ve bu da gelişmekte olan merkezi sinir sistemini erginlere nazaran etkileme riski çok daha yüksektir.

Steward, Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP) başında yer almaktadır. Bu grup cep telefonlarıyla ilgili büyük bir çalışma yürütmekte olan biyolog, doktor, fizikçi, epidemiyolog ve elektrik mühendislerinden oluşmaktadır. Bu grup 2000 mayıs ayında çalışmalarıyla ilgili en önemli sonuçları sunmuşlardır. Bu sonuçlar:

Cep telefonu kullanımı ne ölçüde kullanılırsa kullanılsın kısa süreli olarak konjiktif fonksiyon ve beyinin elektriksel iletimi üzerine etkisi vardır. Bu hastalığın derecesi bilinmemektedir. Aşağıdaki şekil ve tablolarda cep telefonları ve diğer mikrodalga cihazlarla ilgili bazı bilgiler bulunmaktadır [1,45,79-151].

İlerleyen sayfalarda bazı marka ve model cep telefonlarının EMA yayma ve SAR yani özgül soğurma oranlarına ilişkin bilgi ve değerler gösterilmiştir.

Tablo 3.30. Cep telefonlarından yayılan elektrik alan değerleri [26].

	Cep Telefonu	El Telsizi	Mikro GSM
Çıkış Gücü	600 mW	5W	1 mW
Anten Kazancı	1.6	1.6	1.6
Efektif Işıma Gücü	0.96 W	8.0 W	1.6mW
Mesafe (cm)	Volt/metre		
300	1.8	5.2	0.07
200	2.7	7.7	0.11
100	5.4	15	0.22
75	7.2	21	0.29
50	11	31	0.49
30	18	52	0.73
20	27	77	1.1
10	54	155	2.2
5	107	310	4.4

Not: (1) Bazı elektronik cihazlar 1 V/m'de zarar görür.
(2) Hemen hemen tüm elektronik cihazlar 100 V/m'de zarar görür.
(3) Elektronik cihazların yaklaşık %50'si 20-50 V/m şiddetindeki elektrik alanın etkisine girerse zarar görür.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalar kanser riski bulunmamıştır. Bu sonuca varmak için henüz yeterince epidemiyolojik çalışma yapılamamıştır. Çünkü henüz cep telefonu kullanımı çok kısa bir geçmişe sahiptir.

Hücre ve hayvanlarla yapılan çalışmalar cep telefonlarının kalp-dolaşım sistemini, immün sistemi yada gelişimi etkilemediği anlamına gelmez.

Almanya Ruhr üniversitesinden moleküler genetik çalışma grubunda bulunan Wolfgang Rüger, elektromanyetik alanlarla birlikte sigara kullanmak, beslenme alışkanlığı veya zararlı maddeler gibi başka etkenlerin kümülatif etkilere neden olabileceğini belirtti.

Elektronik Profesörü Günter Käs'a göre, tüm ışınlar olmasa da belirli ışınların ışın frekansı kombinasyonu ve şiddeti biyolojik olarak etkilidir.

Avrupa'nın üçüncü büyük elektrikli aletler üreticisi İtalyan Merloni Elettrodomestici Spa. çalışanlarına kulaklık-mikrofon seti dağıtmaya başladı. Bu set, cep telefonlarında kullanılıyor. Cep telefonlarını kulaklık ve mikrofonla kullananların telefonu başlarına yaklaştırmalarına gerek kalmıyor. İtalyan hükümetiyse daha 1995'te cep telefonu antenlerinin baştan en az 20 cm uzakta kullanılmasına ilişkin bir kararname çıkartmıştı. İsviçre'de cep telefonlarının güçleri ABD'de kabul edilen düzeyin çok altında olmak zorunda. İngiltere'de geçtiğimiz Eylül ayında Avam Kamarası'nın Bilim ve Teknoloji Komitesi cep telefonlarıyla ilgili bir rapor hazırladı. Bu raporda cep telefonu üreticilerinin, kullanıcıları daha az elektromanyetik alan etkisinde bırakacak yeni telefon tasarımları geliştirmeleri gerektiği vurgulandı.

İngiltere'nin önde gelen bilim adamları cep telefonu kullanım tarzlarını değiştirdiklerini açıkladılar. Bunların bir bölümü cep telefonlarını artık kulaklık-mikrofon setiyle birlikte kullanırken bir bölümü de yalnızca çok gerekli durumlarda (ayda en çok 10-15 dakika) kullanıyor.

Bilim adamları, her geçen gün cep telefonlarının beyne yönelik olumsuz etkilerinin ortaya çıktığını bu konuda bazı önlemler almak gerektiğini ileri sürdüler. Aslında hiç de haksız sayılmazlar. Çünkü son yıllarda yapılan araştırmalar“cep telefonları ve insan sağlığı” konusunda hiç de iç açıcı şeyler ortaya koymuyor. Daha geçenlerde İsveçli bilim adamları cep telefonuyla yapılan iki dakikalık bir görüşmenin bile ne denli ciddi sorunlar yaratabildiğini gösterdiler. Araştırmaya göre, iki dakikalık konuşma, kandaki zararlı proteinlerin ve toksinlerin beyne girmesini engelleyen savunma mekanizmasını devre dışı bırakmaya yetiyordu. Bu durumda **Alzheimer**, **Parkinson** ve **multiple sclerosis (MS)** gibi sinir hastalıklarının oluşma riski artıyor. Mayıs 1998'de de İsveçli bilim adamı Dr. Kjell Hansso Mild, ekibiyle birlikte gerçekleştirdiği büyük bir araştırmanın sonuçlarını açıkladı. Bu araştırma, İsveç ve Norveç'te yaşayan 11 000 cep telefonu kullanıcısını kapsıyordu. Çalışmanın sonuçlarına göre, cep telefonuyla uzun süre konuşanlarda yorgunluk, baş ağrısı ve deride yanma hissi ortaya çıkıyordu. Kulaklık mikrofon seti kullananların % 80'inde bu tip sorunların olmadığı gözlemlendi.

Bir ay sonra Almanya'daki Freiburg Üniversitesi Nöroloji Kliniği'nde yapılan bir araştırmada da cep telefonlarının yüksek tansiyonla ilişkisi ortaya kondu. Bu araştırmada on gönüllünün başlarına cep telefonları bağlandı. Araştırmacılar, deneklere haber vermeden telefonları açıp kapadılar. Telefonlar açıkken, deneklerin tansiyonlarında 5-10 mmHg'lik bir artış gözlemlendi. İngiltere'de yapılan ve 11 000 kişinin gönüllü olarak katıldığı bir bağca araştırmadaysa, uzun süre cep telefonu ile konuşanlarda baş ağrıları, baş dönmesi ve dikkat dağılması gözlemlendi. Bilimsel araştırmaların art arda gelen bu olumsuz sonuçları insanları kuşkulandırıyor. Artık, “cep telefonlarının insan sağlığına daha ciddi etkileri olabilir mi” diye düşünüyor herkes. Yine ilk akla gelen soru: **“Cep telefonlarıyla kanser arasında bir ilişki olabilir mi?”** **Kanser Atomlardan ya da moleküllerden elektron kopmasına iyonlaşma denir. Elektron kopması, moleküler yapıyı değiştirir. Eğer bu işlem biyolojik dokularda olursa dokuda ciddi hasarlara yol açabilir. Örneğin DNA'nın yapısını bozabilir; kansere yol açabilir. İyonlaşma, yüksek enerjili fotonların çarpmasıyla olur.** Yani x- ışınları ve gama ışınları iyonlaşmaya yol açarlar; bu nedenle iyonlaştırıcı ışınlar olarak bilinirler. Radyo dalgaları ve mikrodalgalar, elektromanyetik tayfın 300 kHz ile 300 GHz arasındaki bölgesinde yer alırlar. Bu bölgenin yüksek frekanslı kısımlarında mikrodalgalar bulunurken daha düşük frekanslı kısımlarında da radyo dalgaları yer alır. Radyo dalgaları ve mikrodalgalar, günümüzde temelde iletişim alanında kullanılır;

radyo, televizyon, cep telefonu, telsiz yayınları vb. Cep telefonları mikrodalgalarla çalışır. Mikrodalgalar yeterince yüksek enerjili olmadıklarından iyonlaşmaya yol açamazlar. Başka bir deyimle, bu yolla kansere neden olmazlar. Öte yandan mikrodalga ışıması, su moleküllerine çok verimli bir ısı aktarımı yapar. (Enerjileri artan su molekülleri de çevrelerine ısı yayarlar.

Besinlerin büyük bir bölümü su yönünden zengindir. Bu nedenle mikrodalgardan yararlanarak besinlerin ısıtılması düşüncesin mikrodalga fırınların doğmasına yol açmıştır.) Yani başa yakın tutulan cep telefonlarının antenlerinden yayılan mikrodalgalar antene yakın bölgede ısınma yaratır. Mikrodalgaların ısıtma etkisinin hücre ölümlerine ve kalıcı doku hasarlarına yol açabildiği biliniyor. Ama başın bir bölgesindeki bu ısınmanın beyinde ne düzeyde ve nasıl bir etkisi olduğu daha ortaya çıkmış değil. Dünyada 200 milyon dolayında cep telefonu kullanıcısı bulunuyor. Bu sayı ABD’de 80 milyonun üzerinde ve her ay buna yaklaşık bir milyon ekleniyor.

Cep telefonunun insan sağlığına etkileri ve özellikle de kanserle ilişkisi üzerine yürütülen araştırmalar ABD’de büyük bir merakla izleniyor.Çünkü beyinlerinde tümör oluşmuş onlarca kişi, iletişim şirketlerine dava açmış durumda. Tümör oluşumlarına cep telefonlarının mikrodalga yayınlarının yol açtığını ileri sürüyorlar. Benzer davalar başka ülkelerde de açılmış durumda. Bilimsel araştırmaların sonuçları bu davaların seyri açısından büyük önem taşıyor. ABD’de cep telefonu endüstrisi beş yıldır, cep telefonlarının insan sağlığı üzerine etkilerini araştıran çalışmaları destekliyor. Hatta bunun için Telsiz İletişim Endüstrisi Birliği 1993’te Telsiz Teknoloji Araştırmaları (WTR) adlı bir araştırma kurumu bile kurdu. Bu kurumun asıl amacı, öncelikle beyin tümörleri üzere birçok hastalıkla cep telefonları arasında bir ilişki olup olmadığını saptamak.

İki koldan yürütülen araştırmalar için beş yılda toplam 25 milyon dolar harcandı. Bir yandan epidemiyolojik araştırma sürdürüldü; bir yandan da laboratuvarlarda hayvanlar üzerinde deneyler yapıldı. Laboratuar çalışmaları da iki konu üzerinde yoğunlaştı: beyin tümörü oluşumu ve genetik yapının değişimi. Bu sırada Avrupa ve Avustralya’da da konuyla ilgili birçok araştırma yapıldı; hâlâ süren çok sayıda araştırma da var. Bunlardan birkaçında düşük düzeyli radyo dalgalarının hayvanların bağımsızlık ve sinir sistemlerinde bozukluklara, davranışlarında değişimlere yol açtığı ve kanser oluşumunu hızlandırdığı gözlemlendi. Örneğin Avustralya’daki bir araştırmada, fareler 18 ay boyunca cep telefonunun yaydığı mikrodalgaların etkisinde bırakıldı. Bu farelerde kanser oluşum oranının normal farelere göre iki kat arttığı saptandı.

2.Kısımda da belirtildiği gibi; SAR (Specific Absorbtion Rate) özgül soğurma oranı olarak tanımlanmaktadır ve vücudun 1 kg’ının sıcaklığını 1° C yükselten elektromanyetik enerji miktarıdır. Hacimsel SAR miktarı aşağıdaki gibidir.

$$SAR = \iiint_v \frac{\sigma E^2}{\rho} d v \quad [W / kg] \quad (3.1)$$

Burada; elektrik alan şiddeti E [V/m] olan bir ortamda, iletkenliği σ [S/m], yoğunluğu ρ [kg/m³] olan ve v hacmine sahip dokuda yutulan SAR değeri ICNIRP: SAR= 4 Watt/kg. Bu değer 10'da 1'i meslekleri gereği elektromanyetik alanlara maruz kalanlar için limit kabul edilmiştir (0.4 W/kg). Genel halk maruziyeti içinse mesleki maruziyetin 5'te 1'i alınmıştır (0.08 W/kg). SAR insan için ölçülmez. Laboratuvarlarda fantom modellemesi ya da bilgisayar modellemesi ile dokunun birim kütlesinin soğurduğu enerji bulunur [1,45,79-151].

-RF için SAR'ın zarar oluşturan biyolojik etki dozu 1 – 4 W / kg'dır. IEEE, ANSI, NCRP ve IRPA tüm vücut için SAR'ı 4 W/kg kabul etmiştir.

-SAR = 0.4 W / kg (meslekleri gereği maruz kalanlar için)

-SAR = 0.08 W / kg (genel halk için)

Tablo 3.31.Değişik firmaların ürettiği cep telefonlarının oluşturduğu enerji yoğunlukları [26].

Firma Adı	Ürün Modeli	SAR(W/Kg)
Hagenuk	Global	0.28
Motorola	StarTac	0.33
Sony	CM-DX 1000	0.41
Nokia	8110i	0.73
Motorola	D160	0.81
Sony	CMD-Z1	0.88
Ericsson	GF788	0.91
Ericsson	GH688	0.95
Panasonic	EB G500	0.98
Sharp	TQ G700	1.01
Philips	Genie	1.05
Nokia	1611	1.06
Philips	Diga	1.06
Ascom	Axento	1.25
Bosch	M-Com 906	1.32
Ascom	Elisto	1.33

Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1996 yılından beri yürütülen Elektromanyetik Alan Projesinde (WHO-EMF Project) cep telefonu SAR değerleri için üst sınıra (0.08 W/kg) yakın olan 0.1 W/kg SAR değeri önerilmektedir. Bu değer üzerindeki cep telefonlarının kullanılmaması tercih edilmelidir.

Tablo 3.31 ve 3.32'de çeşitli firmaların ürettikleri cep telefonlarının oluşturdukları enerji yoğunlukları ve SAR değerleri verilmiştir.

Tablo-3.32 Bazı marka ve model cep telefonlarının SAR değerleri [45, 79-151]

Marka Model	SAR (W/kg)
Motorola Star Tac 130	0.10
Nokia Nokia 8810	0.22
Hagenuk Global	0.28
Motorola StarTac	0.33
Motorola i1000plus	0.35
Mitsubishi Trium Galaxy G-130	0.37
Motorola Star Tac 130 (fixed antenna).....	0.38
Sony CM-DX 1000	0.41
Ericsson SH888	0.42
Sony CMD-C1	0.55
Ericsson I8888 World	0.60
Nokia 6150	0.69
Motorola CD 930	0.70
Siemens C25.....	0.72
Nokia 8110i	0.73
Audiovox HGP2000E	0.75
Ericsson S828	0.77
Motorola d160	0.81
Nokia 6110	0.87
Ericsson A1018s	0.88
Sony CMD-Z1	0.88
Ericsson SH888	0.90
Ericsson GF788	0.91
Trium Galaxy	0.93
Motorola cd 930	0.94
Panasonic EB-G520.....	0.95
Ericsson GH688	0.95
Audiovox PCX-1000XL	0.98
Panasonic EB G500	0.98
Audiovox CDM 4000	1.00
Motorola GSM 1900	1.00
Sharp TQ G700	1.01
Philips Genie	1.05
Nokia 1611	1.06
Philips Diga	1.06
Philips Savy	1.11
Bosch GSM 909	1.13
Nokia 3210	1.14
Sanyo SCP-400	1.16
Trium Galaxy (fixed antenna)	1.16
Motorola cd 920	1.17
Nokia 3110	1.24
Ascom Axento.....	1.25
Motorola Startac (TDMA)	1.25
Motorola I500	1.25
Philips Genie 1800	1.26

Tablo 3.32 nin devamı. Marka Model	SAR (W/kg)
Nokia 6161	1.27
Samsung SCH6100	1.27
LG Info & Com	1.29
Mitsubishi T250	1.29
Audiovox 9000	1.30
Bosch M-Com 906	1.32
Ericsson DH-668	1.32
Ascom Elisto	1.33
Denso TP 2200	1.33
Siemens C25	1.33
Nokia 7160	1.33
Qualcomm QCP-2760	1.33
Ericsson A1228D	1.35
Motorola Startac dualmode	1.36
Denso Touchpoint	1.37
Sanyo SCP-310	1.37
Neopoint NP-1000	1.38
Samsung SCH3500	1.38
Sanyo SCP-4500	1.38
Nokia 8860	1.39
Sony CMB-1200,2200,3200	1.39
Ericsson T18	1.40
Ericsson R280	1.41
Philips Genie 1800 (fixed antenna)	1.41
Qualcomm 1960.....	1.41
Nokia 6162	1.42
Nokia 6185	1.42
Sanyo SCP4000	1.44
Audivox 3300	1.45
Nokia 5160	1.45
Mitsubishi T200	1.47
Samsung SCH8500	1.49
Ericsson LX-588	1.51
Motorola SC-3160	1.52
Philips Genie 900	1.52
Ericsson KF788	1.56
Motorola v3688	1.58
Bosch GSM908	1.59
Philips Genie 900 (fixed antenna)	2.67

Cep telefonlarının etkisiyle ilgili yapılan bazı çalışma örnekleri ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Aşağıdaki tabloda **Drosophila melanogaster**'de cep telefonu frekansında verilen EMA sonucu oluşan değişiklikler belirtilmiştir.

Tablo-3.33. Drosophila Melanogaster'in 2375 MHz'deki maruziyeti [33,40].

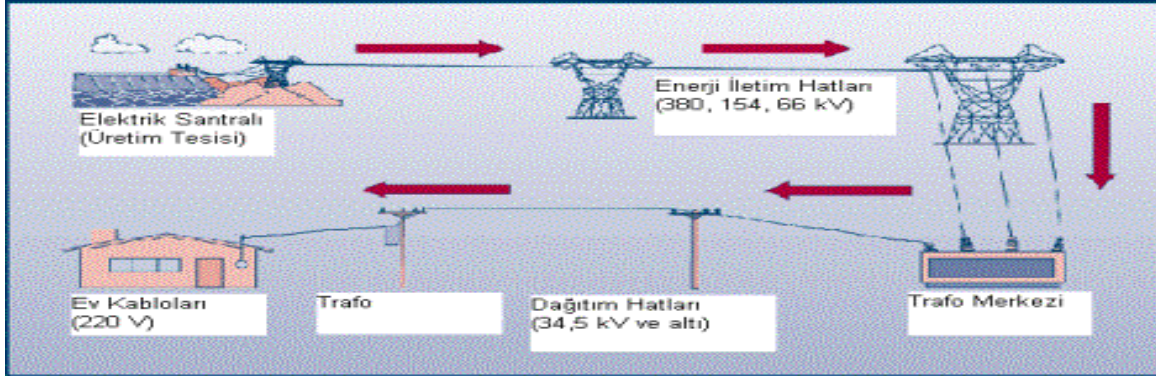
Drosophila melanogaster 'de 2375 MHz, CW Mikrodalga maruziyeti sonucunda eşeye bağlı resesif mutasyon gözlenmemiştir. Subletal doz(W/cm2)	Maruziyet (Dakika)	Test edilen toplam kromozom sayısı	Letallerin sayısı
Kontrol	0	1111	0
15	5x60	1066	0
20	5x10	1118	3
25	5x5	1085	1

900 MHz, darbe biçimli mikrodalga radyasyonu verilen farelerde öğrenmede herhangi bir etki gözlenmemiş [33,40]. İn vitro ortamda sıçan astrosit ve domuz beyin kapiller endotel hücrelerinden meydana gelen karma kültürleri model olarak kullanılmıştır. Kültürler 4 gün boyunca 1.8 GHz'lik elektromanyetik alana maruz bırakılmıştır. Bu deneyin sonucunda gün geçtikçe 14C-sukroz geçirgenliğinin arttığı gözlenmiştir [33,40].

Kan-Beyin Bariyerin'de sukroz için özgül bir transport mekanizması yoktur ve sukroz hafif bir molekül ve hidrofilik bir özelliğe sahiptir. Yayılımı hücrelerarası sıvıyla olduğu kabul edilir. Sukroz geçirgenliği, tight junction yapısı veya hücrel hasar için hassas bir indikatördür. Deney bize EM alanların kan-beyin bariyerinin geçirgenliğini morfolojik hasar sonucu bozduğunu göstermektedir. Salmonella typhimurium ve Drosophila melanogaster 'i 4 ayrı elektromanyetik alana maruz bırakmıştır. Bu EM alanlardan ikisi radyo frekansında (27.12 MHz, CW-elektrik alanı, 27.12 MHz, CW-manyetik alan), diğer ikisi ise mikrodalga frekansından (2.45 GHz-uzak alan, 3.10 GHz-darbe biçimli) seçilmiş. Deney sonunda bu 4 EM alanın Drosophila'da herhangi bir mutasyona neden olmadığı gözlenmiş. Salmonella'da ise 27.12 MHz'lik elektrik alan dışındaki diğer 3 EM alanların maruziyeti sonucunda kültürde hücre konsantrasyonu sonucunda önemli artışlar gözlenmiştir [33,40]. Projenin amacı 8-12 GHz'lik EM alanın ömür uzunluğu, mutajenite ve gelişim üzerine etkilerini genetikte önemli bir model organizma olan Drosophila melanogaster'i kullanarak araştırmaktır. Elde edilecek sonuçlarla mevcut literatüre bir açıklık getirerek, konuyu daha ileri ve ayrıntılı düzeyde inceleyebilmek için bir temel oluşturmasını da amaçlamaktayız [33,40].

3.8. Elektrik İletim Hatlarından Kaynaklanan EMA'ların Etkisi

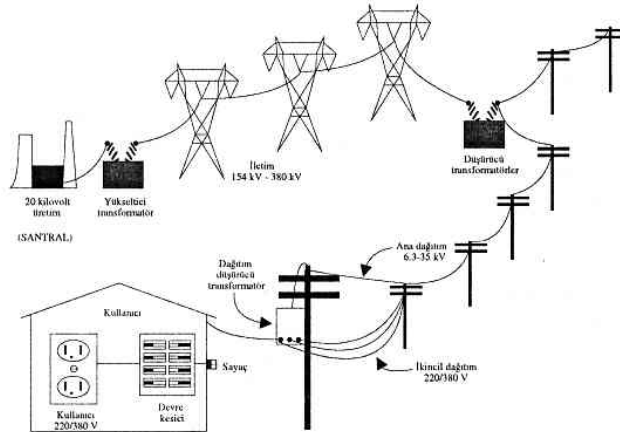
Alternatif Akım (AC) elektrik iletim tesislerinin elektrik özellikleri ve bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerindeki etkileri hakkında genel bilgiler ile İstenmeyen etkileri azaltmak için kullanılan metotlara genel olarak bakılacak olursa.



Şekil-3.28. AC Elektrik İletimi ve kullanımı için yerleşkelere dağılımı [46].

AC Elektrik İletiminin Özellikleri

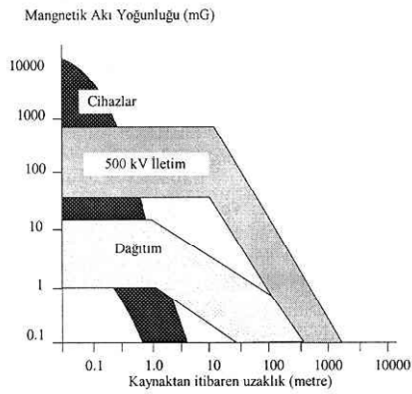
Türkiye ve Avrupa'da alternatif akımlı elektrik, 50 Hertz'lik (her saniyede 50 devir) bir frekanstadır. Bu değer Kuzey Amerika'da, 60Hz'dir. Herhangi bir kablodaki (iletken) voltaj, kablunun çevresinde elektrik alanı oluşturduğuna daha önce değinmiştik. Yere yakın enerji iletim hatlarındaki elektrik alanı, iki nokta arasındaki (genellikle 1 metre) voltaj farkından ayırt edilirler. Örneğin, 500 kV'luk (500.000 Volt) bir iletim hattının güzergahı içinde, yer seviyesinde, havadaki maksimum dikey elektrik alanı 9 kV/m'den (metrede 9.000 Volt) azdır. Kişi, iletim hattından uzaklaştıkça, hattan kaynaklanan elektrik alanı zayıflar. 500 kV'luk hat güzergahının kenarındaki elektrik alan kuvveti 2-3 kV/m civarlarındadır. Ağaçlar ve yapı malzemeleri, hattan kaynaklı elektrik alanının gücünü büyük oranda azaltır [79, 151].



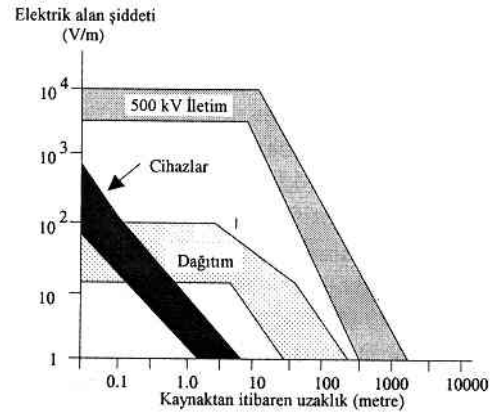
Şekil 3.29. Güç iletim aşamaları [26].

Bir kıyaslama yapmak gerekirse, evlerdeki kablo ve aletlerden kaynaklanan elektrik alanı, evin genelinde 0.01 kV/m'den (10 V/m) az olabilir. Aletlerin çok yakınında seviyeler çok daha yüksek (0.100 kV/m veya üstü) olup elektrikli battaniye yanında birkaç kV/m seviyelerindedir.

Manyetik alan, elektrik akımı bir kabloda aktığında oluşur. Dünya standartlarında manyetik alan, tesla (T) veya gauss (G) olarak ifade edildiğini belirtmiştik. Ülkemizdekilerden daha yüksek gerilime sahip Kuzey Amerika iletim hatlarındaki maksimum manyetik alan seviyesi 2-7 mikro Tesla- μ T (20-70 miligauss mG) olabilmektedir. 3.Kısımda da izah edildiği gibi aşağıdaki şekillerde yüksek gerilim hatlarıyla birlikte elektriksel cihazların yaydığı EMA'lar gösterilmiştir.



Şekil 3.30. YGH, dağıtım hatları ve elektriksel cihazların oluşturdukları manyetik alanların mesafe ile değişimi. [31].



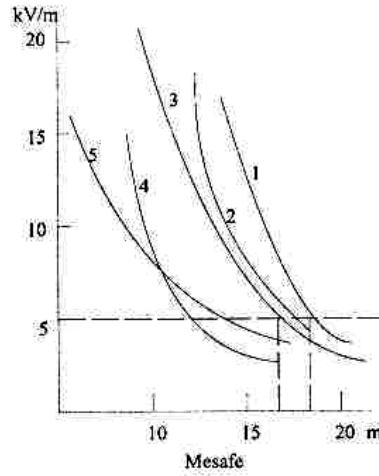
Şekil 3.31. YGH, dağıtım hatları ve cihazlardan kaynaklanan Elektrik alanlarının mesafe ile değişimi [31].

Tablo 3.34. 400, 500 ve 750 kV'luk İşletmelerdeki Personel İçin Sağlık Kuralları [30].

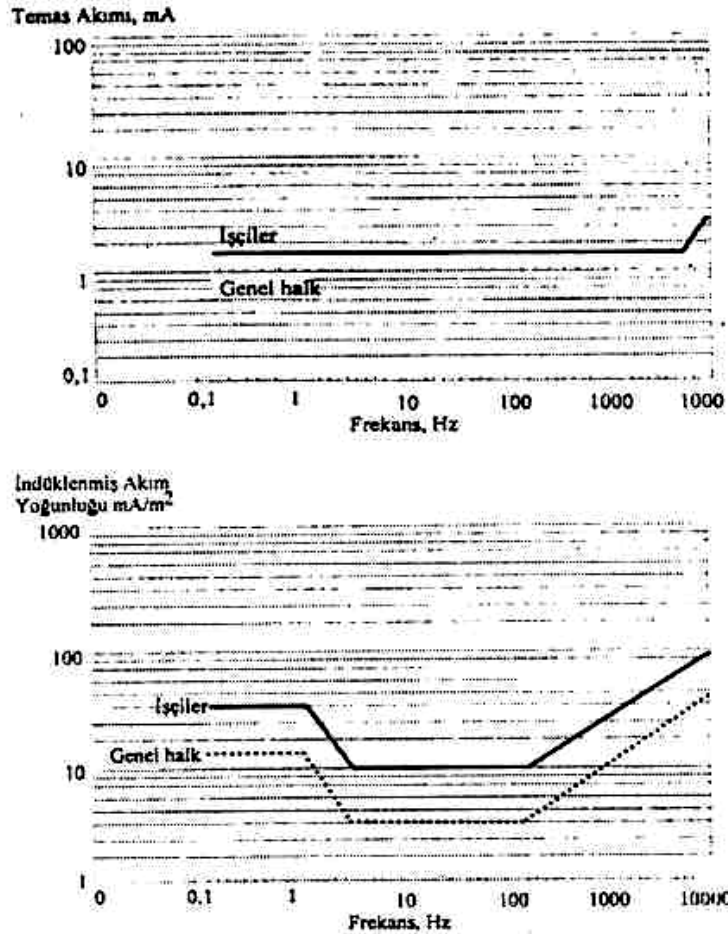
Elektrik Alan Şiddeti kV/m	Personelin Elektrik A-ları İçerisinde Müsade Edilebilir Kalma Süresi (dakika olarak)	Açıklamalar
5	Sınırsız	Kurallar aşağıdaki durumlar için geçerli olmalıdır 1) Elektrik alanı içerisinde kalındığı tüm zaman süresince alan şiddetinin 5kV/m ya da daha az olması 2) Elektrik boşalmalarının etkilenme ihtimalinin giderilmesi.
10	180	
15	90	
20	10	
25	5	

Hat güzergahının kenarında (irtifak hakkı sınırı) ise bu değerler 0,5 – 2,5 μ T (5 - 25 mG) seviyesindedir. Ülkemizde, hattın (154 kV, 380 kV) altında bu değer, 9 - 60 mG arasında değişmektedir Elektrikli aletlerden kaynaklı manyetik alan, aletten

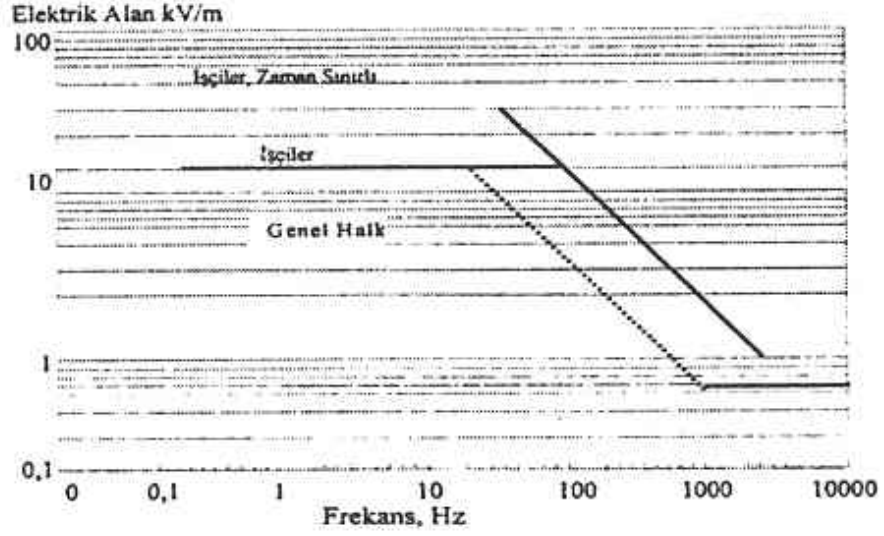
uzaklaştıkça hızlı bir düşüşe geçer. Bu durumdaki ölçülen değişik EMA değerlerini gösteren veriler ilerleyen tablo ve şekillerdeki gibidir. (Şekil 3.32-3.35)



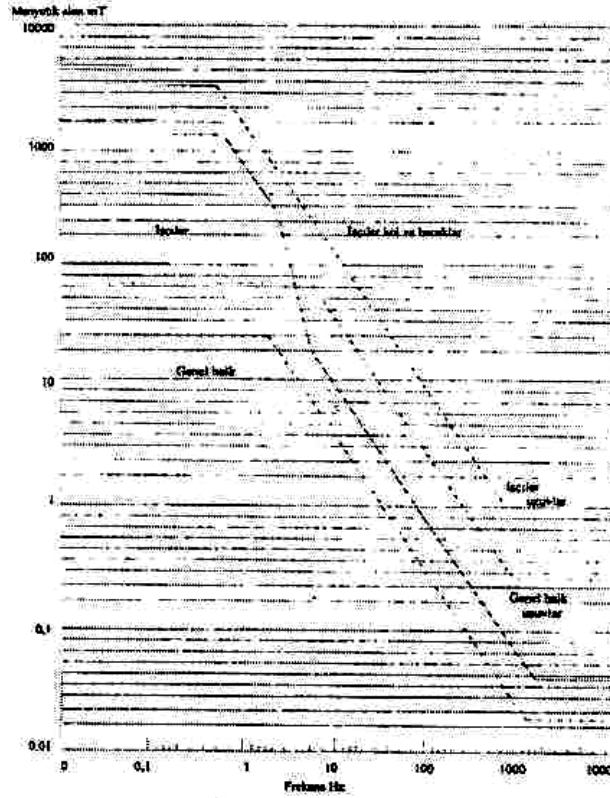
Şekil 3.32. Baraların ve yüksek gerilim aygıtlarının enerji kısımlarına olan uzaklığa bağlı olarak elektrik alan yoğunluğu. 1)500 kV'luk bir kesicide, 2)500 kV'luk bir kesicide, 3)Yollar üzerinde,4)Bir akım transformatöründe, 5)Bir ayırıcıda [30].



Şekil 3.33.İndüklenmiş akım yoğunluğu ve temas akımındaki temel sınırlamalar [47].



Şekil 3.34. Elektrik alan seviyeleri [47].



Şekil 3.35. Manyetik alan seviyeleri [47].

Örneğin, renkli televizyondan veya elektrikli mutfak fırınından 30 cm uzaktaki manyetik alan $4 \mu T$ (40 mG) iken, 1-1,5 metrede bu değer, sadece, $0,1 \mu T$ 'dir (1 mG). Mesafeler farklı olmakla birlikte, enerji iletim tesislerinde de elektrik ve manyetik alanlar (EMA) mesafeyle benzer şekilde azalma gösterir. Ağaçlar ve yapı malzemeleri,

manyetik alanın gücünü azaltmadığı bölgelerde ise iletim hatları, iletim hatlarına yakın meskenlerde manyetik alan oluşturabilmektedir.

Bu durumlar aşağıdaki ve ilerleyen sayfalardaki tablo ve şekillerde özetlenmiştir.

Tablo-3.35.Özel durumlarda hissedilen elektrik alan şiddeti [79,151].

Elektrik Alan Şiddeti (kV/m)	İnsan Yanağının Şemsiye ile Temas Ettiği Zaman Hissedilen
0,5 – 1	Nadiren hissedilir
1,5 – 2	Hissedilebilir
2,5 – 3	Hafifçe uyarır
>4	Hissedilir

Tablo 3.36. Güvenli Yaklaşım İçin Gerekli Düşey Mesafeler [79,151].

İletkenlerin Üzerinden Geçtiği Yer	154 kV Düşey Uzaklıklar (m)	380 kV Düşey Uzaklıklar (m)
Yalnızca yayaların geçebileceği yerler, üzerinde trafik olmayan sular	6	8,5
Araçların geçmesine elverişli köy ve şehir içi yollar	8	12
Araçların geçmesine elverişli çayır, tarla, otlak ve benzeri yerler	7	9,5
Şehirlerarası karayolları	9	12
Üzerinde trafik olan sular ve kanallar	6	9
Elektriksiz demiryolları	8	10,5
İletişim hatları	3,5	4,5
Elektrik hatları	2,5	4,5
Yapılar	5	8,7
Ağaçlar	3	5
Yalnızca yayaların geçebileceği yerler, üzerinde trafik olmayan sular	6	8,5
Araçların geçmesine elverişli çayır, tarla, otlak ve benzeri yerler	7	9,5
Araçların geçmesine elverişli köy ve şehir içi yollar	8	12
Şehirlerarası karayolları	9	12
Üzerinde trafik olan sular ve kanallar	6	9
Elektriksiz demiryolları	8	10,5
İletişim hatları	3,5	4,5
Elektrik hatları	2,5	4,5
Yapılar	5	8,7
Ağaçlar	3	5

Güvenli Yaklaşım İçin Gerekli Yatay Mesafeler

Tablo.3.37. Güvenli yaklaşım için gerekli bazı yatay mesafeler [79,151].

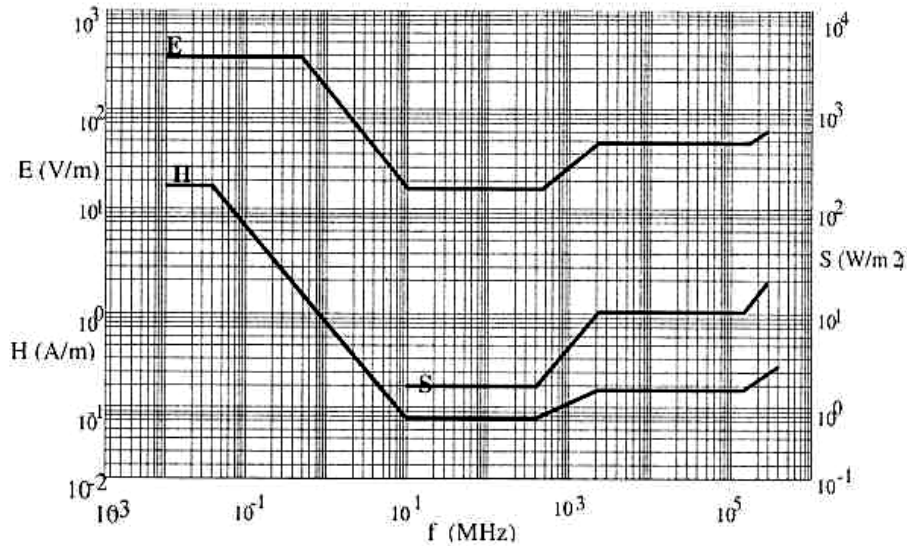
TESİS	TESİSİN KENARINA OLAN YATAY UZAKLIK (m)
Demiryolu ve Karayolu	Direğin toprak üstü tüm boyu + 2 ya da karayolu ve demiryolu istimlak sınırı dışı (bu değerlerden en büyük olanı)
Ağaçlar 154 kV	3
380 Kv	4
Binalar 154 kV	4
380 kV	5

ABD’de İletim Hatlarından Kaynaklanan Elektrik ve Manyetik Alanlar

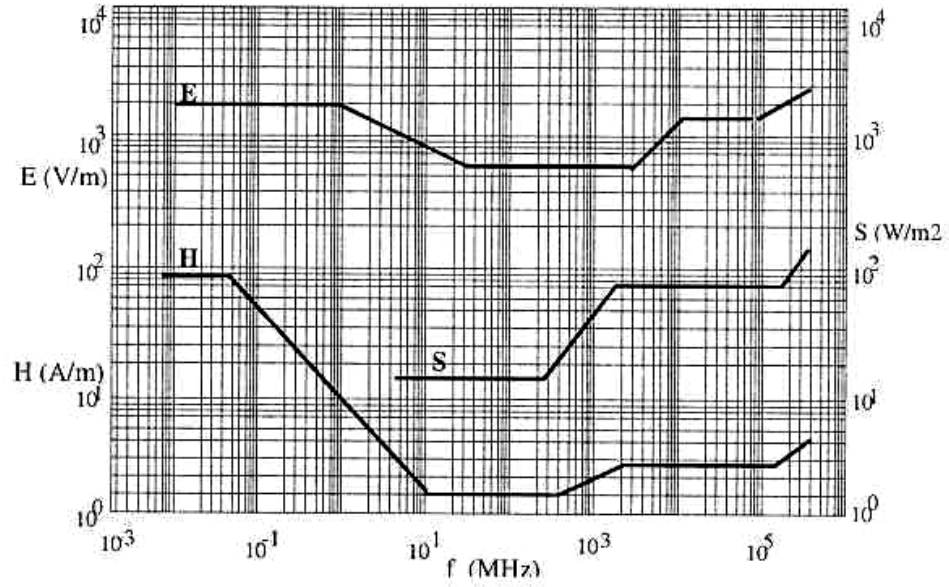
Tablo.3.38. ABD’de iletim hatlarındaki bazı hat genişlikleri değerleri [79,151].

Hattın Gerilimi (kV)	İrtifak Hakkı Alınan Güzergah Genişliği (m)
115	30
230	30
500	40
765	50

Amerika’da iletim hatlarındaki maksimum manyetik alan seviyesi 2-7 μ T (20-70 mG) olabilmektedir. Hat güzergahının kenarında ise bu değerler 0,5 – 2,5 μ T (5 - 25 mG) seviyesindedir.



Şekil 3.36. Genel halk için elektrik manyetik alan şiddetleri ve güç yoğunluğu (S) ilişkin TSE reform seviyeleri (sürekli maruziyet) [48].



Şekil 3.37. Genel halk için pik elektrik, manyetik alan şiddetleri ve güç yoğunluğuna (S) ilişkin TSE referans seviyeleri [48].

Örneğin, ABD'de 500 kV gerilime sahip bir iletim hattı altında yapılan bir çalışma sonucunda, ölçülen ortalama manyetik alan 38.6 mG olarak saptanmıştır. (Bu çalışma, bir hafta süre zarfında her beş dakika da bir yapılan ölçümlerin ortalamasıdır.) Hem elektrik alanı hem de manyetik alan uzaklığa bağlı olarak etkisini yitirmektedir. Hattın yerden yüksekliği, arazinin yapısı ve hattın çevresinde var olan iletken nesnelere burada büyük rol oynamaktadır.

Yüksek Gerilimli Elektrik İletim Tesislerinden Kaynaklı Elektrik ve Manyetik Alanlar (*Havai Hattın Tam Altında, Yer Altı Hattının Tam Üstünde, TM'nin Çitinde Yaklaşık Ölçüm Aralığı*) Tablo 3.39'da gösterilmiştir.

Tablo.3.39. Türkiye'de iletim hatlarındaki bazı hat genişlikleri değerleri [46].

Tesis Tipi	Elektrik Alanı (kV/m)	Manyetik Alan (mG)
154 kV EİH	0,3 – 1	9 – 14
154 kV Yeraltı EİH	3 – 4	25 – 27
380 kV EİH	1 – 3	35 – 60
154 kV GIS TM	3-5	35 – 39
154 kV TM	0,1 – 2	30 – 140
380 kV TM	1-6	25 – 69

EİH: Enerji İletim Hattı; TM: Trafo Merkezi; GIS: Gaz İzoleli Kompakt Tip Trafo Merkezi

NOT: 66 kV EİH toplam uzunluğunun 560 km olması ve ülkemizde bundan sonra tesisi düşünülmemesi nedeniyle, bu gerilimdeki hatlarda herhangi bir ölçüm yapılmamıştır.

EİH'dan Kaynaklanan Ema'nın Sağlık Etkileri Raporlar ve Yeni Deliller;

Elektrik frekansı alan kaynakları ve sağlık ile ilgili bilimsel literatür, dikkatle incelenen bir kaç bin makaleyi kapsayan çok geniş bir literatürdür. Kanseri ve elektrik frekansı alanları ile ilgili sorulara cevap veren 100'den fazla epidemiyolojik çalışma, çok sayıda hayvan ve hücre çalışmaları rapor edilmiştir. Pek çok uzman komite bu literatürü incelemiş bulunmaktadır. Bu kuruluşlar arasında ORAU, NRPB, NRC/NIEHS ve WHO yer almaktadır. Tüm bu kuruluşlar 50/60 Hz kaynaklı zayıf manyetik alanların kanserojenliğiyle ilgili kanıtları, mevcut veri setlerindeki sınırlandırmalar nedeniyle, bir etki olduğunu söylemek için yetersiz bulmuşlardır.

Son iki yılda, tanınmış organizasyonlar tarafından desteklenen iki büyük inceleme yapılmıştır. Bunlardan birincisi National Research Council (*Ulusal Araştırma Konseyi*)-National Academy of Sciences (*Ulusal Bilimler Akademisi*) (NRC/NAS) tarafından desteklenen ve 1997'de ortaya çıkan çalışmadır. Epidemiyolojik araştırmalarda, "Kablo Kodları" (yerleşim alanlarının enerji iletim hatlarına yakınlığını sınıflayan bir ölçü şekli) ile çocuk kan kanseri arasında bir ilişki olduğuna dikkat çekmekle birlikte, NRC/NAS Raporu, şu sonuca varmaktadır. "Elektrik ve manyetik alanın hücre, doku ve organizmalara (insanlar dahil) etkisini araştıran yayınlanmış çalışmaların kapsamlı incelemesine dayanarak, komitenin vardığı sonuç, eldeki verilerin, bu alanlara maruz kalmanın insan sağlığına zarar verdiğini göstermediği"dir .

İkinci rapor 1998 Temmuz'unda National Institute of Environmental Health Sciences (Çevre Sağlık Bilimleri Ulusal Enstitüsü - NIEHS) EMA Çalışma Grubu tarafından hazırlanmıştır. Bu rapor sonucunda "çocuk kan kanseri çalışmalarının sonuçlarına dayanarak, son derece düşük frekanslı (elektrik frekansını içine almaktadır) manyetik alanların, çocuklar için kanser yapıcı olduğuna dair *sınırlı delil* (açıklama için izleyen paragrafa bakınız) vardır" ve "kronik limfositik kan kanseri çalışmalarının sonuçlarına dayanarak, manyetik alana mesleği dolayısıyla maruz kalan kişiler için, son derece düşük frekanslı (elektrik frekansını içine almaktadır) manyetik alana maruz kalmanın kanser yapıcı olduğuna dair *sınırlı delil* vardır" denilmektedir . Anılan Çalışma Grubunca, epidemiyolojik çalışmalara dayanarak, son derece düşük frekanslı (SDF) manyetik alanları, "muhtemel insan kanserojeni" (IARC sınıfı Grup 2B) olarak değerlendirilmektedir. Çalışma grubu, aynı zamanda, laboratuvar hayvanları ile

yapılmış deneylerden elde edilen delillerin kanserojenlikle ilgili bir sonucu desteklemediğini ve 100 μ T'nin altındaki alanların biyolojik etkilerine dair delillerin zayıf olduğunu belirtmiştir. Hücre ve etki mekanizma, 100 μ T'dan kuvvetli olan manyetik alanların genellikle kanserojenlikle bağlantılandırılan bazı prosesleri etkileyebileceği yönünde bazı deliller sunduğuna da dikkat çekmiştir.

NIEHS Çalışma Grubu, IARC'nin yukarıda kullanılan teknik terimlere özel teknik anlamlar veren potansiyel insan kanserojenlerini sınıflama yöntemini kullanmıştır. "**Sınırlı delil**", "maruz kalınan etken, karışım veya maruz kalma koşulları ile kanser arasında, Çalışma Grubu tarafından ciddiye alınabilir bir nedensel çıkarım yapılabilecek, pozitif bir bağlantı gözlenmiş, fakat, makul bir güvenilirlikle şans veya eğilimi hakkında yorum yapılamayan ya da tersine döndürülemeyen deliller" olarak tanımlanmaktadır. Grup 2B sınıflamasıyla "**olası kanserojen**" terimi ise, "hakkında, insanlarda kanserojenlik yönünde, sınırlı delil olan maruz kalma koşulları ve deneysel hayvanlarda kanserojenlik yönünde yeterli delilden daha az delil olan" etkenler için kullanılmaktadır.

Bu iki rapor, geniş katılımlı bir bilim adamı grubu tarafından 1998'e kadar yapılan en yeni ve detaylı gözden geçirme çalışmasıdır. World Health Organization (Dünya Sağlık Teşkilatı-WHO) tarafından hazırlanan bir raporda, ilave araştırma ihtiyacı değerlendirilmekte ve yukarıdaki anılan iki rapor tamamlanmaktadır.[79,151]

Yeni Deliller

Aşağıda belli başlı büyük epidemiyolojik çalışma sonuçları özetlenmektedir.

-Gurney ve diğerleri, çocuklarda iletim hatlarının yanında yaşama ile beyin kanseri; cenin ya da çocukluk aşamasında elektrikli aletlere maruz kalmış olma ile beyin kanseri arasında bağlantı bulmamıştır.

-Preston-Martin ve diğerleri, çocuklarda beyin kanseri ile mesken manyetik alanı ya da elektrikli battaniye ve yatak ısıtıcıları kullanımı arasında bağlantı bulmamıştır.

-Linnet ve diğerleri, çocuk kan kanseri ile ev dışındaki muhtelif kablolar arasında bağlantı bulmamıştır. Yazarlar verilerini, "0.2 μ T'nin üzerinde ölçülen alanlar için çocuk kanserinde belirsiz bir fazlalığı göstermektedir" şeklinde yorumlamış olmakla birlikte, buldukları bağlantının sınırdaki olması nedeniyle bu yorumları tartışmaya açıktır. Aynı araştırmacılar, çocuk kan kanseri ile hamilelik ya da çocukluk sırasında çeşitli elektrik aletlerinin kullanımı arasında tutarlı bir bağlantı bulmamıştır. Elektrikli

battaniye, saç kurutma makinası, televizyon/video oyun kullanımları ile kayda değer bağıntı rapor etmişler; ancak, sonuçlarında bir doz-tepki eğilimi yer almamıştır.

-Michaelis ve diğerleri, yerleşim alanlarında manyetik alana maruz kalmayla bağlantılı olarak çocuk kan kanserinde bir fazlalık tespit etmiştir. Bu bağıntı, 4 yaş ve altı çocuklar için ve gece saatleri manyetik alan medyanı (orta noktası) için istatistiksel açıdan belirgindir; ancak, tüm çocuklar ve 24 saatlik medyan olarak ölçülen manyetik alanlara maruz kalma için belirgin değildir.

-Mc Bride ve diğerleri, çocuk kanseri ile “kablo kodları” cinsinden ölçülen manyetik alan, doğrudan ölçülen manyetik alan veya doğrudan ölçülen elektrik alanına maruz kalma arasında istatistiksel olarak bağlantı bulmamıştır. Alan ölçümleri 48 saat için yapılmıştır.

-Tynes ve diğerleri, Norveç’te yüksek gerilimli hatlarının yanında yaşayan çocuklarda kanserde artış riski bildirmemiştir.

-Versakalo ve diğerleri, yüksek gerilimli hatlarına 500 m mesafe içinde yaşayan yetişkinler için kanserde istatistiksel olarak belirgin bir artış bulmamıştır.

-Li ve diğerleri, yüksek gerilimli hatlarına 50 m mesafe içinde yaşayan yetişkinlerde kan kanserinde artış kaydetmiştir (beyin ya da göğüs kanserinde artış kaydedilmemiştir).

-Feychting ve diğerleri, kadınlarda meme kanseri ile bunların evlerinde ölçülen manyetik alan seviyeleri arasında istatistiksel belirgin bir bağlantı bulmamıştır. Bununla birlikte veriler, genel olarak bağıntı olduğunu göstermekte, fakat, zayıf kalmakta olup, sadece ön-menopoz safhasındaki kadınlar için bağlantıyı desteklemektedir.

-Gammon ve diğerleri, genç kadınlar arasında göğüs kanseri vakaları ile elektrikli battaniye kullanımını arasında bağlantı bulmamıştır.

-Guenel ve diğerleri, mesleki ortamlarda elektrik frekansı elektrik alanına maruz kalma ile yetişkin kanserleri arasında belirgin bağlantı kaydetmemiştir.

-Miller ve diğerleri, mesleki ortamlarda manyetik alana maruz kalma ile kan kanserinin çeşitli tipleri arasında ya da toplam elektrik alana maruz kalma ile tüm kan kanseri vakaları arasında tutarlı bir bağ bulmamıştır.

-Feychting ve diğerleri, mesleki ortamlarda ya da meskenlerde manyetik alana maruz kalma ile yetişkin beyin kanseriyle belirgin bağlantı bulamamış; fakat, hem ev hem iş ortamında manyetik alana maruz kalmanın bileşik etkisi kan kanserinin bazı türlerinde risk artışı tespit etmiştir.

-Harrington ve diğerleri ve Rodvall ve diğerleri, iş ortamında son derece düşük frekans (elektrik frekansı da dahil) manyetik alanına maruz kalan kişilerde maruz kalma ile beyin kanseri arasında belirgin bir bağlantısı bulmamıştır.

-Kheifets ve diğerleri, mesleki ortamlarda elektrik alanına maruz kalma ile yetişkin kan kanserleri arasında belirgin bağlantı bulmamıştır. Araştırmacılar, iş ortamında maruz kalınan manyetik alan ile elektrik alanın bağlantılı olmadığını belirtmişlerdir (En yüksek manyetik alana maruz kalan 5 meslek, en yüksek elektrik alanına maruz kalan 5 meslekten üçünü içermektedir).

-Savitz ve diğerleri, iş ortamında manyetik alana maruz kalmaya bağlı olarak akciğer kanseri riskinde zayıf bir artış belirlemiş; ancak, anlık ya da sürekli SDF manyetik alanlarına maruz kalmayla tutarlı eğilimleri tespit etmemişlerdir.[46]

Değişik dizaynlarda yapılan çeşitli çalışmalarda maruz kalma ile hastalık arasında birbiriyle tutarlı bağlantılar görülürse, sebep-sonuç ilişkisi (nedensellik durumu) kuvvetlenir. Bunun aksi olarak, birbirleriyle tutarsız sonuçlar veren ve oldukça iyi tasarlanmış yukarıdaki çalışmalarda, anılan etkilerin, alanların gerçek etkileri olup olmadığı açık değildir. Bununla birlikte bu çalışmalar, özellikle, kuvvetli alana maruz kalan bireyler (numune sayısının az olduğu durumlarda) için, maruz kalma ve hastalık arasında zayıf bağlantıyı ortaya çıkarmada sınırlı kabiliyettedir. Örneğin, çoğu mesken çalışması, 0.2 μ T'nin üzerinde manyetik alana sahip pek az evi kapsayabilmiştir. McBride ve diğerlerinin 49 evi kapsayan alan (399 ev arasından) çalışması bunun en büyük istisnasıdır. Bu çalışma, maruz kalınan manyetik alanı insanların üzerinde ölçmek suretiyle tespit eden ilk çalışmadır. Araştırmacılar, çocuk kan kanseri ile direkt ölçülen ya da kablo kodları cinsinden belirlenen manyetik alan arasında bir bağlantı bulmamışlardır.

Küçük numune gruplarındaki problem, meta-analiz adı verilen ve çeşitli çalışmalardan alınan verileri bir havuzda toplayan çalışma ile çözülmeye çalışılabilir. Halihazırda hiçbir meta-analiz çalışması (yayınlanmış ilgili bütün epidemiyolojik verileri kapsayan) mevcut değildir; literatürün bazı yönlerinin meta-analizi Wartenberg (çocuk kan kanseri) ve Kheifetsve diğerleri (meslekten dolayı kan kanseri ve beyin kanseri) tarafından yakın zamanda yayınlanmıştır. Bazı epidemiyolojistler, çalışmalar arasında deneysel prosedür-lerdeki geniş değişimlerden dolayı meta-analizin EMA çalışmalarına uygun olup olmayacağını sorgulamaktadır.

Son epidemiyolojik sonuçları özetlemek gerekirse: kapsamlı maruz kalma değerlendirmeleri içeren daha geniş kapsamlı çalışmalar, yerleşim yerlerinde manyetik

alana maruz kalma durumu ile kanser arasındaki nedensel bir bağın olduğu yönünde kuvvetli deliller sağlamamaktadır. Bu çalışmalar, IARC rehberlerindeki terimlere göre elektrik frekans manyetik alanlarını potansiyel kanserojen olarak katagorize etmek için yeterlidir. Buna ters olarak, McBride ve diğerlerinin çalışması ile, bu alanların çocuk kan kanseri ile ilgili olmadığı tartışması, en azından, desteklenmektedir [79,151].

Yukarıdaki hayvanlar üzerindeki çalışmalar özetlendiğinde;

1. Hayvanların ömürleri boyunca incelendikleri büyük çalışmalarda, kanserde artış bulunmamıştır.
2. Farelerde deri tümöründeki artış inceleme çalışmalarında bir etki olduğunu işaret etmekle birlikte, sonuçlar tutarsızdır.
3. Kan kanseri ve lenf kanseri üzerinde yapılan artış inceleme çalışmaları, negatif sonuçlanmıştır.
4. Göğüs kanseri üzerine yapılan artış inceleme çalışmaları, tutarsızdır, yakın zamanda yapılan büyük çalışmalar da negatiftir.
5. DNA zincir kopmaları üzerindeki çalışmaların, yorumlanmadan önce daha öte çalışmalar tarafından desteklenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmalar, özellikle yüksek yoğunlukta yaşam boyu maruz kalmayı inceleyen projeler, zayıf güç frekans alanları (çevresel ya da mesleki, yaklaşık 10 μ T'dan küçük) ile kanser arasındaki muhtemel bağlantı yönündeki bilimsel görüşü, başka yöne yönlendirecek kadar tutarlıdır.

Üstü kapalı olarak yukarıdaki tartışmada yer alan varsayım, sürekli fakat zayıf “değişken manyetik alanlar”ın, kuvvetli “değişken manyetik alanlar”la aynı türden, ancak, daha az sayıda ya da daha zayıf etkiler yarattığıdır. Kesintili son derece düşük frekans (SDF, elektrik frekansını da kapsamaktadır) alanları ya da süreksiz (transient) sinyallerle yaratılan alanlar üzerindeki laboratuvar araştırmaları, bu noktada sonuç çıkarmak için yeterli olgunlukta değildir. Çevremizde yaygın olarak mevcut olduğu halde, insanların bu süreksiz manyetik alanlara (örneğin iletim sistemlerindeki trafolar tarafından üretilen) maruz kaldıklarını belirlemek çok zordur. Bazı çalışmalarda diğer biyolojik değişiklikler gözlenmiş olup, bu çalışmalar ikna edici olmak için yeterince tutarlı değildirler; hatta, ilave çalışmalara gerek duyulduğunu göstermişlerdir. Bu etkiler (hepsi değişik çalışmalardan) bağışıklık sistemindeki değişiklikleri, artan böbrek hastalıklarını ve kanserli lenf hücrelerinin gelişmesini içerir. WHO çalışması bu alandaki araştırma için ayrıntılı önerileri sunmaktadır [46,79-151].

3.9. Sonuçlar

IEEE İnsan ve Radyasyon Komitesi (COMAR) alışmalarında, zayıf elektrik frekanslı manyetik alanlar ve kanser arasında bir bağın var olduğu sonucunu desteklemek için verilerin yetersiz olduğu belirtilmektedir. COMAR tarafından değerlendirilen en güncel çalışmalar ve Ulusal Araştırma Konseyi, Ulusal Bilimler Akademisi (NRC/NAS) ile Non İyonize Işınları Sağlık Araştırma Organizasyonu (NIEHS) tarafından değerlendirilen çalışmalar, nüfusun büyük çoğunluğunun kaygılanması için çok az sebep olduğunu göstermektedir. Elektrik frekans alanlarının mümkün olabilecek biyolojik etkileri hakkında çok sayıda açık bilimsel sorular güncelliğini korumaktadır. Rapor edilen biyolojik etkilerin çoğu çok az anlaşılmıştır. Bu etkilerin çoğunluğu, insan sağlığı ve emniyeti ile açık bağıntıya sahip değildir ve çoğu, yüksek düzeyde maruz kalma sonucu ortaya çıkan etkileri içermektedir. Bundan dolayı, ortam seviyelerinde çevresel maruz kalma limitleri ya da standartları geliştirmek için temel oluşturmamaktadır. COMAR, hala cevaplanmamış olan soruların en önemlilerini belirlemenin ve bunları ozmenin bilimsel fon kuruluşları için çok gerekli olduğuna inanmaktadır. Çeşitli laboratuvarlarda hala açıklama ve/veya doğrulama ihtiyacındaki etkiler;

a)Düşük yoğunluklu manyetik alanların rapor edilen etkilerini ortaya koyan hücre çalışmaları,

b)Mesleki ortamlarda göreceli olarak büyük SDF alanlarının sağlık etkilerini destekleyen epidemiyolojik sonuçlar,

c)Zaman-ortalama büyüklük altındaki çok ve sinir uyarım eşiğindeki manyetik alanlarının tedavi edici etkilerini inceleyen çalışmaları içermektedir.

Deneysel sonuçların tekrarlanabilmesi, birbirini desteklemesi, makul biyolojik mekanizmalara ulaşan mantıklı bir model göstermeleri ve insan sağlığı açısından açık sonuçlara sahip olması, emniyet standartlarının uygunluğu açısından özellikle önemlidir. COMAR, 1997 NRC raporunun basılmasından itibaren, bu çalışmanın ana sonucunu değiştiren hiçbir inandırıcı delilin ortaya çıkmadığı sonucuna da varmıştır. Bilimsel deliller, normal mesken ortamları ya da çalışma ortamlarında (Amerika nüfusunun % 99.5 dan fazlasının maruz kaldığı ortalama 1 μ T'nın altında 24 saat) karşılaşılan seviyelerdeki elektrik frekans alanlarına maruz kalmadan dolayı diğer sağlık tehlikeleri ya da kanserin varlığını desteklememektedir. Elektrik kullanımdaki ana değişikliklerin topluma maliyeti muazzam olmakta ve şu anda, bu alandaki bilgi

durumu ile haklı gösterilememektedir. Sonuçta, çeşitli faktörlerle ilişkili olarak, zamansız ölümlerin muhtemel hayat risklerinin karşılaştırılması Tablo 3.40'da gösterilmiştir [46,49-77,79-151].

Tablo-3.40. Çeşitli faktörlerle ilişkili olarak, zamansız ölümlerin muhtemel hayat risklerinin karşılaştırması. Kazalarla ilişkili olan riskleri hariç, diğer riskler mevcut bilgilere dayanan olası risklerdir. Güç hatları ve çocuk kanseri arasında herhangi bir sebep sonuç ilişkisi yoktur. Burada sunulan potansiyel riskler New York Bilim Panelindeki tahminlere dayanır. Halk sağlığı okulunun müdürü manyetik alanın ciddi etkilerinin her yıl arttığını belirtmiştir [46].

<i>Teyid edilmiş ve potansiyel bazı kanser riskleri çeşitli faktörler için belirtilmiştir. Karşılaştırma amaçlı sunulan riskler, çalışmalarda belirtilen istatistiksel açıdan belirgin riskler için tipik değerlerdir. Birçok faktör için, herhangi bir artan riskin bulunmadığı çalışmalar vardır.</i>		
Faktör (Kanser Tipi)	Nispi Risk	Referanslar
Sigara Kullanımı (Akciğer Kanseri)	10 – 40	Wynder ve Hoffman, 1982
Benzen, Mesleki Temas (Lösemi)	1,5 – 20	Sandler ve Collman, 1987
Asbest, Mesleki Temas (Akciğer Kanseri)	2 – 6	Fraumeni ve Blot, 1982
Doğum Öncesi X Işınları (Çocuk Kanseri)	2,4	Harvey ve diğerleri, 1985
Çevresel Tütün Dumanı – Pasif İçicilik (Akciğer Kanseri)	2-3	Fielding ve Phenow, 1988
Saç Boyası (Lösemi)	1,8	Cantor ve diğerleri, 1988
İletim Hatları (Çocuk Kanseri)	1,3	Wertheimer ve Leeper, 1979 Savitz ve diğerleri, 1988
Sakarın (Mesane Kanseri)	1,5-2,6	IARC, 1987
Aşırı Alkol (Ağız Kanseri)	1,4-2,3	Tuyns, 1982
Elektrik İşleri (Lösemi)	1,4-1,9	Savitz ve Calle, 1987
Kahve (Mesane Kanseri)	1,3-2,6	Morison ve Cole, 1987
Klorlanmış Yüzey Suyu (Mesane Kanseri)	1,3-2,3	Subcommittee on Disinfectants and Disinfectant By-Products, 1987
1-Monson (1980) nisbi risk seviyelerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır: <u>Nispi Risk Bağını Gücü</u> 1,0-1,2 Hiç; ,2-1,5 Zayıf; 1,5-3,0 Orta;3,0-10,0 Güçlü; 10 [∞] (10,0 üstü Sonsuz)	2-Sebep sonuç ilişkisini genel olarak onayladıkları düşünülmektedir. 3-Alkol ağır sigara dumanıyla bağlı olarak ağız kanseri riskini 15,5'e kadar yükseltir.	

4. EMA'NIN CANLI ORGANİZMALARA ETKİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Şu ana kadar incelenen çok sayılı bilgilerin değerlendirilmesinden çıkan tek sonuç, EMA'nın canlı orgnaizmalara farklı şekilde de olsa etkisinin kuşkusuz var olmasıdır. Farklı biyolojik, genetik ve fizyolojik değişiklikler oluşturan bu etkilerin ölçülmesi veya dakik sınırlarının belirlenmesi çok zor veya imkansızdır. Bunun esas nedeni EMA'nın canlı organizmalara etkisinin karmaşık bir işlem olması ve bu olayı etkileyen bir çok parametrelerin olmasıdır. Sonuçta, literatürde sunulan bir çok değerler geniş bir aralık oluşturmakla bazı durumlarda bir birini takzip etmektedirler. [1, 49, 50, 51]. Bütün bu zorlukları ve çelişkileri aradan kaldırmak için EMA'nın canlı organizmalara etkilerinin matematik modellerini oluşturmak gerekmektedir. Günümüzde belirli sayılarda olan hem analitik [1,52,53,54] hem de numerik [55,58] yöntemler halen tümüyle gerçeği yansıtabilen modeller varsayılabiliriz. Bu nedenle, EMA'nın canlı organizmalara etkisinin teorisi ve pratiğinin geliştirilerek ileri düzeyde daha etkin matematiksel modellerinin oluşturulması bu problemin en önemli sorularından biridir. Günümüzde EMA'nın canlı organizmalara etkilerinin modellenmesinde bir çok yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemleri kısaca olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a) Düzlemsel tabaka modeli;

b) Katlı tabaka modeli;

Düzlemsel tabaka modelinde, bir düzlem dalganın bir düzlemi dokuda yansıma ve geçişi frekansa, polarizasyonu, dalganın geliş açısına, dokusunun iletkenlik ve dış ortamın elektrik özelliğine bağlıdır. Dalganın iki yarı sonlu arakesitteki durumu dalga teorisine göre aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\frac{E_o^r}{E_o^i} = \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{\gamma_2 + \gamma_1} \quad \frac{E_o^t}{E_o^i} = \frac{2\gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} \quad (4.1)$$

Burada E_o^i, E_o^r, E_o^t - sırasıyla gelen yansıyan ve kırılan (geçen) dalgaların elektrik alan şiddeti genlikleri, γ_1 ve γ_2 - birinci ve ikinci ortamların karakteristik espedamlarıdır. Eğer $\gamma_2 = 0$ ise tümüyle yansıma,, $\gamma_1 = \gamma_2$ ise tamamen geçen dalga söz konusu olur.

Tablo 4.1. Biyolojik dokular arasında yansıtma katsayısının yüzde değerleri [49,77].

	Frekans MHz	Hava	Yağ	Akciğer	Kas	Kan	Salin
Hava	433	0	46	76	82	81	83
	915	0	43	73	78	79	80
	2.450	0	41	71	76	77	79
	5.800	0	39	70	75	76	78
	10.000	0	37	70	74	76	78

Tablodan görüldüğü gibi, hava doku arayüzeyinde, gerçek güç, mikrodalga ve RF frekanslarda oldukça fazladır. Geçen güç katsayısı frekansa önemli şekilde bağımlılık içindedir ve bu bağımlılık düşük frekanslarda daha da fazladır.

Dalga dokuda ilerledikçe, soğrulma nedeniyle dalganın enerjisi giderek azalır ve azalış deri (cidar) kalınlığı (δ) ile tanımlanır. Cidar kalınlığı, gelen gücün e^{-2} çarpımına kadar azalmasına karşı gelen ortam kalınlığıdır.

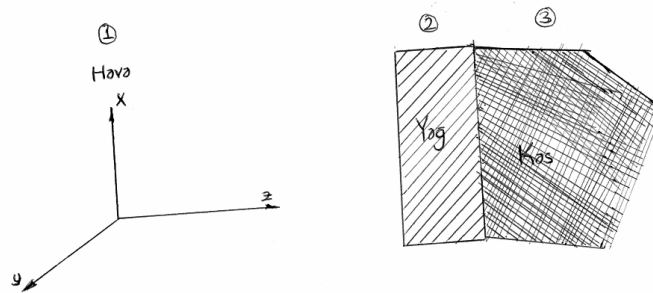
Tablo 4.2’de bazı dokular için 5 deri kalınlıkları verilmektedir.

Tablo 4.2. Bazı doku örnekleri için δ deri kalınlıkları [49,77].

Doku Frekans MHz	Yağ	Akciğer	Kas (deri)	Kan	Salin
433	16,3	4,7	3,0	3,7	2,8
915	12,8	4,5	2,5	3,0	2,5
2.450	7,9	2,3	1,7	1,9	1,3
5.800	4,7	0,7	0,8	0,7	0,7
10.000	2,5	0,3	0,3	0,3	0,2

Tabaka modelinde vücudu çevreleyen doku tabakaları şekil 4.1’de gösterildiği gibi gösterilerek vücut üzerinde soğrulan enerji hesaplanır. Her bir tabakada soğrulan güç olarak bulunur.

$$P_a = \frac{1}{2} \sigma E_i^2 \quad (4.2)$$



Şekil 4.1. Yağ ve kas tabakalarına gelen düzlem dalga [49,77].

Düzlem tabaka modeli vücudun, elektromanyetik dalgadan etkileşmesinin kalitatif olarak anlaşılması ve hesaplanması bakımından basit bir model gibi önemlidir. Fakat bu model vücudun üç boyutta ve eğimsel bölgelerde temsil edemez. Bu nedenle son yıllarda insan vücudunu üç boyutta incelemek için bazı numerik modeller kullanılmaktadır. İnsan vücudunu üç boyutta temsil edebilecek aşağıdaki modeller kullanılır.

- a) Küresel model;
- b) Yumurtamsı (spokeroidal) modeller;
- c) Silindirik modeller;
- d) Kübik hücre metodu ile karışık modeller;

Bütün bu modeller hacimsel integral eşitliğine dayanarak kompleks doku geometrilerindeki SAR dağılımını hesaplamaya imkan verir. Ayrı ayrı durumlar için başarılı olan bu yöntemlerde $3N \times 3N$ lik dolu bir matris gerekmesi önemli sınırlamalar getirmektedir. Vücudun çeşitli bölgelerinde bile, örneğin baş bölgesindeki SAR dağılımının hesabı için gereken zaman yeterince fazladır. Zira zaman kübik hücre sayısı ile orantılı olarak artar. Örneğin, bir kürede seçilen ağsayısı 15303 civarında olabilir. Öte yandan her bir yöntem sınırlı bir frekans bölgesinde başarılı olup genel yöntem değildir. Buna göre EMA'ların dokular üzerindeki etkilerinde bütün değişimler arasındaki fonksiyonel bağıntıların belirlenmesi, problemlerin basitleşmesine ve genelleşmesine imkan oluşturmaktadır. Bu amaçlar EMA'nın canlı organizmalara etkisinin ciddi teorik temellerinin oluşturulması şarttır.

4.1. EMA'nın Canlı Organizmalarına Etkisinin Teorik Temelleri ve Kavramları

EMA'nın etkisinde kalan insanlar ve diğer canlılar elektromanyetik (EM) enerjisini (EM) soğurmaktadır. Soğrulan EM enerjisi vücutta ısınmaya yol açar ve bazı organlardaki elektrik akımlarının değişmesine neden olmaktadır. EM ışınım ayrıca doku hücrelerinin kimyasal yapısını da bozmaktadır. Elektromanyetik ışınım elektromanyetik dalganın herhangi bir ortamda yayılmasıdır. Enerji akışı, dalga yayılması veya parçacık akışı şeklinde karşımıza çıkar. Bu da elektromanyetik dalganın “dalga-parçacık” ikili davranışı olarak bilinir. Işınım enerjisi joule cinsinden

$$W = h f \quad (4.3)$$

olarak belirlenir. Burada h-Plank sabiti ($=6.626.10^{-34}$ Vs): f-frekanstır (Hz).

Elektron – Volt cinsinden (eV) ışınma enerjisi

$$W = 4,14125.10^{-15}f \quad (\text{eV}) \quad (4.4)$$

olarak verilebilir. ($1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ V}$).

Genelde biyolojik sistemler karışık alt sistemlerden oluşur. Bu sistemlerin anlaşılması için, elektriksel alanların biyolojik sıvılara etkisinden başlamak uygun olur. Bu sıvılar iyon, su gibi polar moleküller, lipidler, hormonlar ve koloidal parçacıklar ihtiva ederler. Öte yandan vücudun hem elektrik hem de manyetik özellikleri genelde non lineer ortamlardır. EMA'nın endükledikleri girdap akımları molekül ve iyonların membranının etkilenmesine yol açar ve hücrelerin veya bu hücrelerin oluşturdukları organların performansını da etkiler. Buna göre EMA'nın canlı organizmalara etkisinin temelli bir teorik bazını oluşturmak için EMA teorisi ve tıp temel bilgilerle yanı sıra, hidrodinamik, akışkanlar mekaniği, manyetik hidrodinamik, ısı kütle transferi, koloit bilimleri gibi anabilim dallarının da teori ve kavramlarından yararlanmak gerekmektedir.

Günümüzde, bir hipotez olarak EMA'nın biyolojik etkilerini aşağıdaki üç büyük model grubu olarak belirleyebiliriz: [59]

-Makroskopik model: Manyetik alanda bulunan biyomanyetik ve ferromanyetik bileşenler, ac manyetik alanla endüklenen girdap akımları ve bu akımların oluşturdukları ışınma olayları, cytoplazmada ve yüklenmiş mikroskopik demetlerin hareketinin manyeto hidrodinamiği ve diğerleri;

-*Fenomenolojik model*: nonlineer kimyasal kinetik denklemlerinde karışımların ikili davranışı, manyeto biyolojide genişleme mekanizmalarının stokastik ve rezonans olayı ile biyofizik sistemlerinde oluşan aynileştirilmesi “radyo-teknik” model adı olan ve biyolojik yapılar ve dokuların eşdeğer elektrik devreleri olarak modellenmesi;

-*Mikroskopik model*: klasik ve kuantuar titreşim (dalga –parçacık) modeller, manyeto biyolojide suklatron ve parametrik rezonans olayı, sınırlanmış iyonların kuantum durumunda interferensiyonu, manyetik olarak serbest radyal reaksiyonları, manyetik akımın değişimine duyarlı olan sulanmış metastable durumunun biyolojik aktivitesi vb. dir.

Hangi modelleme yönteminin seçilmesinden bağımsız olarak frekans aralıklarına uygun olarak farklı EMA'ın canlı organizmalara etkisinin mekanizması da farklı oluyor. Bu nedenle EMA'ın canlı organizmalara etkisinin teorik esaslarını farklı frekanslara göre belirlemek gerekiyor.

4.2. DC akım ve Elektrik Alanlarının Biyolojik Dokulara Etkisinin Teorik Temelleri

DC elektrik ve manyetik alanların canlı organizmalara etkisinin teorisi elektrostatik ve manyetostatik araçların genel teorisi temellerinde oluşturulabilir.

Elektrik ve manyetik alanlarda Q yüklü parçacığa etkiyen kuvvet

$$\vec{F} = Q(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) \quad (4.5)$$

olarak belirlenir. Burada \vec{E} - elektrik alan şiddeti \vec{B} manyetik alan yoğunluğu vektörleridir. Lorenz kuvveti adını alan bu kuvvetin biyolojik objeler üzerindeki etkisi çok zayıf olduğundan teorik bağlantılarda bu kuvvet ihmal edilebilir.

Yüklü parçacıklara etkiyen önemli kuvvetler dipol yaklaşımli kuvvetlerdir. Bu kuvvetler \vec{P} sabit dipol momentli moleküle etkiyen (\vec{F}_p) ve indüklenmiş dipol momentli moleküle etkiyen kuvvet (\vec{F}_j) olarak belirlenir:

$$\vec{F}_d = \vec{P} \cdot \nabla \cdot \vec{E} \quad (4.6)$$

$$\vec{F}_j = \alpha \nabla \cdot (\vec{E} \cdot \vec{E}) \quad (4.7)$$

burada α – polarizasyon tensörüdür, V hacimdir.

Genelde moleküller, iyonlar ve membranların hareketlerinin incelenmesinde alanlardan ziyade bu alanların gradyanları da önemlidir.

Homojen bir sıvı içinde dış elektrik alan etkisiyle indüklenen elektrik akım yoğunluğu aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$\vec{J}_c = \sum_j Q_j \mu_j C_j \vec{E} \quad (4.8)$$

burada, Q_j - iyon üzerindeki yük, μ_j iyon hareketliliği veya mobilitesi, C_j – iyon konsantrasyonudur.

Ortalama sürüklenme hızı

$$\vec{V} = \mu_j \vec{E} \quad (4.9)$$

olarak belirlenir. Bu olay elektroforos (electrophoresis) olayı olup, koloid parçacıkların veya moleküllerin ayrılması işlemlerinde kullanılır.

Yalıtılmış bir sıvı içindeki küresel partiküller için μ_j

$$\mu_j = \frac{Q}{6\pi\gamma d} \quad (4.10)$$

olarak belirlenir. Burada γ - sıvının viskozite sabitini, d partikül yarıçapını göstermektedir.

İletken bir ortamda, yüzey partiküllerinin yüküne göre zıt işaretli iyonlar çekilir ve etkin yarıçapları değişir.

Yüklü küresel parçacıklarda elektroforetik hareketlilik

$$\mu_1 = \frac{\varepsilon_1 \xi}{4\pi\gamma} \quad (4.11)$$

olarak belirlenir. Burada ε , ve μ sıvının dielektrik sabitini ve viskozluğu, ξ partikül yüzeyini çevreleyen sıvıdan makaslama gerilmesi altında sıvının akmaya başladığı ara yüzey arasındaki potansiyel düşmesidir. ξ yüklü parçacıkları çevreleyen yüklü çift tabaka arasındaki toplam potansiyelden daha küçüktür.

$\varepsilon_1 \neq 0$, $\sigma_1 = 0$ olan bir dielektrik sıvıya ve tekdüze olmayan bir elektrik alanına yerleştirilmiş, $\varepsilon_2 \neq 0$ ve $\sigma_2 = 0$ olan bir ideal dielektrik küre için indüklenmiş dipol momenti halinde küreye etkiyen \bar{F}_d kuvveti

$$\bar{F}_d = dV (\bar{E}_1 \nabla \bar{E}_1) \quad (4.12)$$

olur. \bar{E}_1 küre bulunmasından önce sıvı içindeki elektrik alanını göstermektedir. Bu ifadenin integral şekli ise:

$$\bar{F}_d = \frac{3}{2} V \varepsilon_1 \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2} \nabla |\bar{E}_1|^2 \quad (4.13)$$

şeklinde olur. Viskozite kuvveti düşük akış tuzlarında Stokez kanunundan belirlenir.

$$\bar{F}_s = 6 \pi a \gamma \bar{V} \quad (4.14)$$

şeklinde olur.

Bir partikül üzerindeki ortalama kuvvet elemanı osmotik basıncın gradienti ile orantılı olup

$$\bar{F}_{os} = - \frac{1}{C_j} \nabla \pi \quad (4.15)$$

olur.

Burada $\pi = C_1 k T^4$ birim hacim başına düşen bağıl osmotik basınç, C_1 parçacıkların konsantrasyonu, k -Boltzman sabiti, T mutlak sıcaklıktır.

Eğer sabit sıcaklıkta, radyal konsantrasyonlu küresel parçacıkları söz konusu olursa, oluşan maksimum osmotik kuvvet

$$\bar{F}_{os} = - \frac{kT}{2a} \quad (4.16)$$

olur.

Kütle transferi dikkate alınır, konsantrasyon gradienti tarafından oluşturulan elektrik akım yoğunluğu

$$J_D = Q D \nabla C_j \quad (4.17)$$

olur. Buradaki D difüzyon sabiti olup;

$$D = V_1 k T \quad (4.18)$$

Burada V_1 hız/kuvvet boyutunda hidrodinamik hareketliliği göstermektedir.

Sıvı içinde iki partükül arasındaki çift tabaka kuvveti;

$$F_c = F_o \exp\left(-\frac{f}{\lambda_d}\right) \quad (4.19)$$

olur. Burada f yüzeyden uzaklık, λ_d Debye perdeleme uzaklığıdır ve matematiksel ifadesi;

$$\lambda_d = \left(\frac{2Q^2 n}{\epsilon k T}\right)^{1/2} \quad (4.20)$$

olur. n - ekranlama yapan iyon türü yoğunluktur. Elektrostatik kuvvetlerin etkisi yalnız çok kısa menzillerde etkilidirler.

Eğer iki membran arasında sulu çözelti mevcut olursa bu membranlar arasındaki kuvvet

$$\bar{F}_\omega = \frac{H}{G(dw)^3} \quad (4.30)$$

olur. H -Hamaker katsayısı, dw membranlar arasındaki uzaklıktır. Bu kuvvet Van der Weels adını da alır.

Hydration kuvvetleri, örneğin nötr fosfor lipidi

$$P = P_0 \exp \left(- \frac{dw}{\wedge} \right) \quad (4.31)$$

olur. Burada \wedge ölçek sabitidir.

Görüldüğü gibi bütün bu ifadeler dikkate alındığında EMA'nın canlı organizmalara etkisinin çalışabilir bir düzenli teorisinin oluşturmak çok zordur ve bu teorisinin geliştirilmesi gerekmektedir.

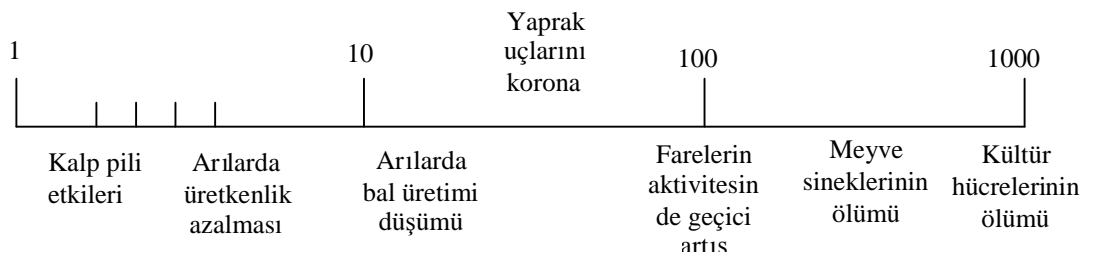
4.3. Çok Düşük Frekanslı EMA'nın Biyolojik Etkileşiminin Teorik Temelleri

Çok düşük frekanslarda (ELF) bir çok fiziksel olaylar DC alanlardakine benzer olarak incelenebilir. Fakat AC alanlarda (düşük frekanslarda bile) ϵ , σ lineer özelliklerini sağlayamaz ve ortamın empedans frekansa göre değişir. Bu nedenle, yukarıda adı geçen ifadeler biyolojik malzeme ve sıvıların lineer özelliklerini oluşturan önemli biyolojik etkileri yeteri kadar açıklayamaz.

Yer küresinde bulunan bütün canlıların % 1 kısmı ELF alanlarının etkisine maruz kalır. En önemli etki güç dağıtım sistemlerinin veya elektrik iletim hatlarının ürettiği yayılan alanlardır. Normal bir evde 60 Hz'lik alanlar 1-20 V/m aralığında değişir.

Tablo 4.3'de çeşitli gözlemcilerin yüksek gerilim hatları civarında yaptığı araştırmaların birbirini destekleyen sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.3: Yüksek gerilim hatları civarında elektrik alanı (kV/m)[49,77].



Çok düşük frekanslı manyetik alanları da (ELF) canlı sistemlerin etkileşmesini sağlar.

Zamanla değişen ELF manyetik alanların canlı dokulara etkileşmesi Faraday kanununa uyarak endüksiyon elektrik akımları oluşturmaya dayanır. B_0 genlikli, f frekanslı zamanla değişen bir B manyetik alanı

$$\underline{B} = \underline{B}_0 \sin \omega t = B_0 \sin (2\pi f t) \quad (4.32)$$

ile ifade edilir. $S = \pi r^2$ dairesel yüzeyinde endüklenen V_{pik} potansiyeli;

$$V_{\text{pik}} = \left. \frac{d\phi}{dt} \right|_{\text{pik}} = \left. \frac{d(B.S)}{dt} \right|_{\text{pik}} = 2\pi^2 f^2 / B_o \quad (4.33)$$

olur. Endüklenen E_{pik} elektrik alanı

$$|E|_{\text{pik}} = \frac{V_{\text{pik}}}{2\pi r} = \pi r f |B_o| \quad (4.34)$$

ELF alanların etkisiyle endüklenen pik akım yoğunluğu ise,

$$|J|_{\text{pik}} = \sigma |E|_{\text{pik}} = \pi r f \sigma |B_o| \quad (4.35)$$

olarak belirlenir.

Bu denklemleri kullanılarak kalp ve merkezi sinir sistemi (SNS) gibi kritik biyolojik sistemleri üzerinde zamanla değişen ELF manyetik alanlarının yapacağı uyarmalar bulunabilir. Fakat söz konusu olan formül ve ifadelerin sayısı sistemi etkileyen parametrelerin sayısından çok fazladır. Bu durumda EMA'nın biyolojik dokulara etkisini incelemek için geliştirilmiş numerik yöntemler kullanılır.

4.4. EMA'nın Canlı Organizmalara Etkisinin Gelişmiş Numerik Modelleri

Düşük frekanslı ($f \leq /\text{MHz}$) EMA'ların etkisiyle insan vücudunda endüklenen akımların dokular üzerinde etkisinin incelenmesi EMA'nın canlı organizmalara etkisi teorisinin temelini oluşturmaktadır. Bu hem Tıp açısından hem de EMA'nın canlılar üzerindeki etkilerinin limit değerlerinin sanayi standartlarına uyumluluğunu değerlendirmeye imkan verebilir. EMA'nın canlı dokularına etkisinin çok karmaşık bir olay olduğu dikkate alındığında vücutta endüklenen akımın belirlenmesinin kolay olmadığını söylemiştik. Bir boyutlu değişimde bile analitik hesaplanması zor olan bu akımların üç boyuttaki değişiminin analitik hesabı imkansızdır. Bu nedenle ELF'lı EMA'nın insan vücudunda tam geometriye uygun olan endüklenen akımın üç değişkenli hesabı yalnız numerik yöntemlerle elde edilebilir.

Son yıllarda insan vücudunda endüklenen girdap akımlarının çok boyutlu hesabı için geliştirilmiş numerik yöntemler ve paket programlar oluşturulmuştur. Bunlardan sonlu elemanlar yöntemiyle (FE) [59, 60], zaman domeni sonlu farklar yöntemiyle (FDTD) [61] ve empedans yöntemiyle (IM) [62] yapılan modelleri örnek verebiliriz. Bütün bu çalışmalarda esas amaç vücudun modelinin oluşturulması olup,

manyetik alanın yerel noktadaki değerleri homojen varsayılmıştır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar deney sonuçlarının üstünde oluşmaktadır.

Bu uyumsuzlukları aradan kaldıracı bazı yöntemlerde geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle özel \emptyset - \bar{A} formülasyonlu yöntem [63, 64] ve yüzey yükü yöntemiyle insan vücudu modellenmesi metodu [65] daha caziptir.

Sonlu farklar skaler potansiyel metodunda [SPFD] [66, 67] güç sisteminden kaynaklanan alanla insan vücudunda endüklenen akım ayrı ayrılıkta hesaplanabilir. Bu yöntem daha gerçekçi olup insan vücudunda endüklenen akım kaynağı belli olmayan sistemler tarafından kaynaklandığı durumda da belirlemeye imkan verir.

Yöntemin matematik modelinin esasını EMA teorisinin temelini oluşturan Maxwell denklemleri oluşturuyor. Hesaplamalarda skaler potansiyel (\emptyset) ve manyetik alan vektör potansiyeli (\bar{A}) formülasyonu kullanılır. Orijinde bulunan çok kutuplu sistemin oluşturduğu manyetik alan vektör potansiyeli şu şekilde belirlenir:

$$\bar{A} = -\mu_0 \sum_{n=1}^N \frac{1}{n} \left(\frac{\mathbf{R}}{\mathbf{r}} \right)^{nH} \sum_{m=-4}^N C_n^m \bar{r}_x \nabla Y_n^m(\theta\phi) \quad (4.36)$$

burada N- kutupların sıralaması, $Y_n^m(\theta\phi)$ - küresel harmonikler, C_n^m kompleks katsayılarıdır. Bu denklem $r \geq R$ bölgesi için geçerlidir.

\bar{A} vektörünün belli olduğu varsayıldığında, harmonik bir alan değişiminde Maxwell denklemlerine göre

$$\nabla_x \bar{E} = -j\omega \nabla_x \bar{A} \quad \text{ve} \quad \bar{E} = -j\omega \bar{A} - \nabla \phi \quad (4.37)$$

oluyor. Bu alanın endüklediği akım yoğunluğu Ohm yasasına göre

$$\bar{J} = \sigma \bar{E} = -\sigma(j\omega \bar{A} + \nabla \phi) \quad (4.38)$$

olur. Bu ifadelerde ϕ belli olmayan elektrik skaler potansiyeldir. Bu skaler potansiyelin belirlenmesi gerekmektedir.

Yukarıdaki denklem, akımın sürekliliği denkleminde, $\nabla \cdot \bar{J} = 0$ dikkate alındığında,

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla \phi) = -j\omega \nabla \cdot (\sigma \bar{A}) \quad (4.39)$$

olur. Bu denklem vücudun iletkenliğinin sabit olduğu varsayılırsa, vücut içindeki bütün noktadaki potansiyeli belirlemeye imkan verir. Bu durumda endüklenen akım yoğunluğunun sınır koşullarını belirlemek gerekiyor. Bu koşullar;

$$(\bar{J}_2 - \bar{J}_1) \cdot \bar{Q}_n = 0 \quad (4.40)$$

$$\bar{J} \cdot \bar{Q}_n = 0 \quad \frac{\partial \phi}{\partial n} = -j\omega \bar{A} \cdot \bar{Q}_n \quad (4.41)$$

olabilir. Burada \bar{J}_1 ve \bar{J}_2 – vücut ve temas bölgelerindeki akım yoğunluklarının normal bileşenleridir.

Bu denklemler EMA'nın insan vücudundaki dokularda endüklenen akımları hesaplamak için kapalı denklemler sistemini oluşturur. Fakat, bu denklemlerin yukarıdaki şekilde analitik çözümleri imkansızdır ve yalnız nümerik hesaplamalar mümkündür.

Bu denklemler sonlu elemanlar (FE) yöntemiyle klasik modal elementlerle çözülmüştür [10,11,68] Bu yöntemle insan vücudunun anatomik modeli 33181 mod ve 182650 birinci dereceden tetrahedral elementten ibaret bir model şeklinde elde edilmiştir. Hesaplamalarda Flux 3D sonlu eleman software ve 256 MB bellekli 2 GHz ATHOL işlemci kullanılmıştır. Bu durumda hesaplama süresi 10 dakika olur. Bu modelde Amire – Template Graphics Software kullanıldığında 221606 serbestlik derecesine ulaşabilir ki, bu da 11 farklı ortamın geometrisini içerebilir. Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlardan % 4 hata ile farklanmaktadır [10,11,69].

Diğer gelişmiş nümerik yöntem yüzey yükü yöntemiyle insan vücudunun modellenmesidir. İnsan vücudu modeli yuvarlak ya da silindirik organlardan müteşekkildir. Beyin, kalp ve ciğerler gibi organlar bunlara örnek olarak verilebilir. Bunların matematik modellemesini analitik olarak karşılaştırmak için homojen yuvarlak model yaklaşımını kullanılabilir. Bu da yaklaşık % 6.5 luk bir farklılık (hata payı) içermektedir. Bu yaklaşımın insan vücuduna uygulanabilirliği görülmüştür şöyle ki; indüklenen akım karşısında organların iletkenliği değişmiştir. İnsan vücudu içerisinde indüklenen akım organ iletkenliği değerini bayağı artırmıştır.

Model Yaklaşımı, ELF manyetik alanların etkisiyle insan vücudu içinde indüklenen akımın hesabının uygulanabilirliği, sayısal elektrik alan hesabı teknikleri ve

bununla beraber kullanılan Yük Simülasyon Metodu ile Prob Metodu üzerine temellendirilen bu araçların indüklenen akımın basit bir çoklu-ortam-şekilli ölçüm sisteminin temel karakterlerine açıklık getirmesidir. Bu temel üzerine insan modelini genişletilmiş oldu. İlk önce, insan vücudunun bütünü oluşturulan ve yapısını gösteren simetrik şekillerin kolayca döndürülüp birleştirilmesiyle çoğaltılabilen organlar için üç boyutlu yüzey yükü metoduyla oluşturulan indüklenen akımlar için bir insan modeli meydana gelmiş oldu.

Bu yöntemde indüklenen akımın hesaplanması metodu ve temel denklemler aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

Basit çok –vasıtalı-şekil içinde indüklenen akımın hesabı için yük simülasyon metodu uygulanabilir. Buna rağmen bir sayısal elektrik alan hesaplaması olan üçgen yüzeyli yük metodunu üç boyutlu insan modelinde uygulamada kullanmaya karar verilmiştir. Yüzey yük yöntemi, sonlu eleman yöntemi ile yük simülasyon metoduyla birlikte bir sonlu hesaplama biçimi bölüntülenmesidir. Bu metot insan vücudunu oluşturan farklı organların yüzey unsurlarının sadece simülasyonunda doyurucu olmaktadır. Bu yüzden, girilen verilerin daha küçük olması ve veri hazırlamasının alan-sonlu-eleman yöntemindeki gibi ayırma biçimli hesap tekniğine nazaran daha kolay olması münasebetiyle bütün insan vücudu içindeki unsurlar üç boyutlu unsurlara bölünmelidir. Bununla beraber, yük simülasyon metoduna kıyasla daha fazla keyfi şekil simüle edildiği için ve bütünü oluşturan unsurların yerleri ve şekilleri değiştirildiğinde daha kolay hesap yapılır ve en fazla parametre değişkenlerinin etkilerinin sorgulanması amacına uygundur. Diğer bir yandan, üçgen biçimli öğelerle eğri yüzeylerin ölçümü yapıldığı için yüzeylerin yanında hesaplanan değerler biraz daha büyük hatalar içerecektir.

Amaçlanan teknikteki temel denklemler aşağıdaki gibidir.

$$\nabla \times \mathbf{E} = -j\omega \mathbf{B} \quad (4.42)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \text{ (sürekli akım denklemi)} \quad (4.43)$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \text{ (Ohm Kanunu)} \quad (4.44)$$

Burada E elektrik alan şiddeti, B manyetik akı yoğunluğu, ω açısal frekans, σ iletkenlik ve J indüklenen akım yoğunluğudur. Zaman diferansiyeli ise $j\omega$ ile gösterilmiştir. ($s = \sigma + j\omega$)

Tekdüze bir manyetik alan içinde yönelmiş sonsuz uzunlukta bir silindir içindeki manyetik alanla ilgili temelde aşağıdaki gibi olan, daha önce yapılmış olan çalışmalarla ilgili ikincil manyetik alanların etkisini ihmal ettik. Tabi bunu gerçek çözüme oranla ikincil manyetik alan çözümü oranı şeklinde **yani bağıl hata oranı** biçiminde tanımlamak olur ve bağıl hata oranını ϵ olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\epsilon = \frac{\omega \sigma \mu (2r_0^2 - r^2)}{8} \quad (4.45)$$

Burada μ geçirgenlik, r_0 iletkenin yarıçapı, r merkez eksene olan uzaklıktır. Tahmin edilen bağıl hata 10^{-4} ün katları olmakla birlikte tahmin edilen iletkenlik 2.0 S/m ve uzunluk 1.8 m (yani maksimum yarıçap $r_0 = 0.9$ m) ve böylece ikincil manyetik alanı ihmal edebiliriz. Bununla beraber, σ ve $\omega\epsilon$ da $\sigma \gg \omega\epsilon$ (kabaca $\epsilon = 10^{-5}$) olduğundan biyolojik bir vücut için güç frekansı yanında düşük bir frekansta akımın yerine geçen terim ihmal edilebilir.

Şimdi, manyetik vektör potansiyeli olarak ifade edilen A 'yı ve Coulomb ölçüsünü tanıtalım.

$$B = \nabla \times A \quad (4.46)$$

$$\nabla \cdot A = 0 \text{ (Coulomb ölçüsü)} \quad (4.47)$$

Bu durumda ortamdaki, σ bir sabit olarak (4.44), (4.45), (4.46) ve (4.47) denklemlerinden alınırsa,

$$E = -j\omega A - \nabla \phi \quad (4.48)$$

$$-\sigma \nabla^2 \phi = 0 \quad (4.49)$$

denklemleri türetilir. Burada ϕ elektrik skaler potansiyeli, denklem (4,48) bir Laplace denklemdir ve bu denklemle yük simülasyon metodu ve yüzey yük metodu gibi sayısal elektrik alan hesabı metotlarına, yüksek doğrulukla uygulanabilir. A ve B vasıtaları için içyüzeyi hesap edildiğinde,

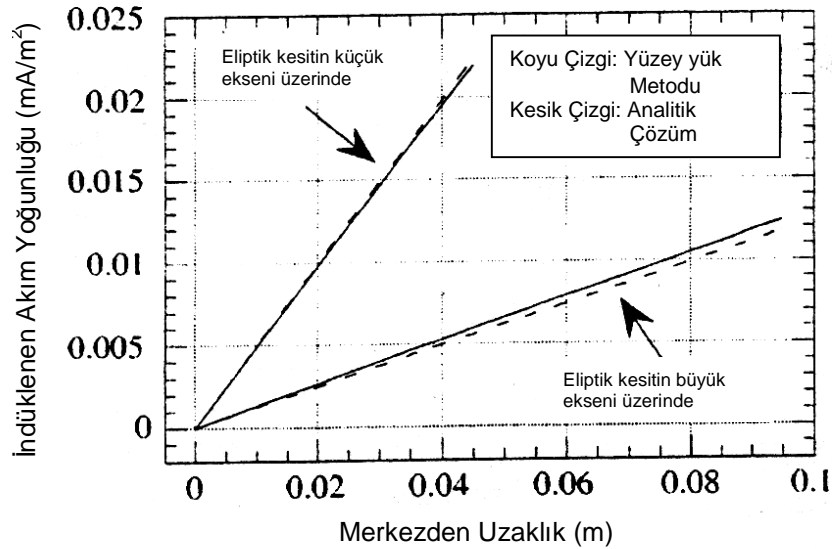
$$\sigma_A E_A n = \sigma_B E_B n \text{ (sürekli akım durumu)} \quad (4.50)$$

$$\phi_A = \phi_B \text{ (Sürekli potansiyel durumu)} \quad (4.51)$$

olur. Burada n , A vasıtasından B vasıtasına, içine doğru ara yüzeyi yönündeki normaldir (birim vektördür), σ geçirgenlik, E elektrik alan şiddeti, ϕ elektrik skaler potansiyeli ve kendi öğeleri A vasıtası tarafını ve B vasıtası tarafını gösterir. Denklem (4.48)'yi denklem (4.50)'da E_A ve E_B 'de yerine koyarsak ve A yerine dış manyetik alandan kaynaklanan A_0 yazarsak Denklem (4.52)'i elde ederiz.

$$\sigma_B \nabla \phi_B n - \sigma_A \nabla \phi_B n = j\omega(\sigma_A - \sigma_B)A_0 n \quad (4.52)$$

Denklem (4.51) ve denklem (4.52)'de izah edilen elektrik skaler potansiyeli ve onun gradyanı kurgulanan yükün hareketidir. Bilinmeyen yükün yani farazi kurgulanan noktadaki yük miktarının hesaplanması metodu ve bu metodla yüzey yükünün açıklanması yüzey yükü miktarının bilinmeyen olarak kullanılmasıyla hesabının gerçekleştirilmesi uygulanmıştır (sadece denk.(4.52) yüzey yükü miktarı metodudur) Bu sayısal hesaplama teknikleri aynı zamanda benzer elektrik alanların varlığının olduğu yerlerde de uygulanabilir.

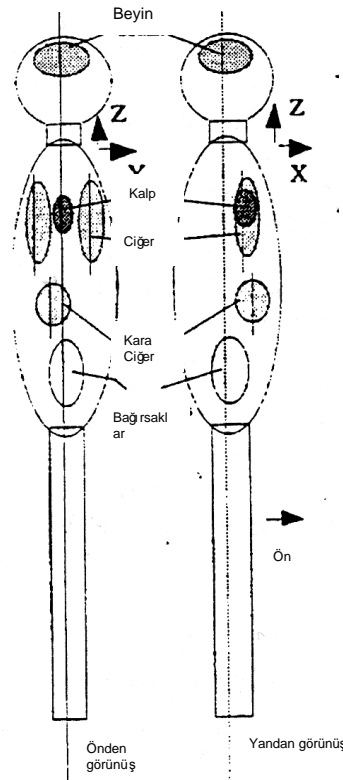


Şekil 4.2. İndüklenen Akım Yoğunluğunun Merkezden Uzaklığa Göre Durumunun Numerik Hesap Sonuçları [10,11,49-77].

Yüzey Yük Metoduyla yapılan sayısal hesaplamada 1490 bilinmeyenli birinci mertebeden üçgensel spheroid (yumurta biçimli) modeli simüle edilir. Şekil 4.2'deki bu modeldeki sayısal hesabın sonucunun kıyaslanmasıdır. Küçük eksen ve büyük eksen

boyunca indüklenen akım dağılımlarını gösterir. Sayısal hesap sonucunda, analitik çözümün % 1.2 - % 6.5 hata ile elde edilmesi iyi bir mutabakattır ki, bu da sayısal çözüm tekniğinin uygulanmasının doğruluğunu göstermektedir. Bununla beraber parça bölünmesinden kaynaklanan sayısal hesap sonucu ile analitik çözüm sonuçları arasında farklılıklar meydana gelmektedir. Bu farklılık parça bölüntülenmesinin (parça kesiti alınmasının) daha küçük yapılmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilerek giderilebilir.

İnsan bedenindeki indüklenen akımları incelemek amacıyla birçok araştırmacı kendi insan modellerini kurmuşlar ve farklı organlara iletkenler sokup farklı sayısal hesaplama teknikleri kullanarak hesaplamalar yapmışlardır. Değerlendirmeyi niceliksel ve tek biçimde yapmak için, sayısal hesaplama teknikleri arasındaki karşılaştırmanın uygunluğunu da dikkate alarak, kolaylıkla yenisi çıkarılabilen kurulum modelini seçebiliriz. Burada dönüşümlü simetrik yapı unsurlarını birleştirerek bir insan modeli kurduk. Daha ötesi bu modelde iletkenlerin etkisi ile farklı organların boyutlarını incelemek mümkün; bununla beraber organ biçimlendirmenin etkilerini inceleme geleceğin konusu.



Şekil 4.3. İndüklenen akım hesapları için insan modelleri [10,11,49-77].

Farklı organların şekil ve koordinatları (birimi : mm)

(küresel şeklin parçaları)

(merkez koordinatlar x, y, z yarıçap)

baş (0, 0, 1575, 125)

(iki ucu kabarık küresmi (yumurtamsı) şeklin parçaları)

(merkez koordinatlar x, y, z eliptik yarıçap, y, z)

beyin (0, 0, 1635, 65, 45)

sol akciğer (45, -65, 1235, 35, 100)

sağ akciğer (45, 65, 1235, 35, 100)

kalp (45, 0, 1235, 25, 50)

karaciğer (60, -30, 1025, 45, 50)

bağırsaklar (0, 0, 850, 45, 85)

beden (0, 0, 1070, 135, 375)

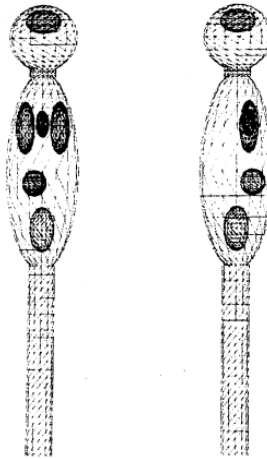
(silindir şeklin parçaları)

(başlangıç noktaları x, y, z bitim noktalar x, y, z yarıçap)

boyun (0, 0, 1420, 0, 0, 1470, 50)

bacak (0, 0, 0, 0, 0, 725, 50)

Şekil 4.3. kurulum modelini, farklı organların şekilleri ve koordinatları ve eksenlerin açıklamasını göstermektedir. Taklit edilen (simülasyon) organlar beyin, kalp, akciğer, karaciğer ve bağırsaklardır; boyutları ve yerlerini göz önüne alarak kafa küre, beden küresmi (spheroid) olarak taklit edilmiştir. Boyun 1.70 metre olduğu varsayılmış ve her iki kol ihmal edilmiştir. Bacaklar bir silindir şeklinde taklit edilmiştir. Vücut çevresindeki dış çap 270 mm (27 cm) olarak alınmıştır.



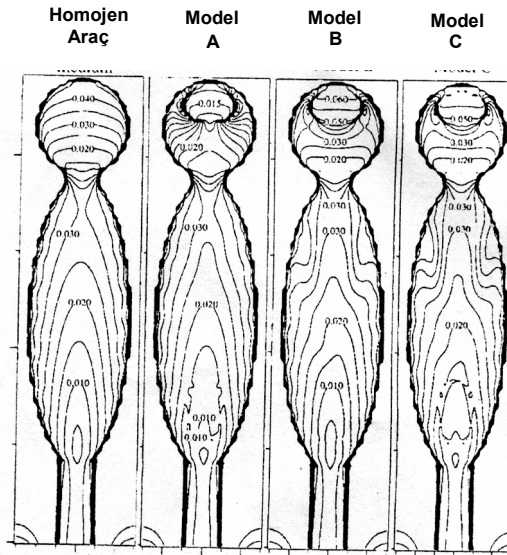
Şekil 4.4. İnsan modelinin yüzey ağları [10,11,49-77].

Şekil 4.2 üçgen yüzey uygulama yöntemiyle uygulanan hesaplamalarda kullanılan ağ (mesh) şekillerini göstermektedir. Tüm insan bedeninin bağlantı noktaları 2265 ve üçgen öğeler 4400 ve bilinmeyenler 2265'dir.

İnsan modelinin farklı organlarına atfedilen iletkenlik değerleri biyolojik bedenlerin farklı parçalarının iletkenlik değerlerini kullanmaktadır. Tablo 1 bu değerleri listelemektedir. Model A'da İtalya ENEL incelemesinde kullanılan değerler Fransız EdF araştırmasında kullanılan değerler ile aşağı yukarı aynıdır.

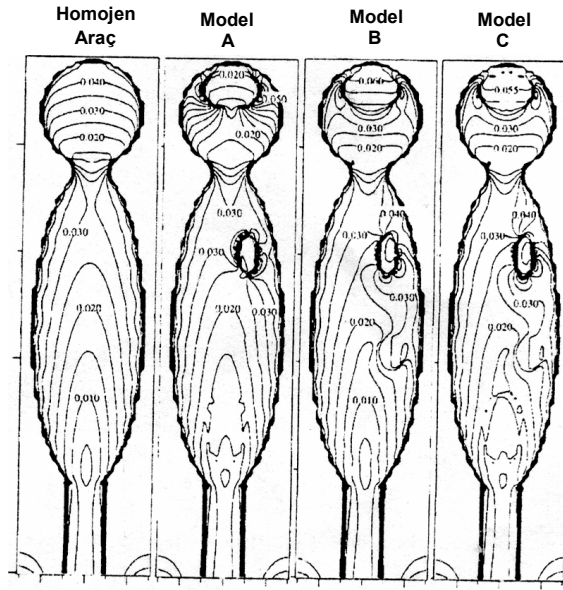
Tablo 4.4. Değişik insan modeli çalışmalarında organların iletkenliği [10,11,49-77].

	Homojen Araç	Model A [119]	Model B [120]	Model C [121]
Beyin	0.2	0.75	0.06	0.12
Kalp	0.2	0.70	0.1	0.11
Akciğer	0.2	0.10	0.08	0.04
Karaciğer	0.2	0.10	0.07	0.13
Bağırsaklar	0.2	0.03	0.5	0.11
Diğerleri	0.2	0.11	0.35	0.52



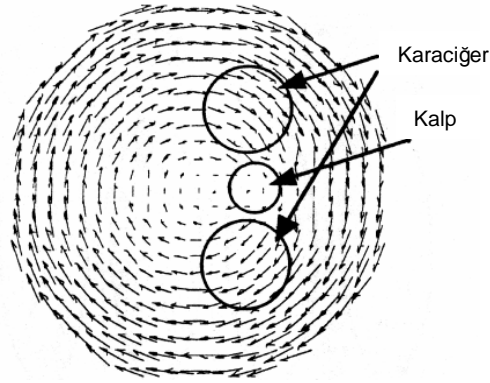
Şekil 4.5. a) X yönü durumundaki kesitten (ön cepheden) manyetik alan. [10,11,49-77].

Göz önünde bulundurulan organların iletkenlikleri basitçe indüklenmiş akımların büyüklükleriyle açıklanamaz.



Şekil 4.5.-b)Y yönü durumundaki kesitten (yan cepheden) manyetik alan. [10,11,49-77]

İnsan modelleri kesitlerinden indüklenen alan dağılımı. Manyetik alan yönüne ortogonaldır. (Şekil 4.5 a ve Şekil 4.5. b’de görüldüğü gibi)



Şekil 4.6. Model A’nın kalp merkezi kesitinde indüklenen elektrik alan vektör haritası [10,11,49-77]

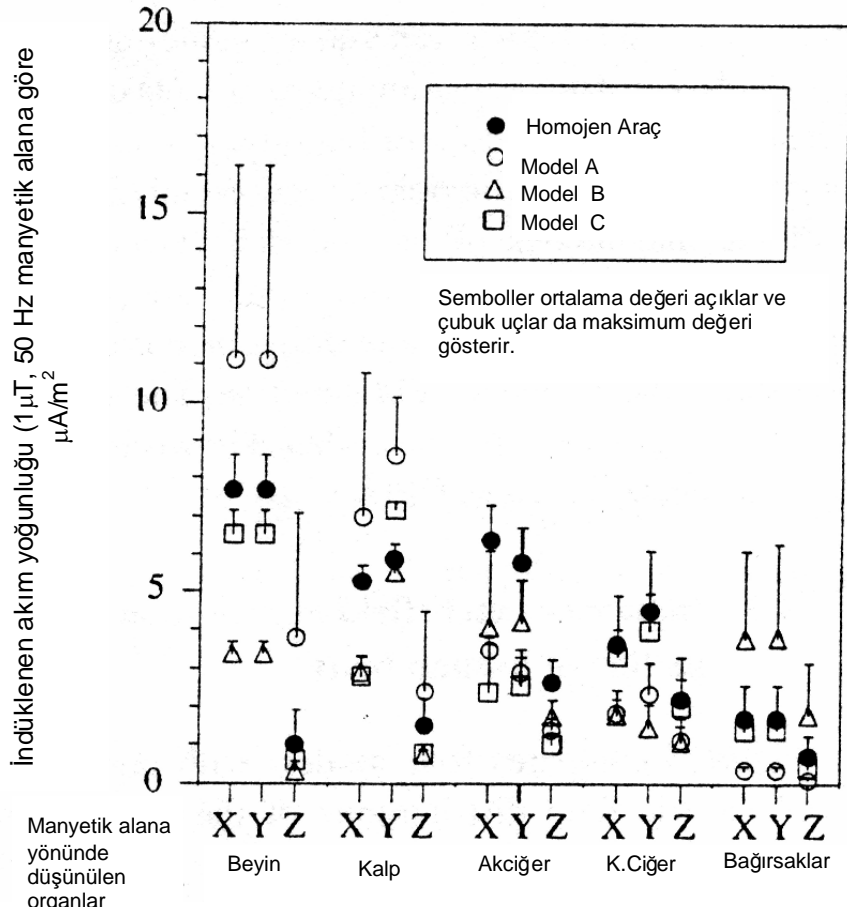
10 mm uzunluğundaki ok $8.5 \mu\text{V/m}$ şiddetindeki indüklenen elektrik alanı belirtir.

Şekil 4.6 manyetik alan yönü Z eksenine (dikey yön) iken kalp merkezinin ($Z=1250$ metre düzlemi) kesitindeki Model A indüklenmiş elektrik alanı vektörlerinin dağılımını göstermektedir. İndüklenmiş akım vektörü iletkenlikle çarpılmış indüklenmiş

elektrik alanı vektörüdür ve vektör yönleri aynıdır. Homojen aracı modelde indüklenmiş elektrik alan dağılımı ortak merkezlidir; bununla birlikte kalp ve her iki akciğerin keşiştiği A Modelinde ortak merkezli akım vektörü dağılımı bu organların çevresinde bozulur ve kalpte yoğunlaşmış parçalar görülür. Daha ötesi organ sınırı boyunca kesilen indüklenmiş elektrik alanı ve akım parçaları mevcut olduğundan, organ sınırındaki zarların elektriksel özellikleri dikkate alındığında, indüklenmiş akım dağılımının büyük ölçüde değişmesi muhtemeldir. Ek olarak bu çalışmada sadece manyetik alana yönelik kesit dikgende indüklenmiş elektrik alanı parçalarını dikkate aldık. Bununla birlikte kesit dikgende indüklenmiş elektrik akımı parçaları, özellikle organ sınırı yakınında, vardır. İndüklenmiş elektrik alanı sonuç değerine ilişkin büyüklüğün ortalaması yaklaşık yüzde beştir.

Modelden elde edilen farklı organlarda indüklenme büyüklüklerinin karşılaştırılması sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada her bir organ için indüklenmiş akım büyüklüklerini dikkate alarak ortalama değerler ile her bir organı taklit eden yumurta biçimli küresel (prolate spheroid) merkezinin eliptik kesitindeki (manyetik alan yönünde dikgen) ortalama ve maksimum değerleri karşılaştırıldı. Sonuçlar şekil 4.7’de gösterilmektedir. Modelde kullanılan her bir organın iletkenliğindeki farklılığa bağlı olarak her bir organ için indüklenmiş akım değerinde büyük farklılıklar görülmektedir. Örneğin iletkenliğin farklılığı her bir model için büyük olan beyinde büyük farklılık dikkat çekmiştir. Homojen aracı ile taklit edilmiş modelde her bir modelde hesaplanmış değerler arasında kabaca ara değer sonucu elde edilmiştir. Manyetik alan yönündeki farklılığa ilişkin X veya Y yönündeki manyetik alan sebebiyle oluşan indüklenmiş akım Z yönündeki manyetik alandan büyük olup, sonuç manyetik alana yönelik dikgen kesit alanının ölçüsünü yansıtmaktadır.



Şekil 4.7. Her organdaki indüklenen akım yoğunluğu [10,11,49-77].

4.5. EMA'nın Canlı Organizmalarına Etkisinin Matematiksel Modellerinin Geliştirilmesi

Günümüzde literatürde sunulan gerek tabaka, silindir, küre ve gerekse de yumurtası modeller vücudun bazı bölümlerini çok iyi temsil edebilmesine rağmen çeşitli maruziyet durumları için tamamen yeterli oldukları söylenemez. Daha realistik bir modelde insan vücudunun küblerle temsil edilerek genel insan vücudu modelinin oluşturulması vücudun düzensiz bölümlerini de incelemeye imkan verir. Fakat incelemeler gösteriyor ki, bütün bu modeller $f \leq 600$ MHz civarlarında iyi sonuçlar verdiği halde bu frekansın üstündeki değerlerde çok fazla bilgisayar hafızasına ihtiyaç duyulduğundan pratik değildirler. Bu nedenle, bizim kanaatimize göre EMA'nın canlı organizmalarına etkisinin genel teorisini oluşturabilmek için aşağıdaki bilimsel araştırma yönünün sağlanması gerekmektedir.

a) EMA'nın canlı organizmaların ayrı ayrı dokularına etkisinin değişimleri arasındaki fiziksel modellerin genel analitik bağıntılarının belirlenmesi:

b) İnsan vücudunun anatomik modelini oluşturan numerik yöntemlerde yerel değişimleri belirleyen bağıntılarının kullanılmasıyla, bilgisayar hafızasının yüklenmesini azaltmak ve modelin imkanlarını genişletmek mümkündür. Burada fizik ve termodinamik ve diğer anabilim dallarında yeterince incelenmiş ısı, kütle transferi, reolojik değişimler, enerji sakınımı, entalpi gibi kavramların da kullanılması gerekmektedir;

c) Bütün bu bağıntılar dikkate alınmakla Maxwell denklemlerinin genişletilmesiyle (manyetik hidrodinamik, plazma fiziği gibi) EMA'nın canlı dokulara etkilerinin genişletilmiş bilimsel teorik modelini oluşturmak mümkün olabilir;

Tez çalışmalarında araştırmacı olarak, problemin yukarıdaki incelemeler çerçevesinde, EMA'nın canlı dokulara etkisinin matematik modellenmesi açısından çok önem arz eden aşağıdaki problemlerin çözümlmesine çaba gösterilmiştir.

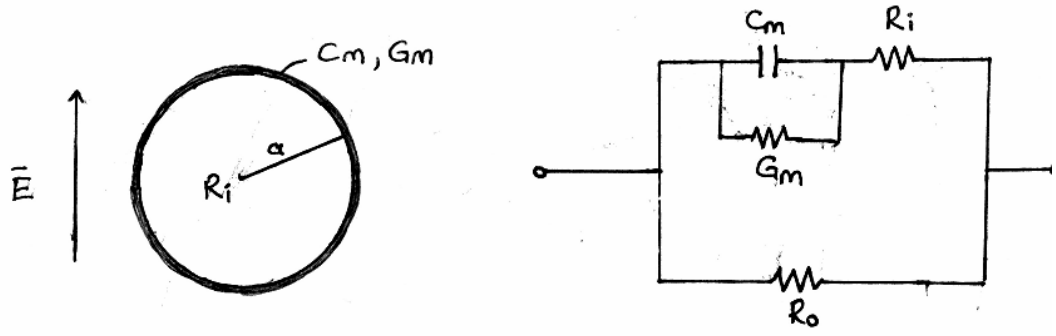
a) Deneysel verilere dayanarak, insan vücudundaki dokuların EMA'nın frekanslarına bağımlı olarak değişiminin analitik modelinin oluşturulması;

b) Çok düşük frekanslı EMA'nın insan vücudunda endüklediği girdap akımları doku membran katının etkisinin belirlenmesi;

c) Yüksek frekanslı EMA'nın biyolojik etkisinden kaynaklanan termal etkisinin modellenmesi.

4.6. İnsan Dokusunun Özdirencinin EMA'nın Frekansın Değişimine Bağıntısının Bir Analitik Modeli

Mikroskopik seviyede tüm dokular hücre ve hücre dışı sıvılardan oluşmuştur. Hücreler elektriksel bakımdan iki farklı elemandan oluşmuştur. Bunlar dışta yalıtkan özellikli membran ve içte hücre dışı sıvı gibi yüksek iletkenlikli sitoplazma ve çekirdektir. Membranın varlığından dolayı hücreler yalıtılmış oluyor ve 50 Hz'lik dış alanın doku içine indüklediği tüm akım hücreler arasında akar. Şekil 4.8 de doku özelliklerini elektriksel bakımdan yansıtan eşdeğer devre gösterilmiştir. Burada C_m membranın kapasitesi, R_i sitoplazma direnci G_m membranın geçirgenliği, R_o – hücreyi çevreleyen sıvının direncidir.

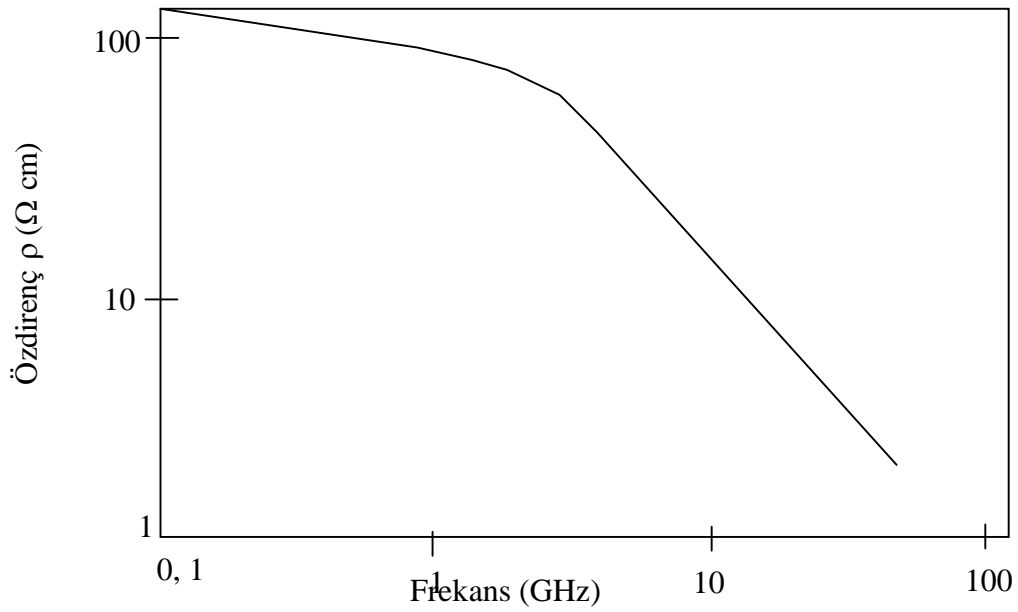


Şekil 4.8. Doku elemanlarının elektriksel açıdan eşdeğer devresi [49,77].

Biyolojik dokuların tüm membranlarında C_m kapasitesi hemen hemen 0.01 F/m^2 civarındadır. Çok düşük frekanslarda, membran empedansı çok düşük büyük frekanslarda, membran empedansı hücre özünden çok büyüktür. Bir dokunun R_o büyüklüğü dokudaki hücre dışı sıvının ayırd edilmesiyle bulunur. Kas, beyin ve bez dokuları gibi yüksek oranda su bulunduran dokularda R_o değeri düşük ve iletkenlik büyüktür. Deri ve yağ gibi yapısında düşük oranda su bulunduran dokularda ise R_o direnci yüksek, doku iletkenlikleri düşüktür.

Kas dokuları ve kalp, karaciğer, akciğer, böbrek gibi % 70 - % 80 yüksek oranda su ihtiva eden dokuların frekansın değişimiyle dielektrik davranışı ve iletkenliği değişir.

Bir çok deneysel sonuçlara dayanan ve insan dokusunun öz direncinin frekansla değişiminin prensip grafiği şekil 4.9 da gösterilmiştir [1,10,11,49-77]. Yüksek oranda su bulunduran dokuların öz dirençleri düşük frekanslarda çok az değişir. 1 GHz'i aşan frekanslarda ise hızlı değişim gösterir. Bu hızlı değişime, suyun iletkenliğinin yüksek frekanslarda çok kuvvetli değişim göstermesinden kaynaklanır.



Şekil 4.9. İnsan dokusunun öz direncinin frekans ile değişimi [49,77]

EMA'nın canlı organizmalardaki dokulara etkisinin ister numerik isterse de analitik incelenmesinde bu bağıntının fevkalade önemi vardır. Zira sonuçta, vücut'ta endüklenen e.m.k.'nın belirlenmesiyle girdap akımı veya oluşan ısı bu direnç ifadesine göre belirlenir. Her bir deneysel değere göre direncin seçilmesi etkin değildir. Bu nedenle $\rho(f)$ basit analitik ifadesinin elde edilmesi bu zorluğu aradan kaldırabilir.

Şekil 4.9'daki eğrinin genel şeklini ve deneysel bilgileri [1] dikkate almış olursak $\rho(f)$ bağıntısı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\rho = \rho_0 \exp \left[-\alpha \frac{f}{f_0} \right] \quad (4.53)$$

Burada ρ_0 - dokunun çok düşük ($f \rightarrow 0$) frekansındaki referans değeri, f_0 - EMA'nın transient frekansı (≈ 1 GHz), α - absorpsiyon kat sayısıdır. Bu parametre empirik bir büyüklüktür ve genelde dokunun yapısına, ortamın durumuna, dahası insanların bölgesen yerleşkesine, derisinin pigment yapısına ve diğerlerine bağlıdır. Doğal durumda bir Avrupa insanı için bir parametre $\alpha = 0.2 - 0.25$ civarlarındadır. Denklem 4.53 dikkate alındığında çok geniş bir aralıkta ($f = 0 \dots 100$ GHz) insan dokularının öz direncinin frekansla ilişkili olarak değişimi kolaylıkla değerlendirilebilir.

4.7. Düşük Frekanslı EMA'nın Endüklediği Akımlara Doku Membran Katının Etkisi

EMA'nın canlı organizmalara etkisinin numerik ve analitik hesaplamalarında esasen yağ, kas, kalp,. Akciğer, böbrek v.b. organlarda yerel noktalardaki endüklenen akımlar hesaplanır. Bu hesaplamalar esasen sanayi veya düşük frekanslarda yapılır. [55-56, 66 – 69]. Bütün bu hesaplamalarda hücreler arasındaki membran katı salt yalıtkan olarak varsayılmaktadır. Membranın yalıtkan kısmının kalınlığı 10 mm'den daha azdır. Bazı dokularda bu kalınlık en fazla birkaç mikrometreden fazla değildir. Tabii ki, böyle ince katların numerik analizi zorlaşır ve söz konusu çalışmalarda her bir doku ayrı ayrılıkta, izole edilmiş ve membran katı kalınlığının ihmal edilmesi durumunda yapılır. Fakat, ne kadar ince olmasına rağmen membran katları ideal bir yalıtkan değildirler ve bu membranlarda belli bir kaçak veya sınır akımları oluşmaktadır. Bu akımlar dokuların endüklediği akımlar arasında bir ilişki oluşturur. Öte yandan dokular arasındaki ince membran katı farklı elektromanyetik özelliklere sahip olan dokular arasında bir arayüzey katı oluşturmaktadırlar. Bu yüzeylere gelen elektromanyetik dalgalar bu yüzeylerde yansıma ve kırılma özelliklerine sahiptirler. Öte yandan dokuların elektromanyetik özellikleri EMA frekansına ilişkili olarak değişmektedir.

Bütün bu özellikler dikkate alındığında EMA'nın etkisiyle endüklenen akımların membran katlarındaki davranışlarının incelenmesi EMA'nın canlı organizmalara etkisinin genel teorisinin oluşturulabilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. Dahası, biyolojik objeler üzerinde EMA'nın etkisi incelendiğinde, membran katlarındaki önemli değişikliklerin olduğu da bazı araştırmacılar tarafından müşahade olunmuştur[66,67].

Küresel geometri çerçevesinde iki ortam arasında endüklenen akımın membran katındaki davranışına uçgen olarak [70] çok katlı sistemlerde de membran akımının değişimini belirlemek mümkündür. Bu amaçla 4 ortamlardan oluşturulmuş bir biyoloji sistem modelini ele alalım (Şekil 4.10). Biyolojik sistemler birbiriyle kaymalı merkezleri olan hava (o), gövde (1), membran (2) ve iç organ (veya ortam) (3) olan küresel bir sistem oluşturduğunu varsayalım.

$$S_1 \frac{\partial V_1}{\partial r} = S_2 \frac{\partial V_2}{\partial r} \quad r = a + S \quad (\text{akım yoğunluğunun sürekliliği})$$

$$V_2 = V_3 \quad r = a \quad (\text{potansiyelin sürekliliği})$$

$$S_2 \frac{\partial V_2}{\partial r} = S_3 \frac{\partial V_3}{\partial r} \quad r = 0 \quad (\text{akım yoğunluğunun sürekliliği})$$

$$E_{1n} = 0 \quad (\text{akım yoğunluğunun sürekliliği})$$

Ortamları arasındaki lineer

Bütün bu koşullar dikkate alındığında her bölgedeki potansiyellerin ifadelerini kolaylıkla elde ederiz. Bu ifadeleri ve dk. 4.55, dk. 4.54'de dikkate alındığında uygun ortamlarda endüklenen akım yoğunlukları aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$J_{1r} = S_1 \left(\frac{2\alpha}{r^3} - \beta \right) \sin\theta \cos\phi \quad (4.59)$$

$$J_{1\theta} = S_1 \left(\frac{\alpha}{r^3} + \beta \right) \cos\theta \cos\phi \quad (4.60)$$

$$J_{1\phi} = S_1 \left\{ \left(\frac{\alpha}{r^3} + \beta \right) \sin\phi - j \frac{\omega Bz}{2} r \sin\theta \right\} \quad (4.61)$$

$$J_{2\theta} = S_2 \left(\frac{2y}{r^3} + \xi \right) \sin\theta \cos\phi \quad (4.62)$$

$$J_{2\phi} = S_2 \left(\frac{2y}{r^3} - \xi \right) \cos\theta \cos\phi \quad (4.63)$$

$$J_{2\phi} = S_2 \left\{ \left(\frac{y}{r^3} + \xi \right) \sin\phi - j \frac{\omega Bz}{2} r \sin\theta \right\} \quad (4.64)$$

$$J_{3r} = -S_3 y \sin\theta \cos\phi \quad (4.65)$$

$$J_{3\theta} = -S_3 y \cos\theta \cos\phi \quad (4.66)$$

$$J_{3\phi} = -S_3 \left(y \sin\phi - j \frac{\omega Bz}{2} r \sin\theta \right) \quad (4.67)$$

Buradaki integral sabitlerinin değerleri ise;

$$\alpha = (a+\delta)^3 K_{11} K \quad (4.68)$$

$$\beta = K, K \quad (4.69)$$

$$\gamma = -3 S_1 (S_2 - S_3) a^3 (a+\delta)^3 k \quad (4.70)$$

$$\xi = -3 S_1 (2S_2 + S_3) (a + \delta)^3 k \quad (4.71)$$

$$y = -95, S_2 (a+\delta)^3 K \quad (4.72)$$

$$K = \frac{(b^2 - c^2)^{3/2}}{(b^2 - c^2)^{3/2} K_1 + 2(a + \delta)^3 K_{11}} \cdot j \frac{\omega B z}{2} \cdot C \quad (4.73)$$

$$K_1 = -2 (S_1 - S_2) (S_2 - S_3) a^3 - (2S_1 + S_2) (2S_2 + S_3) (a + S)^3 \quad (4.74)$$

$$K_{11} = (S_1 + 2S_2) (S_2 - S_3) a^3 + (S_1 - S_2) (2S_2 + S_3) (a + S)^3 \quad (4.75)$$

Bütün bu ifadelerin belirlenmesinde endüklenen manyetik alanın dış manyetik alan yoğunluğuna göre düşük olması nedeniyle

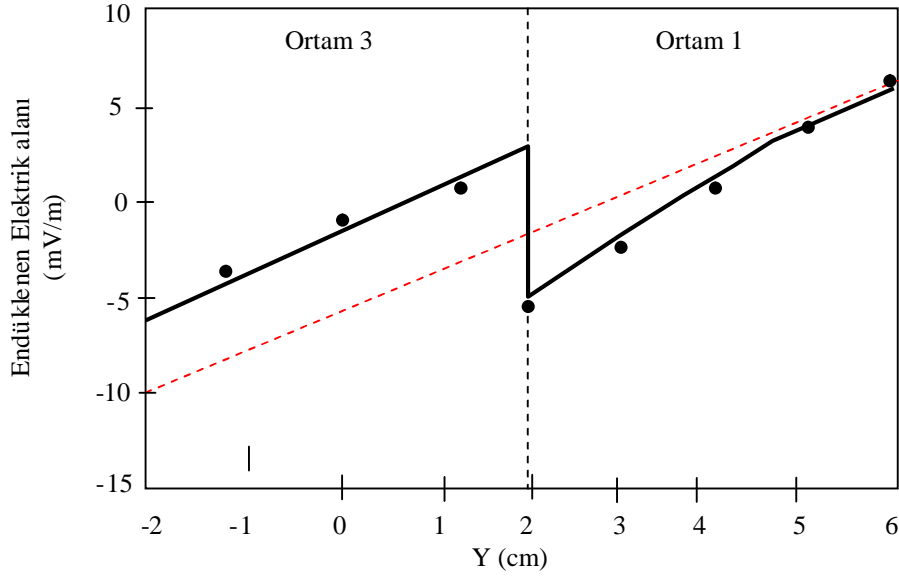
$$f\gamma\sigma <^2 \ll 1 \quad (4.76)$$

koşulu çerçevesinde geçerlidir[134]. Burada μ ve L uygun olarak dokunun manyetik geçirgenliği ve karakteristik boyutudur. Örneğin $f = 50$ Hz 10 S/m'e değiştiğini varsayalım. (1000 kez değişim) Biyolojik ortamın non manyetik olduğunu $\mu = \mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ ve biyolojik ortamın boyutunun yaklaşık olarak $L = 1\text{m}$ olduğunu varsaymış olursak Dk. (4.76)'ya göre ifadenin sol tarafı $6 \cdot 10^{-7}$ den $6 \cdot 10^{-4}$ 'e değişir. Görüldüğü gibi bütün durumlarda Dk. 4.76 şartı ödenmektedir. Başka bir deyişle $\sigma = 10$ S/m biyolojik ortamın iletimine göre frekansın birkaç kilo hertz civarında değiştiği durumda bile Dk. 4.76 koşulu sağlanır. Dolayısıyla da yukarıda elde edilen bütün analitik ifadeler de geçerli olur. başka bir deyişle, elde edilen sonuçlar EMA frekansının geniş bir aralığında (fakat kHz civarlarında) geçerlidir.

Şekil 4.11'de membran katının etkisi dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için endüklenen elektrik alan şiddetinin değişimi grafikleri gösterilmiştir. Şekilde bir durumda ortam membransız ($S_1 = S_2 = S_3 = \sigma + j \omega \epsilon$) $\sigma = 0.25$ S/m $\omega \epsilon = 3 \cdot 10^{-4}$ S/m ve membran bulunması durumundaki sonuçlar verilmiştir. Ortamların esas parametreleri Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Ortamların kompleks iletkenlikleri ve boyutları [135].

	Kompleks geçirgenlik		Boyutlar
	σ [S/m]	$\omega \epsilon$ [S/m]	
Ortam 3	0.25	$3 \cdot 10^{-4}$	$\alpha = 1.85$ cm
Ortam 2	$3.2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$\delta = 10$ nm
Ortam 1	0.25	$3 \cdot 10^{-4}$	$b = 4.35$ cm



Şekil 4.11. Endüklenen elektrik alanının değişimi [71].

— Teorik sonuçlar * Deneysel değerler --- Membransız durum

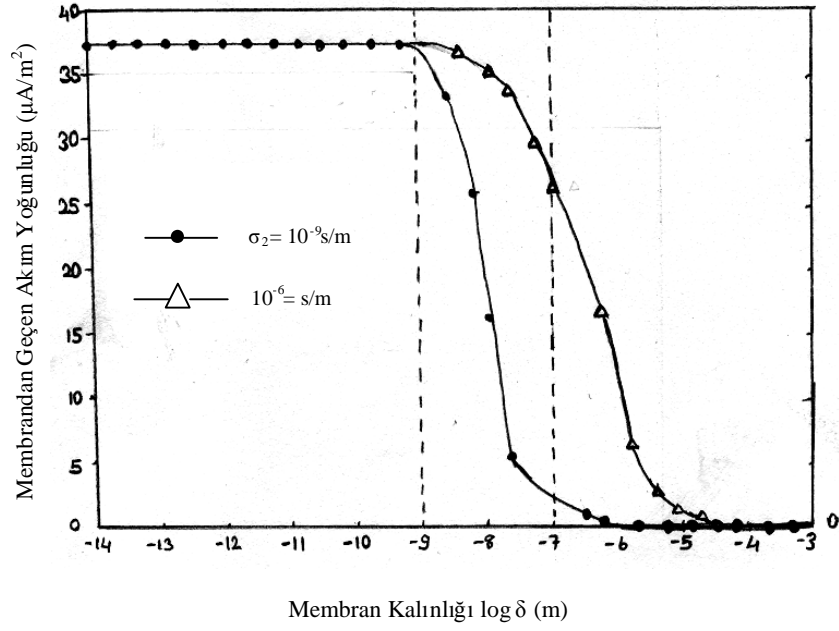
Şekilden görüldüğü gibi teorik hesaplamalardan elde edilen sonuçlar literatürde [71] sunulan bazı sonuçlarla iyi uyum içindedirler.

Membran katının etkisinin önemli olduğunu Şekil 4.11 den açık görüldüğünden membran katını geçen akım yoğunluğunu belirlenmesi de çok önemlidir. Membran katının çok ince olduğunu ($\alpha \gg \delta$) varsaymış olursak 1 ve 3 ortamların sınırında akım yoğunluğunun sürekliliğine göre,

$$J_{ir} \Big|_{r=a+\delta} = J_{3r} \Big|_{r=a} = 95, S_2 S_3 (a + \delta)^3 K \sin \theta \cos \phi \quad (4.77)$$

elde edebiliriz. Bu akım yoğunluğu membrandan geçen akımı temsil etmektedir.

Şekil 4.12’de membran katından geçen akımın membran katının kalınlığına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Membrandan geçen akım yoğunluğunun değişimi [49,77].

Şekilden görüldüğü gibi, $10^{-9} < \delta < 10^{-7}$ m, $10^{-9} < \sigma_2 < 10^{-6}$ S/m, $\omega\epsilon_2 = 3 \cdot 10^{-8}$ s/m membran katlarında, akım yoğunluğu membran parametrelerine bağlıdır ve çok düşüktür. Bu nedenle bu aralıklarda membran akımı ihmal edilebilir ve membran katının ayırdığı ortamları bir birinden bağımsız inceleyebiliriz. Öte yandan membran akımı bu membranın sınırladığı ortamların iletkenliğinin değerlerinden de bağımlıdır. Örneğin, eğer dokunun iletkenliği doku üzerindeki ortamın iletkenliğinden fazla olursa membran akımı hızla artar. Bu durumlarda membran akımının etkisini de hesaplamalarda dikkate almak gerekir.

4.8. Yüksek Frekanslı EMA'nın Etkilerinin Numerik Modellenmesi

Önceki bölümlerde elektromanyetik ışınımın iyonizasyon durumunda canlı organizmalara etkisinin somut sonuçlarının olduğunu söylemiştik. Fakat iyonizasyon olayının olmadığı veya çok düşük olduğu durumlarda da EMA ışınmalarının etkisi yüksek dozimetrik çitalarda olabilir. Örneğin, günümüzde yaygın olarak bir çok iletişim araçları, mobil telefonlar, telsizler ve telekomünikasyon antenleri böyle ışınma kaynakları olabilir. Bu tip kaynaklar gündelik yaşamda ve yerleşelerde o kadar fazlalaşmıştır ki, bu alanların canlı organizmalara etkisini biyoelektromanyetizmanın ayrıca bir araştırma alanı olarak incelenmesi gerekmektedir. Özellikle telsizler ve yerel

alan anten devreleri bu açıdan önemli araştırma örneği olur. Literatürde bazı telsizlerin veya portatif antenlerin endüklediği EMA'nın etkilerine ait bir çok değerli çalışmalar sunulmuştur[72,73]. Bu çalışmalar esasen basit telsiz modelleri, yarım ve çeyrek dalgaboyu dipoller için yapılmıştır. Modern telsiz sistemleri ise bir çok gelişmiş yapı ve dizaynla beraber yeni tip antenler de kullanılmaktadır. Bu yapılar elektromanyetik ışınmanın değişimine neden olur, fakat araçların performansını etkilememelidir. Öte yandan bu yapıların EMA radyasyonu ile termal etkileri de artar. Sonuçta bu yeni iletişim araçlarının mevcut standartlar ve güvenlik normları dışına çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle telsiz ve bazı telsiz antenleri tarafından endüklenen EMA termal etkilerin incelenmesi pratik açıdan çok önemlidir. Öte yandan bu etkiler mikroskopik yaklaşımdan değil genel biyo ısının veya entalpi dekleminde yararlanmakla makroskopik model olarak yapılmalıdır. Bu işlem aşağıdaki model üzere yapılabilir.

EMA'da elektrik alan şiddetinin değişimi aşağıdaki şekilde yazabiliriz:

$$E = E_0 (1 - e^{-t/T_0}) \sin(2\pi ft) \quad (4.78)$$

Telsiz antenlerindeki anten performansı ve SAR şu şekilde hesaplanabilir.

$$\alpha = (P_{in} - \int \tau / E^2 dv) / P_{in} \quad (4.79)$$

$$SAR = \frac{\sigma / E^2}{2g} \quad (4.80)$$

Biyotermal etkileri göz önüne alan denklem aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$K\nabla^2 T + g.SAR - B\nabla T = Cg \frac{\partial \Delta T}{\partial t} - K \frac{\partial \Delta T}{\partial t} / s = h\Delta T \quad (4.81)$$

Burada T – ısı dağılımı, k – termal iletkenlik, C – özgül ısınım, ρ - yoğunluk, B – kan akımı sabiti, h – konvektif (taşınım) ısı geçişi katsayısı, ΔT – ısı artışıdır.

Dk. 4.81'e göre metabolizma ve buna etkileyen güç ısı değişimini etkilemez.

Dk. 4.81 üç boyutlu FPTP modeline göre[140] kolaylıkla çözülebilir. Bu durumda Dk. 4.81'in diskret (farklı) yazılımı aşağıdaki gibi olur.

$$\begin{aligned} \Delta T_{i,j,k}^{n+1} = & \left(1 - \frac{B_{i,j,k} \Delta t}{C_{i,j,k} \rho_{i,j,k}} - \frac{6K_{i,j,k} \Delta t}{C_{i,j,k} \rho_{i,j,k} \Delta^2} \right) \Delta T_{i,j,k}^n \\ & + \frac{k_{i,j,k} \Delta t}{C_{i,j,k} \rho_{i,j,k} \Delta^2} \Delta T_{i+1,j,k}^n + \Delta T_{i,j+1,k}^n + \Delta T_{i,j,k+1}^n + \Delta T_{i-1,j,k}^n + \Delta T_{i,j-1,k}^n + \Delta T_{i,j,k-1}^n - 6\Delta T_{i,j,k}^n \\ & + \frac{\Delta t}{C_{i,j,k}} SAR_{i,j,k} \end{aligned} \quad (4.82)$$

Hesaplamlarda kararlılık koşulu olarak Neumann kararlılık kriterleri kullanılabilir. Bu durumda kararlılık koşulu aşağıdaki gibi olur.

$$\Delta t \leq \frac{2Cg\Delta^2}{12K + B\Delta^2} \cong \frac{Cg\Delta^2}{6K} \quad (4.83)$$

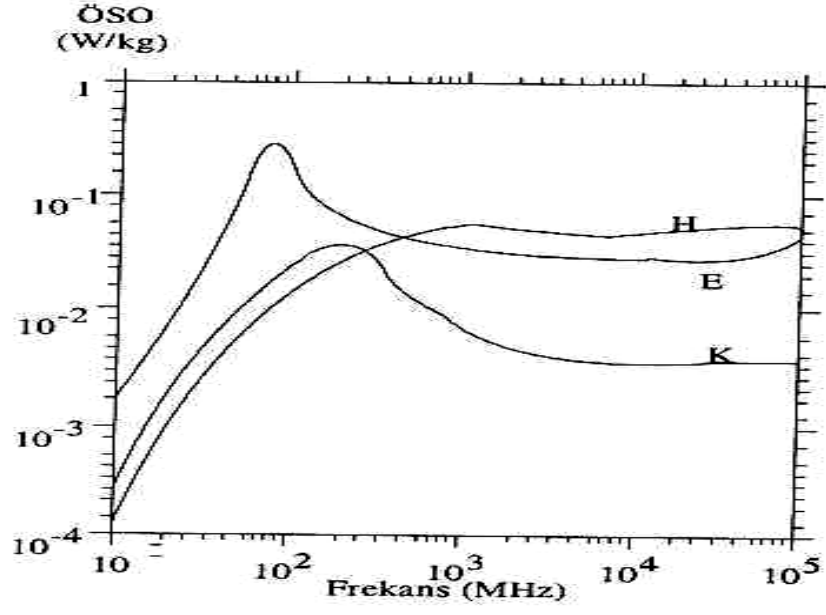
Sonuçta, zaman domenli sonlu fark (FDTD) yöntemi kullanıldığında bu algoritmanın 500000 model derecesi olur ve kararlaştırılmış termal değişimde 5 dakika sürede hesaplanabilir. Tablo 4.6, 4.7’de dikey (p) ve eğimli € çeşitli antenlerden oluşan ışımanın kgimal SAR değerleri ve insan vücut ve beyin bölgelerinde sıcaklığın maksimal artışının hesaplanmış değerleri verilmiştir. Bu tablolardan görüldüğü gibi hem 900 MHz hem de 1800 MHz frekanslarda vücut sıcaklığının 1°C değişimine uygun dağılımlar SAR değerleri ile yaklaşık olarak lineer orantılıdır. Genelde ise 1-g ortalamada SAR maksimum değeri 1.6 W/kg, 10-g ortalamada ise 2 W/kg civarlarında değerlendirilebilir.

Tablo 4.6. Çeşitli anten tipleri için (GSM 900) Maksimum SAR (w/kg) ve Verici Değerleri D-Dik E-Eğimli [49,77].

Anten Tipi	Maks. SAR	Max 1g Ort. SAR	Max 10 g ort. SAR	Anten Verimi %
Monopol	7.993	3.181	2.061	25,25
	4.596	2.925	2.072	30, 40
Helis	7.255	4.011	2.531	54.36
	5.771	3.477	2.315	62.21
PIFA	13.852	5.305	3.299	20.41
	6.078	3.902	2.430	29.57
Açık anten	7.819	4.7641	3.178	28.50
	8.622	5.0224	3.105	31.37

Tablo4.7. İnsan vücudunda ve beyin kısmında maksimum sıcaklık değişimi °C [49,77].

Anten Tipi	Maks. ΔT (900 MHz)	Max ΔT (1800 MHz)	Max Δ T Beyin (900 MHz)	Max ΔT Beyin (1800 MHz)
Monopol	0.355	0.158	0.177	0.0302
	0.562	0.102	0.331	0.0399
Helis	0.381	0.089	0.169	0.045
	0.360	0.061	0.178	0.033
PIFA	0.551	0.712	0.158	0.063
	0.416	0.571	0.139	0.058
Açık anten	0.541	0.109	0.24	0.079
	0.565	0.072	0.38	0.016



Şekil 4.13. 10 W/m^2 lik güç kaynağındaki düzlem dalgaya maruz kalan normal bir adamın (1.75m, 70 kg) küresel modelinde ortalama soğurulma oranı (ÖSO:SAR) [78].

4.9. Sonuçlar, Tartışma Ve Değerlendirmelerimiz

1. EMA'nın canlı organizmalara etkisinin hem numerik hem de analitik modellenmesini oluşturmak mümkündür. Her bir model sınırlı bir frekans bölgesinde başarılı bir czm vermesine rağmen ceşitli modellerden elde edilen ayrı ayrı czmler bir araya getirilerek elektro manyetik dozimetrimin önemli bir görünümünü elde etmek mümkündür.

2. Sunulan bütün numerik yöntemlerin etkin uygulanabilir olması için EMA'nın biyolojik dokulara etkisinin analitik modellerini oluşturmak gerekir. Dokuların zellikleri dikkate alındığında vücutta endüklenen akım dağılımının ve özdirencin değişiminin analitik ifadelerini elde edebiliriz.

3. EMA'nın etkisiyle endüklenen girdap akımların iç organlarda dağılımında dokular arasındaki membran katlarının etkisini de dikkate almak gerekir. Farklı kalınlıklarda ve frekanslarda ara membran katlarının etkisi ihmal edilebilir.

4. EMA'nın canlı dokular üzerindeki etkilerinin SAR değerlendirilmesini makroyapı olarak dokulara etkiyen parametrelerin ısı ve kütle dönüşümü modeline göre modellemek mümkündür. Bu durumda ısı ve kütle dengesi denklemlerin genel czm numerik elde edilebilir.

5. EMA'nın canlı organizmalarına etkisinin yerel bölgelerdeki değişimlerinin analitik ifadelerinden yararlanarak bu olayların genel makroskopik teorisini oluşturmak mümkündür. Bu amaçla Maxwell denklemlerini, ısı, kütle transferi, hidrodinamik ve reolojik ve diğer olayları ifade eden denklemlerle genişletmek veya modifikasyon yapmak gerekmektedir.

KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

- [1]. Şeker S., Çerezci O., Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi, 1991.
- [2]. Polk C. Ve Postow, E. Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields, CRC Pres, Inc. Florida, 1986.
- [3]. Gandhi OP, Lazzi G, Furse CM. Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz, IEEE Trans. Microwave Theory Teek. 44 (10): 1884-1897, 1996.
- [4]. Blank, M., Ed. Electricity and Magnetism in Biology and Medicine; San Francisco, 1993.
- [5]. Feychting M., Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. Am J. Epidemiol, 138; 467-481, 1993.
- [6]. Hürriyet Bilim, 2004 (alıntı makale New Scientist, May, 2004)
- [7]. Bolat M., İlkelerle Fizik, Ankara, 1993
- [8]. Çakır H., Kaya H., Fizik, Ankara, 1992
- [9]. Bayrakçı Ergun, H., Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Temelleri, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1996
- [10]. Bottauscio O, Conti R. Magnetically and electrically induced currents in human body models by ELF electromagnetic fields. Proc 10th Int. Symp on High Voltage Engineering, p 5-8, 1997 and Dawson TW, Caputa K, Stuchi MA. Influence of human model resolution on computed currents induced in organs by 60 Hz magnetic fields. Bioelectromagnetics 1997; 18:478-490
- [11]. Gandhi OP, Chen JY. Numerical dosimetry at powerline frequencies using anatomically based models. Bioelectromagnetics Suppl 1992 1:43-60.
- [12]. Abbasov T., Önal E., Elektromanyetik alanların (EMA) canlı biyomekanizmasına etkisinin değerlendirilmesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 2005
- [13]. Widgery, 2002; Whitehouse, 2001; Britt, 2001 (www.manyetikyatak.com)
- [14]. Lindner, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [15]. Paulines, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [16]. Widgery, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [17]. NBC, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [18]. Philpott, 2002 (www.manyetikyatak.com)

- [19]. Tatarin et al., 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [20]. SkyTürk TV, Nisan 2005
- [21]. NRPNSA, 1999 (www.manyetikyatak.com)
- [22]. Chandrasekaran, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [23]. Blackman ve Friedman, 2002 (www.manyetikyatak.com)
- [24]. Shimodaira ,2002 (www.manyetikyatak.com)
- [25]. Arch. Gec - Psychiatry. 1999; 56:300-311
- [26]. Şeker S.,Çerezci O., Radyasyon Kuşatması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2000.
- [27]. www.niehs.nih.gov, EMF project (EMF Rapid)
- [28]. Önen S. “Radyasyon Biyofiziği”, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayını, 1993.
- [29]. Güleç M., “Radyodiyagnostik Fiziği”, Erciyes Üniversitesi, 1995.
- [30]. Şeker S., Çerezci O., “Çevremizdeki Radyasyon ve Koruma Yöntemleri”, Boğaziçi Üniversitesi Yayını, Yayın No: 607, 1997.
- [31]. Lacy, E.A., “The Handbook of Electronic Safety Procedures”, TAB Books Inc, ABD, 1982.
- [32]. Şeker, S., Çerezci, O., Elektromagnetik Dalgalar ve Mühendislik uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi Yayını, Yayın No: 548, 1994.
- [33]. Carstensen E.L., “Biological Effects of Transmission Line Fields”, Elsevier, 1987.
- [34]. Michel, A., Gutzeit, H.O., Electromagnetic fields in combination with elevated temperatures affect embryogenesis of Drosophila, Biochemical and Biophysical Research Communications, 265:73-78, 1999.
- [35]. Delgado, J.M.R., Biological effects of extremely low frequency electromagnetic field, J. of Bioelectricity, 4(1):75-91, 1985.
- [36]. McCann, J. et al., A critical review of the genotoxic potential of electric and magnetic fields, Mutation Research, 297:61-95, 1993.
- [37]. Marec, F., Ondráček, J., Brunnhofer, V., The effect of repeated microwave irradiation on the frequency of sex-linked recessive lethal mutations in Drosophila melanogaster, Mutation Research, 157:163-167, 1985.
- [38]. Sienkiewicz, Z.J. et al, Low-Level exposure to pulsed 900 MHz microwave radiation does not cause deficits in the performance of spatial learning task in mice, Bioelectromagnetics, 21:151-158, 2000.

- [39]. Schirmacher, A. et al., Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the Blood-Brain Barrier in vitro, *Bioelectromagnetics*, 21:338-345, 2000.
- [40]. Hamnerius, Y., Rasmuson, Å., Rasmuson, B., Biological effects of High-Frequency electromagnetic field on *Salmonella typhimurium* and *Drosophila melanogaster*, *Bioelectromagnetics*, 6:405-414, 1985
- [41]. Yarman T., “Nükleer Zorunlu Değil”, *Milliyet Gazetesi*, 07.09.1999
- [42]. Nair, I., Morgan, M., Florig, H.K., “Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields”, Corneige Mellon University Pub., 1989
- [43]. De Matteo, B., “Terminal Shock: The Health Hazards of Video Display Terminals”, NC Pres Limited Toronto 1986
- [44]. IEEE, “Standart Recommended Practice For The Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields”, IEEE C95.3-1991, IEEE New York, USA
- [45]. www.bemi.se/founder/clips/cellularSAR.html
- [46]. www.niehs.nih.gov, TEİAŞ Çevre Kitapçığı, 2002
- [47]. “İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması Düşük Frekanslar (0 Hz-10 kHz)” Türk Standardı, TSENV 50116-1/ Nisan 1996
- [48]. “İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması Düşük Frekanslar (10 kHz-300 GHz)” Türk Standardı, TSENV 50116-2/ Nisan 1996
- [49]. Amemiya Y., On the Logic of a Swedish (Karolinska Institute) Paper and of Analysis of the Pooled Data of There Nordic Epidomologic Studies Related to Cancer and the Magnetic Fields of Power Lines, *Electrical Engineering in Japan*, Vol.134, No.3, 2001.
- [50]. Amemiya, Y., A. Comment on a Swedish (Karolinska Institute) Paper of Epidemiology Related to Cancer and Magnetic Fields of Power Lines., *Elektrikal Engineering in Japan* Vol.129, No4, 1999, 39-44, 53-58.
- [51]. Ronger E.V. et al., Mobile Phones and Children: Is Preention Warranted? *Bioelectromagnetics* Vol.25, 2004, 142-144.
- [52]. Polk C. Biological Effects of Low – Level Low – Frequency Electric and Magnetic Fields. *IEEE Transactions on Educat.*, Vol.34, No3, 1991, 243-249.
- [53]. Adey, W.R, Biological Effects of Electromagnetic Fields, *J.Cell, Bioekem*, Vol. 51, 1993, 410-416.
- [54]. Blank M., Ed. *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*: San Francisco Pres: San Francisco, 1993.

- [55]. Gaundhi OP, Chen JY, Numerical dozimetry at powerline frequencies using anatomically based models. Bioelektromagnetics suppl. Vol 1, 1992, 43-60.
- [56]. Hayashi N., Isakak., Tarao H. and Yakoi Numerical Calculation of Induced Electric Field and Currents on Simple Models of Multimedias Biological Systems Using the Impedance Method. Proc. Gt International Leynup. High Voltage Engineering, Graz, Austria, 1995.
- [57]. Dawson TW, Caputa K, Stuchl MA, Influence of Human Model Resolution on Computed Currents Induced in Organs by 60 Hz magnetic Fields. Bioelectromagnetics, Vol.18, 1997, 478-490.
- [58]. Bottausaio O, Conti R. Magnetically and Electrically Induced Currents in Human Body Models by ELF Electromagnetic Fields., Proc. 10th Int an High Voltage Engineering, 1997, 5-8.
- [59]. Bunki V.N. Theoretical Concepts in Magnetobiology Electro-and Magnetobiology, 20 © 43-58, 2001.
- [60]. Mouchawar G.A., Nyemhuis J.A., et all. Magnetic Simulation of Excitable Tissue: Calculation of Induced Eddy-Currents With a Three – Dimensional Finite Model. IEEE Trans Magn., 29 (6), 3355-3357, 1993.
- [61]. Wang W., Eisenberg S.R., A Three – dimensionless finite element method for computing magnetically induced currents in tissues. IEEE Trans. Magn. 30 (6), 5015-5023, 1994.
- [62]. Dawson T.W., Caputa K.; Stuchly M.A. Organ Dozimetry for Human Exposure to Nonuniform 60 Hz Magnetic Field, IEEE Trans, Power Del, 14 (4) 1234-1239, 1999.
- [63]. Scoretti R., Burais N., Fabregue O, Nicolas A, Nicolas L, Computation of The Induced Current Density Into the Human Body due to Relative LF Magnetic Field Generated by Relastic Devices. IEEE Trans, Magn, 40 (2), 643-646, 2004.
- [64]. Scoretti R., Burais N, Nicolas L., Nicolas A. Modeling of Induced Current Into the Human Body by Low – Frequency Magnetic Field From Experimental Data IEEE Trans. Magn. 41(5) 1992-1995, 2005.
- [65]. Yamazaki K., Kawamoto T., Fujinami H., Shigemitsu T. Investigation of ELF Magnetically Induced Current Inside the Human Body: Development of Tools and Effect of Organ Conductivity, Electrical Engineering in Japan, 134(2), 1-10, 2001.
- [66]. Miller DL. Miniature – probe measurements of Electric Fields Induced by 60 Hz magnetic Field in Rats. Bioelektromagnetics, 17, 167-173, 1996.

- [67]. Miller DL. Electric Field Induced in Chicken eggs By 60 Hz Magnetic Fields and The Dosimetrik Importance of Biological Membrane, *Bioelectromagnetics*, 12, 349-360, 1991.
- [68]. Weaver J.C. Astumian R.D. The Responce of Living Cells to Very Weak Elektrik Fields: The ternal Noise Limit, *Science*, 247, 459-462, 1990.
- [69]. Barners F.S. Some Engineering Models for Interactions of Elektrik and Magnetic Fields With Biological systems. *Bioelectromagnetics Suppl.1*, 67-85, 1992.
- [70]. Havashi (Hayashi) T.I., Analysis of Induced Current Distribution Characteristics in 2-Medium Eccentrik Spherical biyological Model in an ELF Magnetic Field, *Traus IEE Japan*, 118-A, 475-482, 1998.
- [71]. Misakian M., Sheppard A.R., Krause D. Et all Biological, Physical, and Electrical Parameters for In Vitro Studies With ELF Magnetic fieldsB: Aprimer, *bioelectromagnetics Suppol 2*, 1-3, 1993.
- [72]. Lazzi G., Pattnaik S.S., Furse C.M., Gandhi O.P. Cmparison of FDTD Computed and Measured Radiaton Patterns of Commercial Mobile Telephones in Presence of The Human HHead, *IEEE Trans, Antennas Propagat*, 46, 943-944, 1998.
- [73]. Bernardi P, Cavagnaro M., Pisa S., PiuZZi E. SAR Distribution and Temperature Increase in an Anatomical Model Of The Human Eye Exposed to the Field Radiated by the User Antenna in a Wireless LAN, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 46, 2074-2082, 1998.
- [74]. Mejer K., Homback V., Kastle R., Tay R.Y-S., Kaster N.The Dependence of Electromagnetic Energy Absorption Upon Human – Head Modeling at 1800 MHz, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, 45, 2058-2062, 1997.
- [75]. Wang J., Fujiware O. FDTD Compatation of Temperature Rise in the Human Head for Portable Telephones. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, 47, 1528-1534, 1999.
- [76]. Bernardi P., Cavagnaro M., Pisa S., PiuZZi E., Specific Absorpstion Rate and Temperature Incereases in the Head of Cellular – Phone User. *IEEE Trans., Microwave Theory Tech*, 48, 1118-1126, 2000.
- [77]. Taflove A., Ed. *Advances in Computational Electrodynamics, The Finite – Diference Time – Domain Method*, Norwood, M.A., Artech, 1998.
- [78]. Michael. I., “Nonionizing Radiation Protection” , WHO Pub. No.25, 1989.
- [79]. Akupunktur ve Manyetik Alan, 2002. <http://www.uygur-akupunktur.com/manyetikalan.htm>

- [80]. Allan D.W., 2000. Planetary Alignment and Manyetic Field Interaction, http://www.allanstime.com/UnifiedFieldTheory/Planets_Alignment/
- [81]. Arthur Widgery, 2000. Balance, <http://www.health-doc.com/healtharticles/bfbalance.html>
- [82]. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 1999. Power line electromanyetic fields and human health, <http://www.ortho.lsumc.edu/Faculty/Marino/Powerline/PowerlineTOC.html>
- [83]. Baldwin D. and Baldwin K., 2002. Health Wise Systems, <http://www.moosepages.com/hws/facts.html>
- [84]. Bilişim Toplumuna Giderken EM Kirlilik Etkileri Sempozyumu, Bilişim Derneği Kitapçığı, Gazi Üniversitesi, Ankara, 11 Kasım 1999
- [85]. Biological effects of continuous exposure of embryos and young chickens to electromagnetic fields emitted by video display units. Youbicier-Simo BJ, Boudard F., Cabaner C., Bastide M.
- [86]. Bioelectromagnetics 1997 18:7 514-23
- [87]. Blackman C. and Friedman H., 2002. <http://www.xtrememattresspads.com/articles.html>
- [88]. Bolat Mehmet, İlkelerle Fizik 2 – 3 , Ankara 1991. Fiziğin Temelleri ODTÜ, 1991.
- [89]. Borodiouk O.O., Smerdov A.A., and Tatarin V.Ya., 2002. Correlation Analysis between Earth manyetic field and Multiple Sclerosis prevalence, <http://www.link.lviv.ua/~vasya/MSfactor.html>
- [90]. Britt R.R., 1999. Tracking Earth's Mysterious Manyetic Field, <http://www.lightnet.co.uk/informer/earth/19991028.htm>
- [91]. Cameron I.W., Hardman W.E., Winters W.D., Zimmerman S., Zimmerman A.M.: Enviromental Magnetic Fields: Influences on Early Embryogenesis, J.Cell. Biochem. 51:417-425,(1993)
- [92]. Chandrasekaran S., 1998. <http://www.chemnmr.colorado.edu/ammrl/archives/September-98/0025.html>
- [93]. CNN, 2001. Sun flips manyetic field, <http://www.cnn.com/2001/TECH/space/02/16/sun.flips/>
- [94]. Comet Biomanyetics, 2001. Manyetic Energy, http://www.cometcorp.com/manyetic_therapy.htm
- [95]. EMF Health Report (Vol. 3, No. 1, 1995)'da

- [96]. F. Akleman – L. Sevgi, "FDTD Analysis of Human Head – Mobile Phone Interaction in Terms of Specific Absorption Rate (SAR) Calculations and Antenna Design", Proc. of IEEE-APS, Conference on Antennas & Propagation for Wireless Comm., pp.85-88, Waltham, MA, USA 1998
- [97]. Harris R., 2002. Goin' South, Part 3, [http:// www.qi-whiz.com/sou3-1.html](http://www.qi-whiz.com/sou3-1.html)
- [98]. Herbs Delivered, 2000. Manyetism in the Body Aralık 2002'de www.herbsdelivered.com/maginfo/body.html
- [99]. <http://www.bmts.com/~healthenviro/>
- [100]. <http://www.infinitywater.co.nz/html/tech.htm>
- [101]. <http://www.paulines.net/manyet/v>
- [102]. ICNIRP "Guidelines fro Limiting Exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)", Health Physics, 74, 4494-522, 1998
- [103]. IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones) Raporu, "Mobile Phones and Health", (bkz. <http://www.iegmp.org.uk>)
- [104]. İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı , Doç. Dr. M. Tunaya KALKAN; İyonize Etmeyen Elektromanyetik Alanlar ve Biyolojik Etkileri (Elektrosmog)
- [105]. İnsanların elektromagnetik alanlara maruz kalması –Düşük frekanslar (10-10kHz) Türk Standarsı, TS ENV 50116-1 Nisan 1996
- [106]. İnsanların elektromagnetik alanlara maruz kalması –Yüksek frekanslar (10kHz-300GHz)Türk Standardı, TS ENV 50116 – 2 Nisan 1996
- [107]. Kalkan, T., 2002. www.ntvmsnbc.com/news/47601.asp?cp1=1
- [108]. Kansas Midwest Araştırma enstitüsü C.Graham , Bilim ve Teknik dergisi Ağustos 1998
- [109]. Karaoğlu, B., 1996. Grifiths elektromagnetik Teori, Arte reklamcılık ve Tanıtım, 404 s.
- [110]. Kaynak Dharma Ansiklopedi
- [111]. Kenan Keskin Aralık 2002' www.sufizmveinsan.com/fizik/elektro.html
- [112]. Komor C.R., 2002. Megnetic Field Therapy, Direct current-Nonionizing, Nonthermal, Extremely Low-Frequency, <http://www.mindbodyconsult.com/protocols/nintelf.html>
- [113]. L. Sevgi, "EM Kirlilik, Cep Telefonları ve Baz İstasyonları", EMO İstanbul Şube Bülteni, sf.21,26, Haziran-Temmuz 2000
- [114]. Lindner G.M., 2002. www.todaystr.com/health19.htm, Ph.D.

- [115]. M. Orhan Ozyalcin & L. Sevgi, "Comparisons of FDTD and TLM methods in Shielding effectiveness analysis", Proc. of IEEE CEFC'98 the Eight Biennial IEEE Conference on Electromagnetic field Computation, June 1-3, 1998, Tuscon, Arizona, USA
- [116]. McLean K.S., 2000. Biomanyetic therapy-an incredible healing power, <http://www.biomanyetictherapy.net>
- [117]. McLean, S., 2000. The International Geomanyetic Reference Field: A "Health" Warning, <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/wg8/igrfhw.html>
- [118]. Melatonin and adrenocorticotrophic hormone levels in video display unit workers during work and leisure. Arnetz BB, Berg M.J. Occup Environ Med. 1996 Nov. 38 : 11 1108-10
- [119]. Moulder J.E., 2002. Static Electric and Manyetic Fields and Human Health, <http://www.mcw.edu/gerc/cop/static-fields-cancer-FAQ/toc.html>
- [120]. Natural Health Center, 1998. Manyet therapy, reflexology, acupressure and reiki energy healing, <http://www.pattayacity.com/pattaya/manyetic.html>
- [121]. NBC, 1999. Manyetics for health, www.magoman.com/info.htm
- [122]. Nyvatex, 2000. The Difference Between Manyets and The Nyvatex Health-Mat™, <http://www.nyvatexoil.com/subpages/nomanyets.html>
- [123]. Om.P.Gandhi, Biological effects and medical application of electromagnetik energy, Prentice Hall Pub. New, 1990
- [124]. Ökten A., 2000. Güneşin Manyetizmasına Genel Bir Bakış <http://www.istanbul.edu.tr/fen/astronomy/populer/gunesmanyetizma/giris.htm>
- [125]. Paper Collections of China XUAR, 1999. Overseas Scholars on Science and Technology.
- [126]. Parkinson W.D., 1983. Introduction to geomanyetism. Scottish Academic Press, Edinburgh and London.
- [127]. Pawluk, W., 1999. Miracle of Manyetics, <http://www.all-natural.com/manyetic.html>
- [128]. Philpott W., 2000. Sleep your way to youth, <http://www.healthymanyets.com/cgi-local/SoftCart.exe/dr.htm?E+scstore>
- [129]. Sevgi, L., 2000, EM Kirlilik, Cep Telefonları ve Baz İstasyonları, EMO İstanbul Şube Bülteni Haziran.
- [130]. Shimodaira, 2002. Clinical Test Results, <http://www.nutriteam.com/articles.html>

- [131]. Southern California Edison, 2000. SCE and Electric & Manyetic Fields, http://www.sce.com/sc3/003_safety_first/emf_qa.htm
- [132]. Ş.S.Şeker,O. Çerezci “Radyasyon Kuşatması Elektriğin ve Nükleer enerjinin sağlığımıza etkileri Ş.Selim Şeker , O.Çerezci “Çevremizdeki radyasyon ve korunma yöntemleri” Boğaziçi Üniversitesi yayınları, 1997
- [133]. TC. Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü Genelgesi, (Sayı:B.19.0.ÇKÖ.0.02.00.03), 11 Mayıs 2000
- [134]. TEAŞ, Çevre Dairesi Başkanlığı, Elektriğin Kullanımından Kaynaklanan Elektromanyetik Alanlar Kitapçık 1., Elektriğin İletiminden Kaynaklanan Elektromanyetik Alanlar Kitapçık 2., www.teas.gov.tr
- [135]. Terciyanlı, A., Elektromanyetik Kirlilik ve GSM, Biltek Aralık 2000
- [136]. Türk Standardı TS ENV 50166-2/ Nisan 1996 ICS 19.020 ; İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruzkalması yüksek frekanslar
- [137]. TÜZÜNER S., 2002. ÇED, www.teas.gov.trden
- [138]. Ulaştırma Bakanlığı GSM Baz istasyonları Kuruluş, ölçü ve denetlenme Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı 24130, 4 Ağustos 2000
- [139]. Using manyets for health, 2002.
http://www.jaredstory.com/manyetic_science.html
- [140]. Vatandaş Aydoğan, Agharta Elektromanyetik Savaş Başladı, İstanbul 2002.
- [141]. Vigay P, 2002. <http://www.cropcirclesresearch.com/cgi-bin/CCR.cgi?a-guk00co>
- [142]. Whitehouse, D., 2002. <http://www.news.bbc.co.uk/1/low/sci/tech/1196652.htm>
- [143]. William H., Philpott, M.D., 1993. Atkin's Health Revelations, <http://www.mineralconnection.com/mag4.htm>
- [144]. www.bemi.se/founder/clips/cellularSAR.html
- [145]. www.hurriyetim.com.tr/haber/0,,sid~270@nvid~176129,00.asp
- [146]. www.kalbinesesi.com/konu/atmosfer.htm
- [147]. www.koeri.boun.edu.tr/jeoman/jeomanyetizma.htm
- [148]. www.ntvmsnbc.com/news/129218.asp Londra α
- [149]. www.niehs.nih.gov/.../html/Q&A-Workplace.html
- [150]. www.tutev.org.tr/elektronik/teknosorun.html
- [151]. Zafer, E., 2002. www.geocities.com/zafererel/doga/karabilim.htm
- [152]. IRPA/INIRC 1990x
- [153]. TS ENV 50166 – 1 Nisan 1996 / İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması – Düşük Frekanslar (0Hz-10kHz)

- [154]. International Radiation Protection Association-International Nonionizing Radiation Committee - IRPA/INIRC
- [155]. United Nations Environment Programme – UNEP
- [156]. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP EMF Guidelines
- [157]. ICNIRP Statement: Use of the ICNIRP EMF Guidelines. 31.03.1999 – www.icnirp.de/use.htm
- [158]. CEI ENV 50166-1 Normu

EKLER

1. MALATYA, SİVAS VE ŞANLIURFA İLLERİNDEN KATILIMLARLA EMA KONUSUNDA YAPTIĞIMIZ 1000 KİŞİLİK ANKET ÇALIŞMASI VE BU ANKET ÇALIŞMASINDAN DERLEDİĞİMİZ BİLGİLERİN 9.ULUSLARARASI İLERİ TEKNOLOJİLER SEMPOZYUMUNDA (KONYA SELÇUK ÜNİVERSİTESİNDE) YAYINLANAN MAKALEMİZ.

2. ELDAŞ A.Ş.'NİN ANKARA'DAKİ EMA ÖLÇÜM LABARATUARINDA YAPTIĞIMIZ BAZI ELEKTRİKLİ CİHAZLARIN BU KONUDAKİ STANDARTLARA UYGUN OLUP OLMADIĞI İLE İLGİLİ ÖLÇÜMLERİ.

3. TÜRKİYE VE DÜNYADAKİ BAZI ÜLKELERİN EMA KONUSUNDAKİ STANDARTLARI.

4. İLGİLİ KURUMLARDAN ALDIĞIMIZ DİĞER SONUÇLAR İLE EMA KONUSUNDA ÜLKEMİZDEKİ YASAL DÜZENLEMELERİ İÇEREN CD



4rd International Advanced Technologies Symposium
September 28–30, 2005 Konya / Türkiye



ELEKTROMANYETİK ALANLARIN (EMA) CANLI BİYOMEKANİZMASINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ercan ÖNAL, Teymuraz ABBASOV

İnönü Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü,

E-mail: ercanonal@yahoo.com

İnönü Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,

E-mail: tabbasov@inonu.edu.tr

ÖZET

20.YY'm başlarından bu yana hızla gelişen elektrik (kuvvetli akım) ve elektronik (zayıf akım) teknolojilerinin kullanılmasyla birlikte yeni bir kavram olan elektromanyetik alan (EMA) ortaya çıkmıştır. Makalede EMA'ların canlı organizmalarına etkilerinin kısa değerlendirilmesiyle problemin çeşitli çalışma yerlerindeki durumu ele alınmıştır. Bir çok ev, mutfak, çalışma yerleşimlerinde kullanılan elektrik aletlerinin, iletişim ve haberleşme araçlarının oluşturduğu EMA'nın muhtemel etkilerinin değerlendirilmesine çalışılmıştır. Genelde Malatya il bölgesi olmak üzere Sivas ve Urfa illerini de kapsayan bir çok kamu ve kuruluşlarda EMA'nın etkisi olasılığı anket sorgulaması yöntemiyle incelenmiştir. Çok kullanımlı evde veya iş yerlerindeki çalışma araç ve gereçlerinin (röle, enerji kaynağı, elektrik süpürgesi, cep telefonu, bilgisayar monitörü) oluşturduğu EMA ölçülerek SAR özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak bazı tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik Alan (EMA), elektrik araçları, iletişim, haberleşme sistemleri smog, elektrosmog.

GİRİŞ

Serbest uzayda atom altı parçacıkların etkileşimi ve fotonların kuant paketçikleri şeklinde belli bir enerji ve frekansa sahip dalga biçimine **elektromanyetik dalga**, bu dalgaların oluşturduğu alana **elektromanyetik alan** (EMA) denir. Tüm ışınlar ve bildiğimiz ışıktaki böyle bir elektromanyetik dalga olup, birbirine dik olarak seyahat eden elektrik ve manyetik alan vektörlerinin vektörel çarpımı (ExB) yönünde ve sağ el kuralına göre, z eksenine doğrultusundadır. O halde eğer bir yerde foton hareketlerinden kaynaklanan bir ışımadan bahsedilecekse aynı zamanda orada oluşan bir EMA'nın varlığından da bahsetmek gerekecektir. Günümüzde dünyanın doğal EMA'sı kozmik ışınlardan kaynaklanan EMA ve hepsinden önemlisi çevremizdeki elektrik-elektronik teknolojinin kullanımdan kaynaklanan EMA'lar mevcuttur. İşte asıl soruda bu EMA'ların canlı organizmalara etkisinin neler olduğudur. Dünyanın çekirdeğinden ve ağır elementlerinden kaynaklanan mevcut doğal EMA'nın canlılara faydası olduğu uzaya giden astronotların dünyaya döndüğünde bazı

hastalıkların meydana gelmesinden anlaşılmıştır^[1]. Daha sonra manyetoterapi denilen manyetik alan tedavisi geliştirilmiştir. Japonya'da bir üniversite 11.648 kişi üzerine yapılan manyetik tedavinin (%43 erkek) %92 başarı gösterdiği görülmüştür [2]. Dünyamızın, sıvı haldeki metal çekirdeğinin hareketinden kaynaklanan doğal bir değişken (AC) manyetik alanı vardır. Bu manyetik alanın şiddeti 30-100 µG'tur (Dünyanın bir de yaklaşık 0,5 Gauss'luk DC manyetik alanı vardır). İnsan bedeninde de değişik manyetik alanlar bulunur. Örneğin 0,1-20 Hz arasındaki beyin dalgaları 10⁻⁸ G'luk (bir gaussun, yüz milyonda biri) bir manyetik alan oluşturur. Zedeli kalp kası 3x10⁻⁷ G, kan kasları 10⁻⁶ G, akciğerler 3x10⁻⁵ G, gözler 10⁻⁷ G'luk manyetik alan oluştururlar. Görüldüğü gibi insan bedenindeki doğal manyetik alanlar 10⁻⁹-10⁻⁶ G arasında değişirken dünyanın AC manyetik alanı da 10⁻⁵ G düzeyindedir. [3] Ancak dünyanın doğal EMA dengesindeki harmoni günümüzde elektrik (kuvvetli akım)-elektronik (zayıf akım) teknolojinin gelişmesiyle değişmiştir. Dolayısıyla, EMA'ların canlı organizmalara etkisinin somut kanıtları çok sayılı deneyler ve analizler sonucu kesinleşmek aşamasına gelmiştir. Şu anda EMA'ların canlı dokuları ve biyolojik sistemlere etkisinin temel mekanizmaları, teorik modellerinin yapılması ve etkin güvenlik standartlarının oluşturulması ön plana çıkmaktadır.

Bu bildiride EMA'ların canlı organizmalarına etkilerine ait bazı yeni çalışmaların sonuçlarının sunulmuş, Malatya, Sivas ve Urfa illeri merkez ve kırsal bölgelerde yerleşmiş yaşayış yerleşimlerinde, sağlık merkezlerinde ve kamu kuruluşlarında bulunan insanların EMA'nın etkisine ait bilgi ve bulguları değerlendirilmiş, çok fazla kullanılan bazı elektrik cihazlarının endüklediği EMA'lar belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar güvenlik standartlarıyla kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

1-EMA'NIN CANLI SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Tablo 1'de çevremizde oluşan elektromanyetik kirliliği ve bu kirliliği oluşturan bazı kaynaklar gösterilmiştir[4]. EMA'ları frekansa göre incelediğimizde başlıca iyonlaştırıcı radyasyon (IR tipli) ve iyonlaştırmayan radyasyon (NIR tipli) olmak üzere belli başlı iki tip ışımadan bahsetmek mümkündür. Bu ışımalardan NIR tipli olanların frekansı dolayısıyla da enerjisi oldukça yüksek olduğundan (≥1016 Hz ve 12 eV-35 eV) adından da anlaşılacağı gibi iyonlaştırma etkisi yaparak canlıların atomlar, moleküller ve hücreler arası bağlarını koparır, DNA yapısını bozar dolayısıyla böyle bir ışımaya maruz kalan canlı ya ölür ya da sakatlık, kanser gibi hastalıklara maruz kalmanın yanı sıra değişik mutasyonlar sonucu morfolojik görünimleri değişir. Statik (DC) ELF (çok çok düşük frekans), VLF (Çok düşük frekans), HF (Yüksek Frekans), RF (Radyo

frekans) gibi EMA'lar mevcuttur. Bunlardan en yüksek RF frekansı 300 GHz dir ki böyle bir dalganın iyonlaşma enerjisi 0,00125 eV'tur. Bu da atomlar arası bağı koparamayacak kadar küçüktür. Ancak, asıl tartışılan konu EMA'ların canlıların hücreler arası etkileşimine ne tür bir tesir ettiği sorusudur?

1.1 Doğru Akım Elektrik ve Manyetik Alanların Canlılara etkisi

DC ve diğer statik alanlar (0 Hz) güçlü elektrik alanlarda canlı organizmalara etki edebileceği özellikle bu elektrik alanların dikey bileşen vektörünün tesiri konusunda çalışmalar yapılmıştır.

Tablo 1. Çevremizde oluşan EMA kirlilik seviyeleri ve kaynakları.

A. Elektrik Alan İçin	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Elektrik Alan (V/m)
Yıldırım esnasında oluşan doğal elektrik alanı	20000
380kV'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 traş makinesi	100
Saç kurutma makinesi	50
Ev içindeki elektrik kabloları	5
B. Manyetik Alan İçin	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlara ve saç kurutma makineleri	2000
Elektrikli tıraş makinesi	1000
Matkap	500
Elektrikli süpürge ve tost makinesi	100
Yerkürenin doğal manyetik alanı (statik)	30
380kV'luk iletim hattı	30
110kV'luk iletim hattı	15
10kV'luk iletim hattı	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5

1.2. Düşük Frekanslı EMA'ların (ELF) (0-300 Hz) Canlılara etkisi

ELF alanları ile çocuk kanserleri arasında bir bağ araştırılmıştır. ELF alanında bir yüklenme olması elektrik akımı geçmesinden bağımsız olarak meydana gelir. Böyle elektriksel bir alan insan vücuduna neredeyse hiç girememekte, etki etmemektedir. Ama çok yüksek alan kuvvetlerinden böyle alanlar vücut kıllarının hareketi ile ciddiye alınmalıdır.

Bazı araştırmalar bu tip alanların maruziyeti ile çocuk kanserleri ve başka sağlık sorunları arasında paralel bir gidiş gösterse bile bazı çalışmalar da bu görüşü desteklememektedir. ELF Manyetik Alanları ise elektrik akımı olduğu zaman oluşur ve organizma içine nüfuz eder.[5] Örneğin, "Drosophila Melanogaster"ın

denek olarak kullanıldığı EMA'ya maruz bırakılma ile ilgili bir çalışmada ELF-EMF stresi ikinci bir stres faktörü ile kümülatif etki gösterdiği dolayısıyla EMA'nın buna zarar verdiği tespit edilmiştir[6].

1.3. HF Yüksek Frekans EMA Alanlarının etkisi

1 MHz frekansından daha yüksek olan HF alanlarının etki ettikleri ortamdaki su molekülleri ve iyonların hareketliliğini artırarak ısınmaya neden olduğu bilinmektedir. Çok düşük miktardaki HF enerjisi bile kuantumu nedeniyle maruz kalan kişinin hissedemeyeceği bir şekilde vücudun termoregülasyonunu bozan bir ısınmaya neden olmaktadır. 1 MHz altındaki HF alanları sinir ağlarını yada kasları stimüle edecek primer elektrik yüklenme ve akımlarına neden olmaktadır. Elektriksel akımlar normalde vücutta fizyolojik reaksiyonlarda yaşam için meydana gelmektedir. Ama HF alanları bu akımları arttırırsa bu sağlık üzerine negatif sonuçlar yaratabilir.

1.4.RF Dalgalarının Bilinen Potansiyel Biyolojik Etkileri

Radyo Frekanslı (RF) dalgaların canlılar üzerindeki etkileri en etkin ve en çok tartışılan konulardan biridir.

RF dalgalarının canlılar ve biyolojik sistemler üzerindeki görülen etkileri kısaca olarak aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

Çok düşük frekansta modüle edilmiş dalgalara maruz bırakılan "in vitro" daki beyin dokusunda kalsiyum akışında değişme.

-EEG (Elektroensefalogram, beyin dalgalarını gösteren çizelge) dalgalarındaki değişiklikler.

-Lymphocytes'in öldürme yeteneğinin azalması.

-Fare spermalarında kromozom değişimleri.

-Hücre içi enzim hareketlerinde değişiklikler.

-Molluscan pacemaker nöronlarının yanma oranlarında değişiklik.

Termal Etkiler:

En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deride olur ve yerel yanmalar oluşabilir. Derinliklere indikçe sıcaklık düşer. Vücudun çeşitli bölgelerine ameliyatla yerleştirilmiş metaller RF enerjisinin yoğunlaşmasına neden olabilir.

Göz Üzerine Etkiler:

UHF çalışmalarında gözde zarar görülmüş, RF istasyon özellikle radar operatörlerinde bir göz zararı tespit edilememiştir. İlk belirti göz yorulması ve yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi) duyarlılıkta azalma. Santimetrik dalgalarla kronik maruziyette göz içi basınçta değişme. Daha düşük yoğunluklarda lenslerde ve ön bölgedeki sıvıda C vitamini azalması gözlenmiştir.

Sinir Sistemi Üzerine Etkiler:

Düşük şiddetli RF ve UHF alanları merkezi sinir sistemi (asthenic) tipinde bir sendrom olarak bilinen değişimlere yol açar. Şiddetli UHF ve RF alanlarda, daha çok kardiyovasküler, vejetatif düzenlemede karışıklıklar şeklinde görünen merkezi sinir sistemi sendromu oluşur. RF maruziyeti sonucu refleks aktivitetlerinde değişimler görülmüştür.

Üremeyle İlgili Dokular Üzerine Etkiler:

Bu organlarda sıcaklık artışı morfolojik değişimlere neden olur ve muhtemelen dejeneratif sonuçlar doğurur. Histolojik araştırmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini ortaya koymuştur. Bu morfolojik değişimler üreme çevriminde, döl azalma, kısırlaşma ve dişi doğum sayısında artış olarak kendini gösterir. RF ışımının hamile kadınlarda düşük oranında artmaya neden olduğu bilinmektedir.

Dolaşım Sistemi Üzerine Etkiler:

Kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi, kan basıncında değişme. Başlangıçta kan basıncı hafifçe artar sonra düşer. Bu düşüş maruziyetten birkaç hafta geçse bile devam edebilir. Nabız, vücudun maruz kalan bölümüne bağlı olarak hızlanır veya yavaşlar. RF alanları kronik dolaşım sisteminin iletkenliğini azaltır. Dolaşım fonksiyonlarındaki bu değişimler tekrar eski haline gelebilir özelliktedir.

Diğer Organlar Üzerine Etkiler

- Nefes almada hızlanma veya gecikme.
- Böbrek tübüllerinde filtrasyonda azalma.
- Adrenal korteks aktivitesinde artış.
- Hepatik hücrelerde dejenerasyon.
- Özellikle kadınlarda tiroid bezi büyümesi.
- Kalp bölgesinde ve kaslarda ağrı, saç dökülmesi, nefes alma zorluklarına rastlanmıştır.
- Maruziyetten birkaç hafta geçince organların orijinal fizyolojik durumuna döndüğü ve tüm şikayetlerin sona erdiği görülmüştür.^[7]

1.5. Mikrodalga Frekansında (1-300 Ghz) En Fazla Kullanılan Cihazlardan Cep Telefonlarından Yayılan Ema'ların Etkisi

21.YY'ın başlarında dünya çapında 450 milyondan fazla cep telefonu kullanıcısı vardır. Almanya'da 2000 yılı sonu itibariyle cep telefonu aboneleri sayısı 40 milyonu bulmuştur. Bu rakam nüfusun yaklaşık %50'sini teşkil etmektedir. İtalya'da nüfusun %57'si, Finlandiya'nın ise %65'i cep telefonu kullanmaktadır. Bu büyümenin sonu henüz görülmemektedir. 20.000'den fazla makale ve çalışma cep telefonlarının tehlikesini araştırmaktadır. 90'ların sonuna doğru onbinlerle ifade edilen ve 2005 yılı itibariyle Türkiye'deki cep telefonu kullanıcı sayısının neredeyse toplam nüfusun yarısına yaklaştığı yani 35.000.000'nun üzerine çıkmıştır. Almanya Lübeck Üniversitesinde bir biyofizikçi olan Lebrecht von Klitzing 1993 yılında bazı insanlara verdiği darbe biçimli EM alan ışınımı sonucunda bu kişilerde beyinsel iletiminde değişiklikler gözlemiştir. Almanya Mainz Üniversitesindeki bir grup doktor gece uykusu sırasında açık bırakılan cep telefonlarının genç erkeklerde uyku bozukluğuna neden olduğunu göstermiştir. Beyin dalgası ölçümleri rüya fazında önemli derecede kısaldığını göstermişlerdir. Avustralyalı Michael Repacholi cep telefonu frekansı olan 900 MHz ile kemirgenlerle yaptığı çalışmada ışınlanan gruptaki lenf bezi kanser oranını kontrol grubuna göre iki katı kadar fazla olduğunu gözlemiştir. Ancak fareler genetik olarak muamele görmüş ve kanseri ortaya çıkaran bir kanser geni taşımakta olduğundan bu çalışmaya itirazlar oldukça çok olmuştur. ABD'nde yapılan ve 70 milyon cep telefonu kullanıcısının değerlendirilmesine dayanan büyük bir çalışmanın sonuçları 2000 Mayıs ayında açıklandı. Buna göre kanser ve elektronik aletler arasında olası bir bağlantı bulunmuştur. Hücre kültürleri ile yapılan çalışmalarda nadir rastlanan bir beyin tümörü olan neurozitom, cep telefonu kullanıcılarında üç kat daha fazla görülmektedir. Epidemiyolog olan Maria Blettner'in ise yaptığı açıklama: "Darbe biçimli ışımının hücrelerde

bir titreşime neden olur ki bu da hücre bölünmesini indükler ve tümörleşmeye neden olur" demmiştir. ABD'de yapılan bir çalışmanın 1995'te yayınlanan sonucuna göre deney hayvanlarında cep telefonuna yakın frekansların beyin ve testislerde DNA'nın bir zincirinde kopmalara neden olduğudur. Gerçi bu kopmalar tamir mekanizmaları ile çift zincirde meydana gelecek kopmalara göre çok çabuk onarılmakta ve mutasyon veya kansere yol açmamaktadır^[8].

Mikrodalga frekansların canlılar üzerindeki etkileri özgül soğurma oranı ile belirlenir. SAR (Specific Absorption Rate) özgül soğurma oranı olarak tanımlanmaktadır ve vücudun 1 kg'ının sıcaklığını 1° C yükselten elektromanyetik enerji miktarıdır.

$$SAR = \iiint_V \frac{\nabla E^2}{\Delta} dV [W / kg]$$

Burada; elektrik alan şiddeti E [V/m] olan bir ortamda, iletkenliği ∇ , yoğunluğu Δ [kg/m³] olan ve V hacmine sahip dokuda yutulmuş SAR değeri ICNIRP (uluslararası Noniyonize Radyasyon Araştırma Komitesi) tarafından SAR = 4 Watt/kg Bu değerin 10'da 1'i meslekleri gereği EMA maruz kalanlar için limit kabul edilmiştir (0.4 W/kg). Genel halk maruziyeti içinse mesleki maruziyetin 5'te 1'i alınmıştır (0.08 W/kg). SAR insan için ölçülmez. Laboratuvarlarda fantom modellenmesi ya da bilgisayar modellemesi ile dokunun birim kütle sinin soğurduğu enerji bulunur. RF için SAR'ın zarar oluşturan biyolojik etki dozu 1-4 W / kg'dır. IEEE, ANSI, NCRP ve IRPA tüm vücut için SAR'ı 4 W/kg kabul etmiştir. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1996 yılından beri yürütülen Elektromanyetik Alan Projesinde (WHO-EMF Project) cep telefonu SAR değerleri için üst sınıra (0.08 W/kg) yakın olan 0.1 W/kg SAR değeri önerilmektedir. Bu değerin üzerindeki cep telefonlarının kullanılmaması tercih edilmelidir.

Tablo 2. Bazı marka ve model cep telefonlarının SAR değerleri.

Bazı marka ve model cep telefonlarının SAR değerleri ^[9]	Marka Model SAR (W/kg)
Motorola Star Tac 130	0.10
Motorola Star Tac 130 (fixed antenna).....	0.38
Sony CM-DX 1000	0.41
Nokia 8110i	0.73
Trium Galaxy	0.93
Ascom Elisto	1.33
Bosch GSM908	1.59
Philips Genie 900 (fixed antenna)	2.67

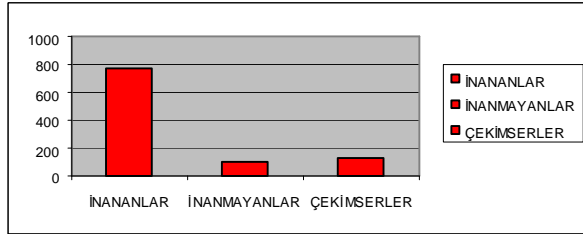
1.6. EMA'ların Canlı Organizmalara Etkisiyle İlgili Anket Çalışmasının Sonuçları

EMA'nın canlılara etkisi ile ilgili çevresel bilinç ve canlılara zarar verip vermediği ve bu konuda bir bağlantı olup olmadığıyla ilgili epidemiyolojik bir anket çalışması yaptık. Çoğunluğu Malatya ilinden olmak üzere Urfa ve Sivas illerinden daha çok üniversite öğrencileri olmak üzere, büro çalışanlarını da kapsayan anketten aşağıdaki gibi sonuçlar elde ettik.

Tablo 3. Ankete katılan popülasyon mevcudu ve bulunduğu ortamlardaki elektrikli aletlerle bağlantıları.

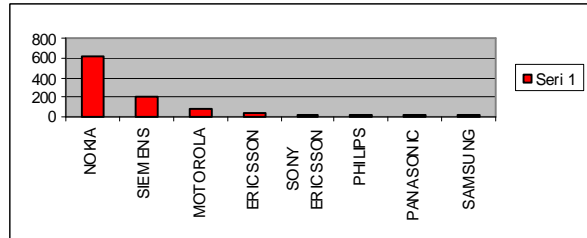
Erkek	462
Kadın	538
Çevrelerindeki Erkek	10978
Çevrelerindeki Kadın	7848
Yaş Ortalamaları	27,8
Çevrelerindeki Hayvan Sayısı (Büyükbaş V.S)	920
Çevrelerindeki Bitki Sayısı (Ağaç)	1600
En Az 25 M'lik Çevrelerindeki Ortalama Elektrikli Alet Sayısı	20
Bu Aletlerin Ortalama Çalışma Süreleri	9,7 Saat
Bu Aletlerin Günlük Ortalama Çalışma Gücü	350 Watt
Anket Yapılanların Üzerinde Bulundurduğu Ortalama Elektronik Cihaz Sayısı	1,8
Anket Yapılanların En Çok İrtibatlı Oldukları Elektrikli Aletli Ortalama Yakınlığı	2,61 Metre

Tablo 4. Cep Telefonları Ve Baz İstasyonlarının Canlılara Zarar Verip Vermediğine İnananların Oranları



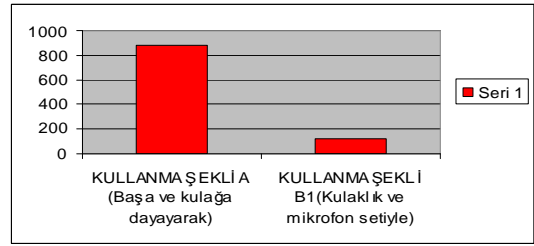
Durum	Kişi Sayısı
İNANANLAR	778
İNANMAYANLAR	97
ÇEKİMSERLER	125

Tablo 5. Ankete Katılanların Kullandıkları Cep Telefonu Marka ve Modelleri



(Cep Telefonu Markası)	(Kullanan Kişi Sayısı)
Nokia	611
Siemens	204
Motorola	74
Ericsson	37
Sony Ericsson	20
Philips	18
Panasonic	18
Samsung	18

Tablo 6. Ankete katılanların cep telefonları kullanma şekilleri

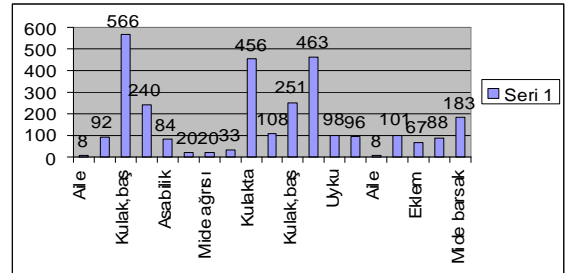


Kullanma Şekli	K.S.
Kullanma Şekli A (Başa ve kulağa dayayarak)	883
Kullanma Şekli B1 (Kulaklık ve mikrofon setiyle)	117

1.7. Uzun Süre Cep Telefonu Kullanmanın Riski

Aşağıdaki grafikte de görüleceği gibi ankete katılan kişilerden başa ve kulağa cep telefonunu dayayarak konuşanlar yüksek frekanslı EMA'ya maruz kalarak aşağıdaki zararlı etkiler tespit edilmiştir.

Tablo 7. Yaklaşık 2-3 Senedir Cep Telefonunu Başa Ve Kulağa Dayayarak Kullanıpta Toplam Kullanma Süresi 100 Saati Aşmış Olanlarda Görülen Rahatsızlıklar

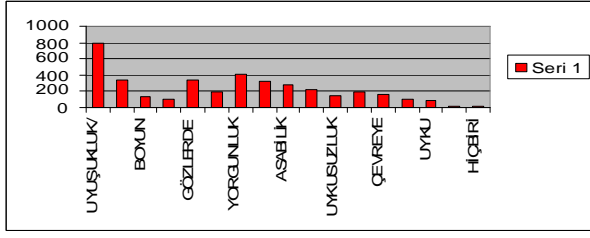


Görünen Rahatsızlık	K.S.
Aile bireylerinde diyaliz ve böbrek yetmezliği olanlar	8
Mide ağrısı	92
Kulak,baş ağrısı	566
Baş ağrısı,halsizlik	240
Asabılık	84
Aile bireylerinde kendisinde hipertansiyon olanlar	20
Mide ağrısı	20
Sinüzit,migren	33
Kulakta yanma	456
Halsizlik	108
Kulak,baş ağrısı	251
Kulakta sıcaklık hissi	463
Uyku düzensizliği	98
Baş ağrısı,kulak çınlaması	96
Aile bireylerinden en az biri kanser olan	8
Kalp aritmisi	101
Eklem romatizması	67
Kadın hastalıkları	88
Mide barsak problemleri	183
Saksı ve çiçek gibi bitkilerde kuruma, yanma ve sararma olduğunu bildirenler	138

1.8. Uzun Süre Televizyon İzlemenin Riski

Uzun süre gün boyu ortalama 3,02 m mesafeden ortalama 3,64 saat televizyon seyredenlerde birtakım rahatsızlıklar görüldüğü sonucuna varılmıştır.

Tablo 8. Gün boyunca ort. 3,02 m mesafeden ort. 3,64 saat tv seyredenlerde görülen rahatsızlıklar

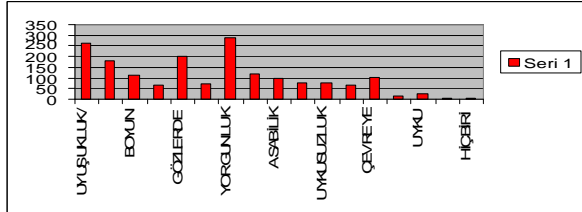


Görülen Rahatsızlık	K.Sayı
Uyuşukluk/tembellik	792
Bel/sırt ağrısı	342
Boyun ağrısı	128
Baş ağrısı	106
Gözlerde yanma	343
Yüzlerde kuruluk	193
Yorgunluk	405
Dikkatsizlik/konsantrasyon bozukluğu	321
Asabilik	273
Unutkanlık	221
Uykusuzluk	147
Konu şamama /diyalogsuzluk	188
Çevreye ilgisizlik	162
Yorum yapamama /düşünememe	96
Uyku	89
Hepsi	16
Hiçbiri	12

1.9. Uzun Süre Bilgisayar Kullanmanın Riski

Uzun süre bilgisayar kullananlarda aşağıdaki rahatsızlıklar görülmüştür.

Tablo 9. Gün boyunca ort. 38,7 cm mesafeden ort. 2,96 saat bilgisayar kullananlarda görülen rahatsızlıklar

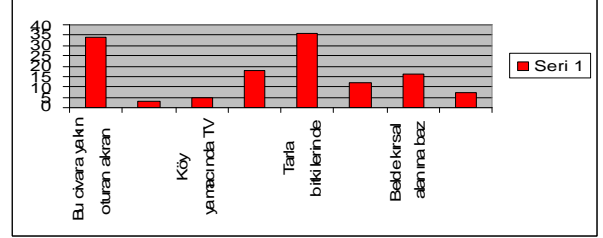


Görülen Rahatsızlıklar	K.S.
Uyuşukluk/tembellik	262
Bel/sırt ağrısı	182
Boyun ağrısı	112
Baş ağrısı	66
Gözlerde yanma	202
Yüzlerde kuruluk	73
Yorgunluk	289
Dikkatsizlik/konsantrasyon bozukluğu	119
Asabilik	98
Unutkanlık	79
Uykusuzluk	77
Konu şamama /diyalogsuzluk	68
Çevreye ilgisizlik	102
Yorum yapamama /düşünememe	17
Uyku	26
Hepsi	7
Hiçbiri	6

1.10. Baz ve Diğer Link İstasyonları İle Şalt ve Trafo Sahaları ve Yüksek Gerilim Hatları Civarında Oturmanın Riski

Başlıkta sayılan istasyon ve yüksek gerilim hatlarının yakınında oturan ve anketimize cevap veren 96 kişinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 10. Yerleşim Alanlarına En Az 3 Km Yakın Mesafedeki Kurulan Baz,Tv,Radyo,Radar Ve Diğer İstasyonlardan Kaynaklanan Rahatsızlıklar



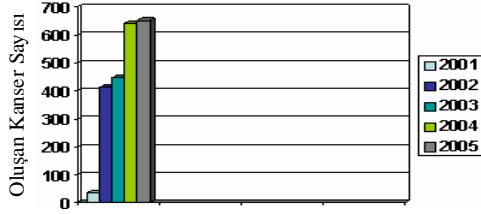
Belirtilen Şikayet	K.S.
Bu civara yakın oturan akran ve yakınlarımda baş ağrıları şikayetlerinde artma	34
BOTAŞ Yüksek gerilim hattının geçtiği yerlerde kalp rahatsızlıklarında belirgin artma oldu	3
Köy yamacında TV istasyonu kurulduktan bu yana (10 senedir) kalp rahatsızlıklarında belirgin artış oldu	5
Kedi,kuş, tavşan gibi hayvanlarda aniden ölümler (popülasyonda azalma) oldu	18
Tarla bitkilerinde aniden sararma ve kurumalar oldu	36
Belde kırsal alanına baz istasyonu kurulduktan sonra ceviz ve üzümde kuruma oldu	12
Belde kırsal alanına baz istasyonu kurulduktan sonra kayısı ağaçlarında kuruma oldu	16
Baz istasyonu kurulduktan sonra istasyona yakın ahır hayvanlarında düşük ve sakat doğma oranı arttı	7

1.11. Malatya'da 2001 Yilından İtibaren Baz Ve Diğer Link İstasyonları Kurulduktan Sonraki Kanseri Artış Oranı

Yüksek RF'de ışına yapan baz ve diğer istasyonların Malatya ilinde artış göstermesi ile birlikte meydana gelen kanser vakaları arasında epidemiyolojik bir bağlantı aranmış ve bu yönde son derece önemli olumlu bulgular elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki gibidir.

Malatya'da 2001 yılından bu yana toplam 105 baz istasyonu, 2 radyo istasyonu, 5 tv istasyonu olmak üzere 112 tane link istasyonu kurulmuştur.

Tablo 11. 2001 Yılından İtibaren Malatya’da Kanser Artış Oranı

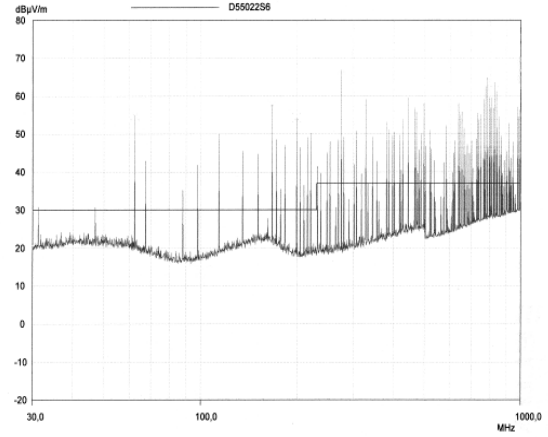


Yıllara Göre Kanser Vaka Sayısı	K.S.
2001- Yılı Kanser Kayıt Hastası	35
2002- “ “ “ “	412
2003- “ “ “ “	447
2004- “ “ “ “	642
2005- (Ocak - Temmuz ayları arasında bildirilen kanser vaka sayısı)	651

Sağlık Müdürlüğünden aldığımız diğer hastalıklarda da belirgin artış olduğuna dair ciddi sonuçlar elde ettik ama tıpkı epidemiyolojistlerin yaptığı gibi dünya çapında EMA’lar ile cep telefonları ve baz istasyonları ile artan kanser vakaları arasında bir bağlantı ve doğru orantı kurulması bu sonuçlarla da desteklenebilir. Bu konuda halkın büyük bir bölümünün EMA’ların zararlı olduğuna inandığı ancak bu teknolojiden de vazgeçmeden yararlandığı anket sonuçlarımızdan anlaşılmıştır. Ayrıca, bazılarının cep telefonlarını kullanırken başa ve kulağa dayamak yerine çok daha az EMA ışınmasına maruz kalacağı kullanma şekli olan kulaklık ve mikrofon setini kullanmada bilinçlendiği görülmüştür. Aslında bu tedbirler en sık kullandığımız Tv, Bilgisayar gibi elektrikli cihazların yanı sıra her türlü elektronik araçları kullanırken ve elektrikli aletlerin yakınında bulunurken de göz ardı edilmemelidir.

2.KULLANDIĞIMIZ BAZI CİHAZLARDAN YAYILAN EMA DALGALARININ ÖLÇÜMÜ

Yaptığımız bazı deneyler ve anketimizin sonucu kullandığımız birçok elektrikli ev aygıtın dünyaca kabul edilen EMA standart değerlerini aştığı ya da çalışırken kısmen de standartları geçtiği dolayısıyla aşan değerlerin insan ve diğer canlı organizmalara olumsuz etki edebileceği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla bu cihazlar bir EMA filtrelenmesi olacak şekilde tasarlanmalı ve bu şekilde tedbirler alınarak üretilmelidir. Mümkün olduğu bu cihazlar az kullanılmalı ve uzağında durulmalı ve bu konuda kesin standartlar geliştirilmelidir.



Frequency MHz	PK Level dBµV/m	PK Limit dBµV/m	PK Delta dB
62,65	53,56*	30,00	-23,56
198,1	57,80*	30,00	-27,80
209,8	60,61*	30,00	-30,61
215,45	60,61*	30,00	-30,61
221,35	63,74*	30,00	-33,74
316,1	63,59*	37,00	-26,59
327,95	66,31*	37,00	-29,31
334,2	66,07*	37,00	-29,07

Şekil 1. Bir cep telefonunun EMA radyasyon, emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim grafiği

REFERANSLAR

- [1] Şeker S.Ş. ve Çerezci O. Elektromanyetik alanların Biyolojik etkileri. Güvenlik standartları ve korunma yöntemleri. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul,1991.
- [2] Önal, E., Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü EEM ABD, Malatya, 2005
- [3] www.manyetikyatak.com (Lindner, 2002)
- [4] www.manyetikyatak.com (Blackman ve Friedman, 2002)
- [5] Carstensen E.L., “Biological Effects of Transmission Line Fields”, Elsevier, 1987.
- [6] Marec, F., Ondráček, J., Brunnhöfer, V., The effect of repeated microwave irradiation on the frequency of sex-linked recessive lethal mutations in Drosophila melanogaster, Mutation Research, 157:163-167, 1985.
- [7] TEİAS Çevre Kitapçığı, 2002.
- [8] Bilim ve Teknik Dergisi, Mayıs 2000.
- [9] www.bemi.se/founder/clips/cellularSAR.html

Bu çalışmada yapılan ölçümler, incelemeler ve değerlendirmeler İnönü Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ait 2005/40 nolu proje kapsamında yapılmıştır.

EK-2

ELDAŞ A.Ş.’NİN ANKARA’DAKİ EMA ÖLÇÜM LABARATUARINDA YAPTIĞIMIZ BAZI ELEKTRİKLİ CİHAZLARIN BU KONUDAKİ STANDARTLARA UYGUN OLUP OLMADIĞI İLE İLGİLİ ÖLÇÜMLERİ

Ülkemizde EMA yayan elektrikli ve elektronik cihazların EMA standart değerlerinin belirlendiği TURKAK, TSE, TUBİTAK – UAEK ile birlikte özel kuruluşlardan ELDAŞ A.Ş. bu konuda yetkili kurum ve kuruluşlardır.

MATERYAL VE YÖNTEM

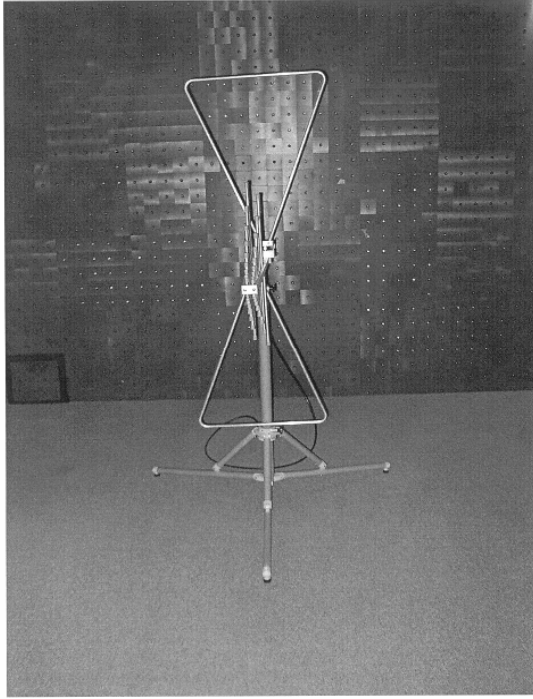
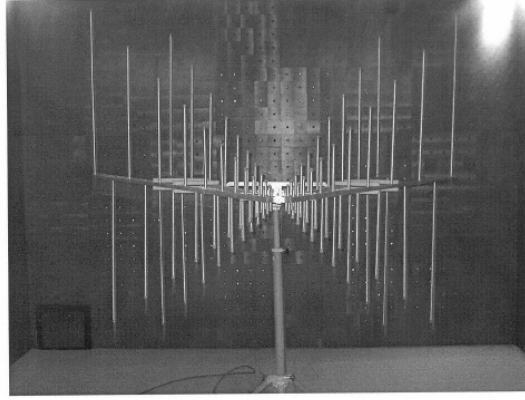
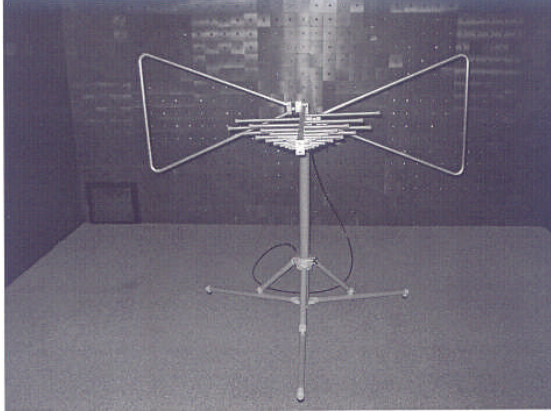
Elektromanyetik alan yayan, elektrikli bazı aygıtların TS EN ISO / IEC 17025:2000 Standardının öngördüğü, deney laboratuvarı şartlarının kalibrasyon faaliyetlerini karşılamamakla birlikte 53 adet deneyleri gerçekleştirebilen ELDAŞ Elektrik Elektronik San. Tic. A.Ş.nin Ankara’daki deney laboratuvarında tez konusuyla ilgili tamamen dış EMA’lardan filitre edilmiş ferromanyetik demir nüvelerin bulunduğu özel odalarda ve özel ölçüm cihazlarıyla, EMA ölçen “**Radiated Emission**” ile “**Conducted Emission**” ölçümleri yapıldı.

DENEYLERİN KAPSAM VE AMACI

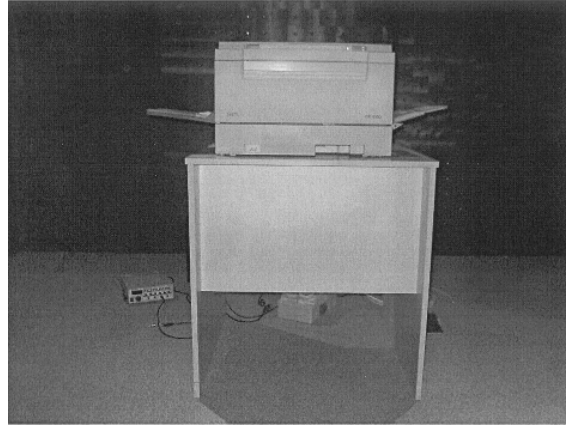
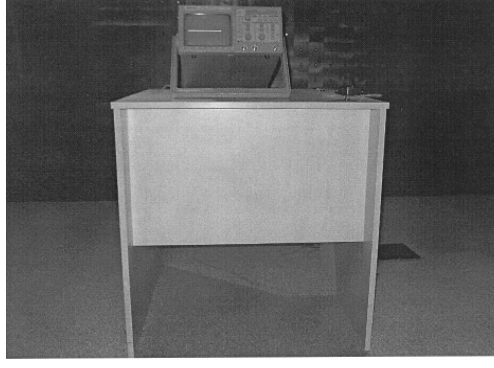
Bazı elektrikli cihazların yaydığı elektromanyetik alanların uluslararası belirtilen standartların sağlayıp sağlamadığının tespit ve değerlendirmesini yapmak.

DENEYLERİN SONUCU

Paket bilgisayar programıyla ölçülen değerler girildi. Söz konusu standarda uyup uymadığı grafiklerdeki gerek anlık değerlerde, gerekse toplam değerlerden tespit edildi.

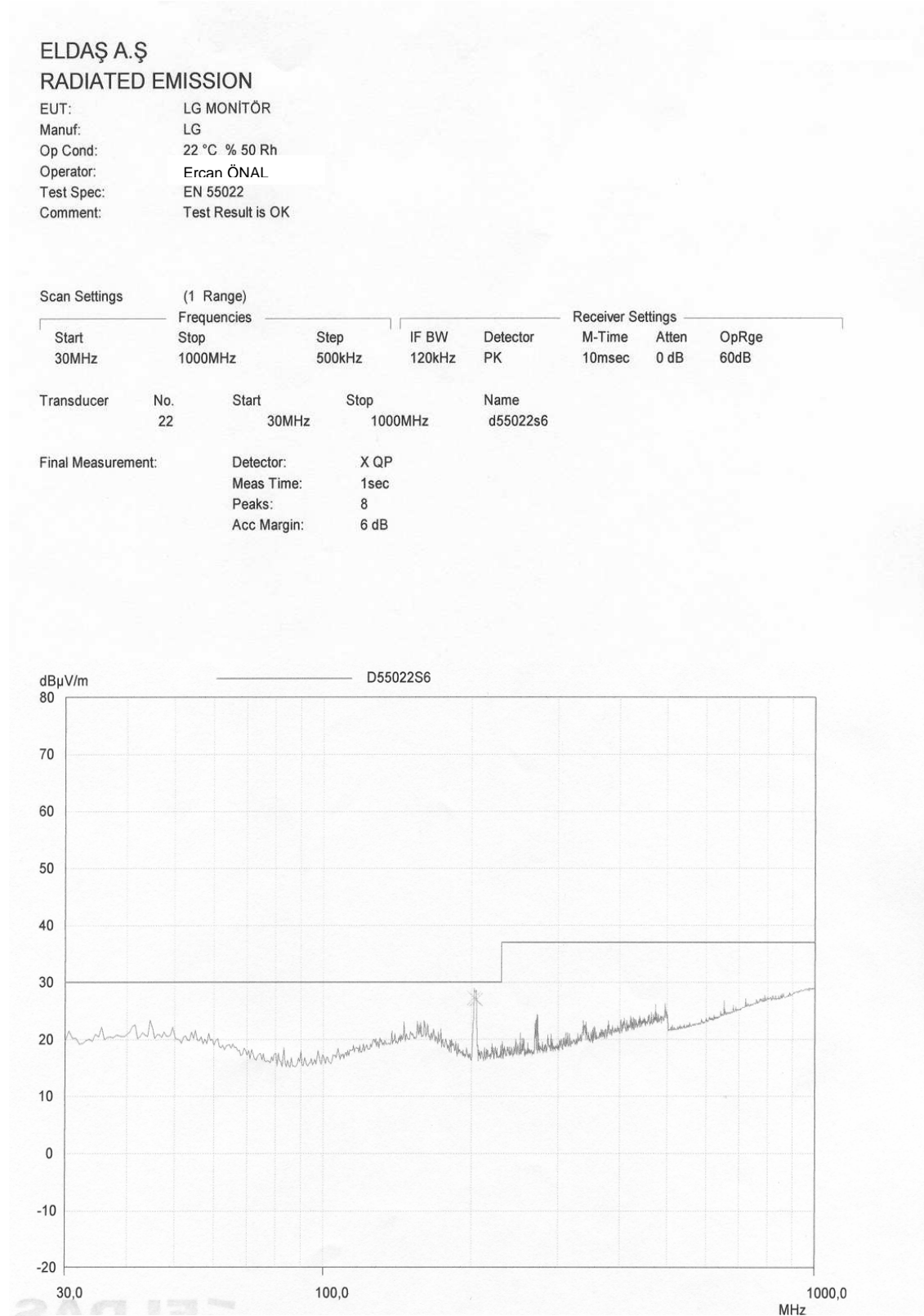


Şekil 1. Dış Elektromanyetik Alanlardan Arındırılmış Ferromanyetik Nüvelerden Oluşan Bir Odada Yatay ve Dikey Elektromanyetik Alanları Ölçmede Kullandığımız Cihazlar



Şekil 2. Elektromanyetik Alan Yayma Limitleri Üzerine Ölçüm Yaptığımız Bazı Cihazların Çekilmiş Fotoğrafları

YAPILAN DENEYLER İLE BUNLARIN DEĞERLENDİRMELERİ



Şekil 3. LG Monitörün EMA radyasyon emisyon değerlerinin paket programda değişik frekanslardaki grafik çıktısı

ELDAŞ A.Ş

RADIATED EMISSION

EUT: LG MONİTÖR
Manuf: LG
Op Cond: 22 °C % 50 Rh
Operator: Feri ÖNAL
Test Spec: EN 55022
Comment: Test Result is OK

Scan Settings		(1 Range)			Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	500kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Final Measurement:	Detector:	X QP
	Meas Time:	1sec
	Peaks:	8
	Acc Margin:	6 dB

Final Measurement Results			
Frequency	QP Level	QP Limit	QP Delta
MHz	dBµV/m	dBµV/m	dB
202,0	27,25	30,00	2,75
204,0	27,02	30,00	2,98

Tablo 1. LG Monitörün EMA radyasyon emisyon değerlerinin paket programda değişik frekanslardaki grafik çıktısı

Deneyin Yorumu: LG Bilgisayar monitörü için 22 derecede 500 kHz lik basamaklar halinde 30 MHz den başlanarak 1000 MHz e kadar değerlerde deney yapılmıştır. 8 peak (tepe) saptanmıştır. Sonuç değerleri yukarıdaki “Final Measurement Results” da ifade edildiği gibi 202 MHz de $\Delta QP = 2,75$ 204 MHz de ise 2,98 olarak ölçülmüştür. Limiti aşmadığından sonuç olumludur. Yani limit değerler 30 dBµV/m aşılmamış olup bu değerlerin üstünde insanların çalışması önerilmez.

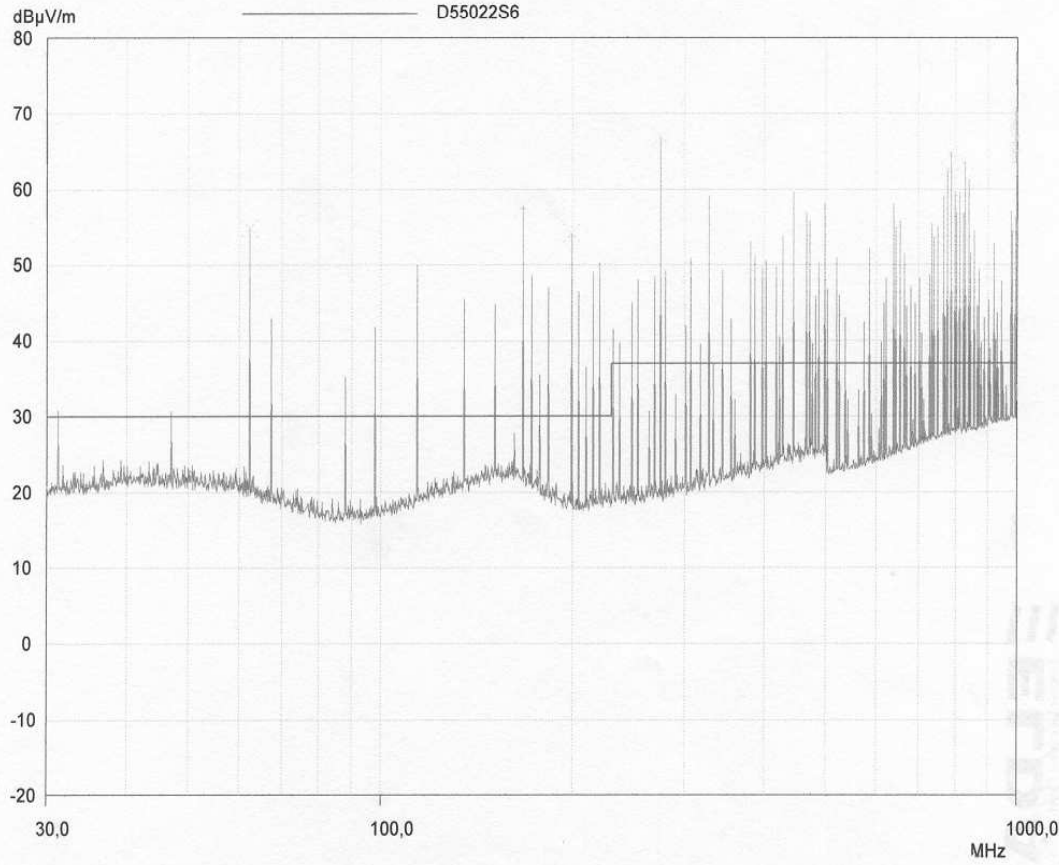
RADIATED EMISSION

EUT: Zaman Rölesi
Manuf:
Op Cond: 22 °C % 55 Rh
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec: EN 55022
Comment: B2 modu, 2,5 sn açma-kapama
Vertical, anten yüksekliği 1.20m
Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings			Receiver Settings				
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	50kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement: Detector: X PK
Meas Time: see scan settings
Peaks: 8
Acc Margin: 6 dB



Şekil 4. Zaman rölesinin EMA radyasyon, emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim grafiği

RADIATED EMISSION

EUT: Ercan ÖNAL
 Manuf:
 Op Cond: 22 °C % 55 Rh
 Operator: Teoman KARADAĞ
 Test Spec: EN 55022
 Comment: B2 modu, 2,5 sn açma-kapama
 Vertical, anten yüksekliği 1.20m
 Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings (1 Range)

Frequencies			Receiver Settings				
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	50kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement: Detector: X PK
 Meas Time: see scan settings
 Peaks: 8
 Acc Margin: 6 dB

Peak Search Results

Frequency MHz	PK Level dBµV/m	PK Limit dBµV/m	PK Delta dB
62,25	54,88*	30,00	-24,88
166,9	57,75*	30,00	-27,75
199,05	54,20*	30,00	-24,20
274,2	67,00*	37,00	-30,00
775,15	62,55*	37,00	-25,55
785,5	64,78*	37,00	-27,78
827,5	63,61*	37,00	-26,61
838,4	61,12*	37,00	-24,12

Tablo 2. Zaman rölesinin EMA radyasyon, emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu ve limiti aşmış değerleri değişim tablosu.

(*) İşaretili yerler, limiti aşmış değerlerdir.

Deneyin Yorumu: Zaman rölesi 22 °C de 50 kHz lik basamaklarla başlangıç 30 MHz, bitim 1000 MHz olmak üzere 8 Peakli “Peak Search Results” yukarıdan anlaşılacağı gibi limiti aştığından bu makine standartlara uygun olmayıp insanların bu makineyle çalışılması önerilmez.

RADIATED EMISSION

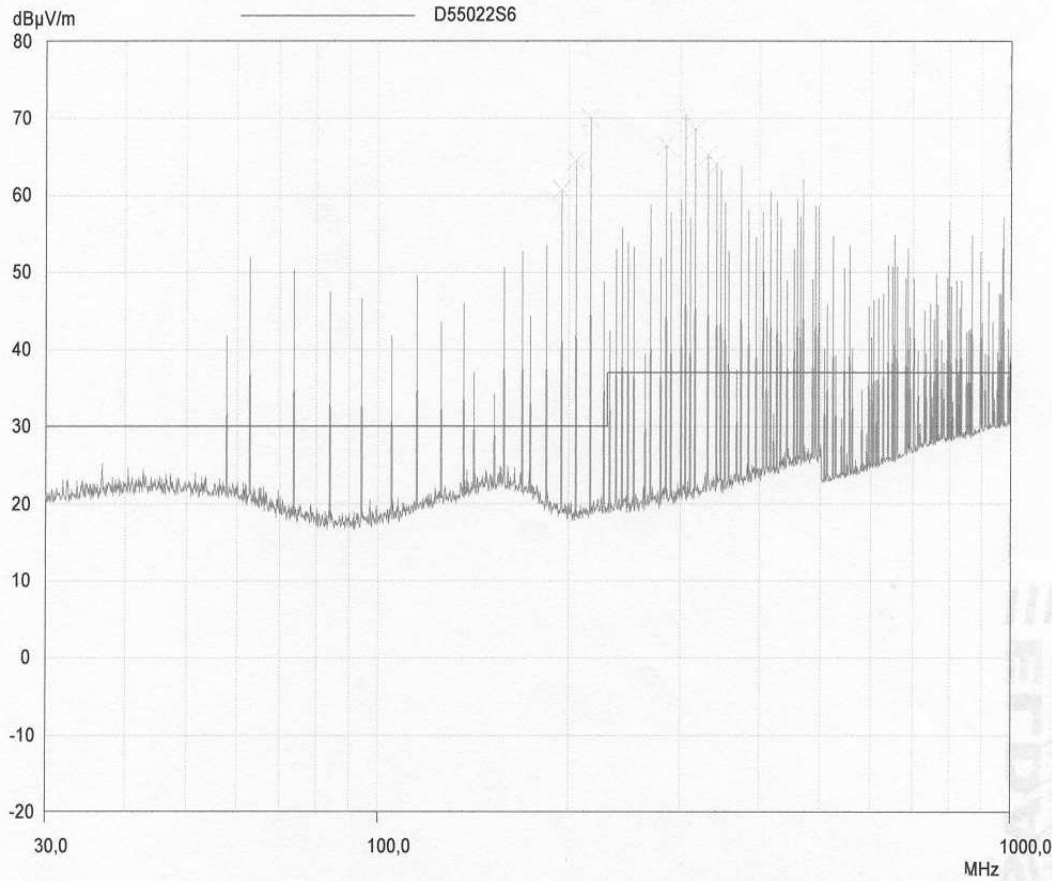
EUT: Cep Telefonu
Manuf:
Op Cond: 22 °C % 55 Rh
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec: EN 55022
Comment: B2 modu, 2,5 sn açma-kapama
Horizontal, anten yüksekliği 1.20m
Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings (1 Range)

Frequencies				Receiver Settings			
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	50kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement: Detector: X PK
Meas Time: see scan settings
Peaks: 8
Acc Margin: 6 dB



Şekil 5. Bir cep telefonunun, EMA radyasyon, emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu ve limiti aşmış değerleri değişim grafiği çıktısı.

RADIATED EMISSION

EUT: Cep Telefonu
 Manuf:
 Op Cond: 22 °C % 55 Rh
 Operator: Ercan ÖNAL
 Test Spec: EN 55022
 Comment: B2 modu, 2,5 sn açma-kapama
 Horizontal, anten yüksekliği 1.20m
 Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings (1 Range)				Receiver Settings			
Frequencies		Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
Start	Stop						
30MHz	1000MHz	50kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement:	Detector:	X PK
	Meas Time:	see scan settings
	Peaks:	8
	Acc Margin:	6 dB

Peak Search Results

Frequency	PK Level	PK Limit	PK Delta
MHz	dBµV/m	dBµV/m	dB
194,5	60,75*	30,00	-30,75
205,0	64,55*	30,00	-34,55
216,05	70,05*	30,00	-40,05
283,9	66,52*	37,00	-29,52
304,85	70,39*	37,00	-33,39
315,65	68,59*	37,00	-31,59
330,65	65,21*	37,00	-28,21
341,4	64,03*	37,00	-27,03

Tablo 3. Cep telefonunun, EMA radyasyon, emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu ve limiti aşmış değerleri değişimi tablo çıktısı.

Deneyin Yorumu: 22 °C de 50 kHz lik basamaklar halinde 30 MHz den 1000 MHz ye kadar 8 peak lık değerlerden (*) İşaretli yerler, limiti aşmış değerler olarak tespit edildiğinden bu cihazın kısmende olsa standartlara uymadığı anlaşılmış olup insanların bu cep telefonunu kullanması tavsiye edilmez.

Conducted Emission

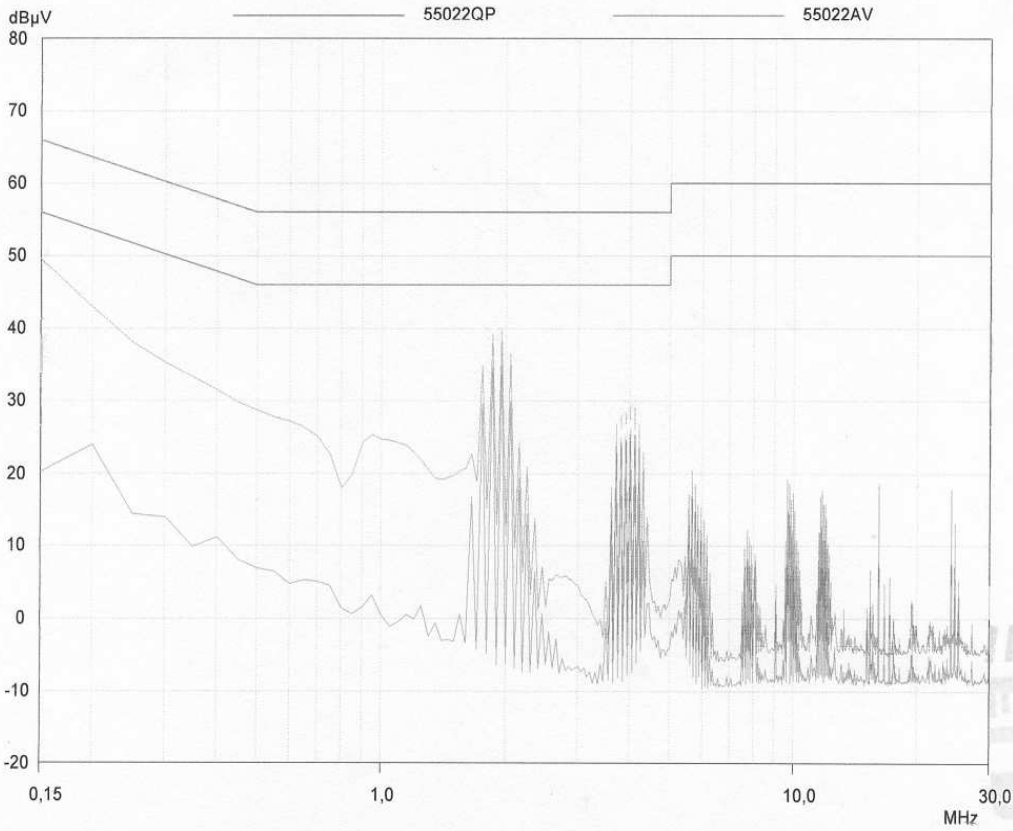
EUT: Digital color camera
Manuf: Philips
Op Cond: 22°C % 55 Rh
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec: EN 55022 F limit line
Comment: Line,görüntü aktif

Result File: line2.dat : New Measurement

Scan Settings (1 Range)

Frequencies				Receiver Settings			
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
150kHz	30MHz	50kHz	10kHz	QP+AV	20msec	0 dB	60dB

Prescan Measurement: Detectors: X QP / + AV
Meas Time: see scan settings
Peaks: 8
Acc Margin: 60 dB



Şekil 6. Dijital renkli kameranın EMA iletim emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) volt ($\text{dB}\mu\text{V}$) değişim grafiği çıktısı.

Conducted Emission

EUT: Digital color camera
 Manuf: Philips
 Op Cond: 22°C % 55 Rh
 Operator: Ercan ÖNAL
 Test Spec: EN 55022 F limit line
 Comment: Line.görüntü aktif

Result File: line2.dat : New Measurement

Scan Settings (1 Range)

Frequencies			Receiver Settings				
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
150kHz	30MHz	50kHz	10kHz	QP+AV	20msec	0 dB	60dB

Prescan Measurement: Detectors: X QP / + AV
 Meas Time: see scan settings
 Peaks: 8
 Acc Margin: 60 dB

Peak Search Results

Frequency MHz	QP Level dB μ V	QP Limit dB μ V	QP Delta dB
1,95	39,71	56,00	16,29
0,15	49,51	66,00	16,49
1,85	39,18	56,00	16,82
2,05	36,38	56,00	19,62
1,75	34,82	56,00	21,18
4,0	29,21	56,00	26,79
4,1	28,98	56,00	27,02
3,9	28,33	56,00	27,67

Frequency MHz	AV Level dB μ V	AV Limit dB μ V	AV Delta dB
1,95	36,03	46,00	9,97
1,85	35,85	46,00	10,15
2,05	31,06	46,00	14,94
1,75	30,66	46,00	15,34
4,0	26,09	46,00	19,91
3,9	25,56	46,00	20,44
3,8	24,93	46,00	21,07
4,1	24,76	46,00	21,24

Tablo 4. Dijital renkli kameranın EMA iletim emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) volt (dB μ V) değişim tablosu.

Deneyin Yorumu: 22 °C de Philips marka dijital renkli kameranın 50 kHz lik basamaklarla başlangıç 150 kHz, bitim 30 MHz olmak üzere 8 peakte limiti aşan ölçülmüş herhangi bir değer olmadığından cihaz standartlara uygundur.

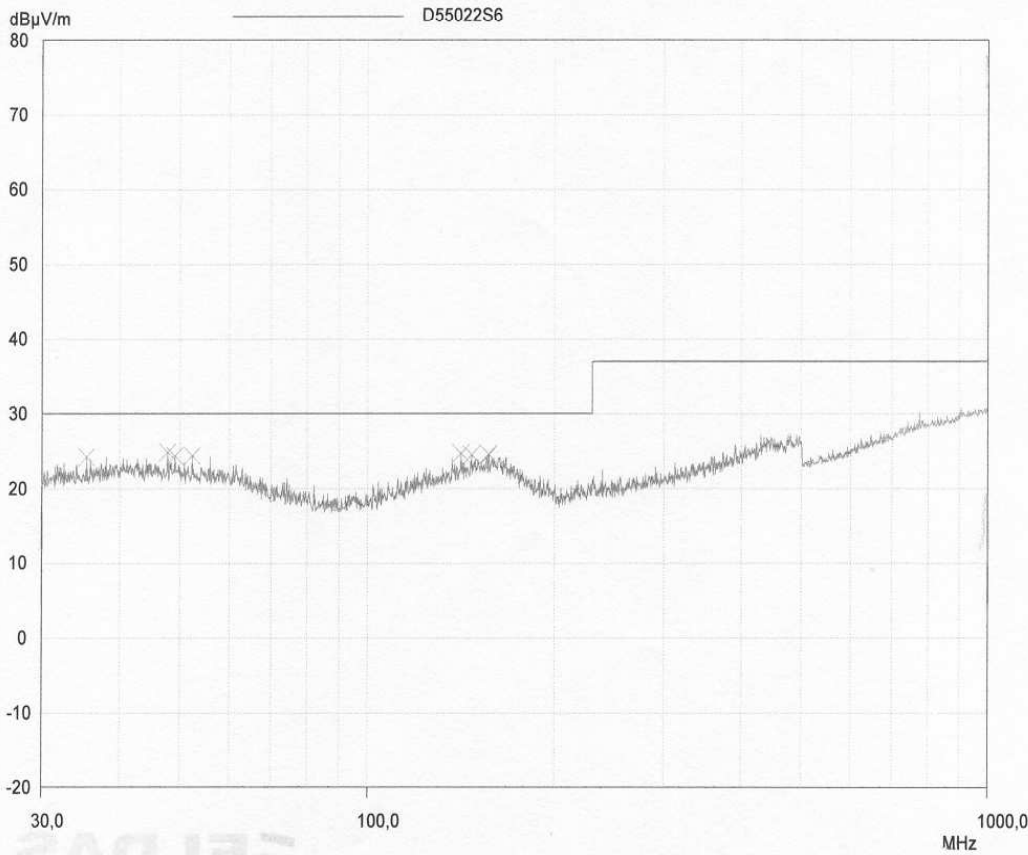
RADIATED EMISSION

EUT: GÜÇ KAYNAĞI
Manuf:
Op Cond: 22 °C % 55 Rh
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec: EN 55022
Comment: UNI DUAC DC POWER SUPPLY PS 3030DU
Vertical, anten yüksekliği 1.20m
Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings			Receiver Settings				
Frequencies			IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
Start	Stop	Step	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB
30MHz	1000MHz	50kHz					

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement: Detector: X PK
Meas Time: see scan settings
Peaks: 8
Acc Margin: 6 dB



Şekil 7. Güç kaynağının EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim grafiği çıktısı.

ELDAŞ A.Ş

RADIATED EMISSION

EUT: GÜÇ KAYNAĞI
Manuf:
Op Cond: 22 °C % 55 Rh
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec: EN 55022
Comment: UNI DUAC DC POWER SUPPLY PS 3030DU
Vertical, anten yüksekliği 1.20m
Result File: 4.dat : New Measurement

Scan Settings		(1 Range)			Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	50kHz	120kHz	PK	10msec	0 dB	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Prescan Measurement: Detector: X PK
Meas Time: see scan settings
Peaks: 8
Acc Margin: 6 dB

Peak Search Results

Frequency MHz	PK Level dBµV/m	PK Limit dBµV/m	PK Delta dB
35,35	24,31	30,00	5,69
47,65	24,94	30,00	5,06
48,95	24,44	30,00	5,56
52,25	24,44	30,00	5,56
141,2	24,78	30,00	5,22
146,9	24,58	30,00	5,42
156,25	24,65	30,00	5,35
156,65	24,57	30,00	5,43

Tablo 5. Güç kaynağı EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu.

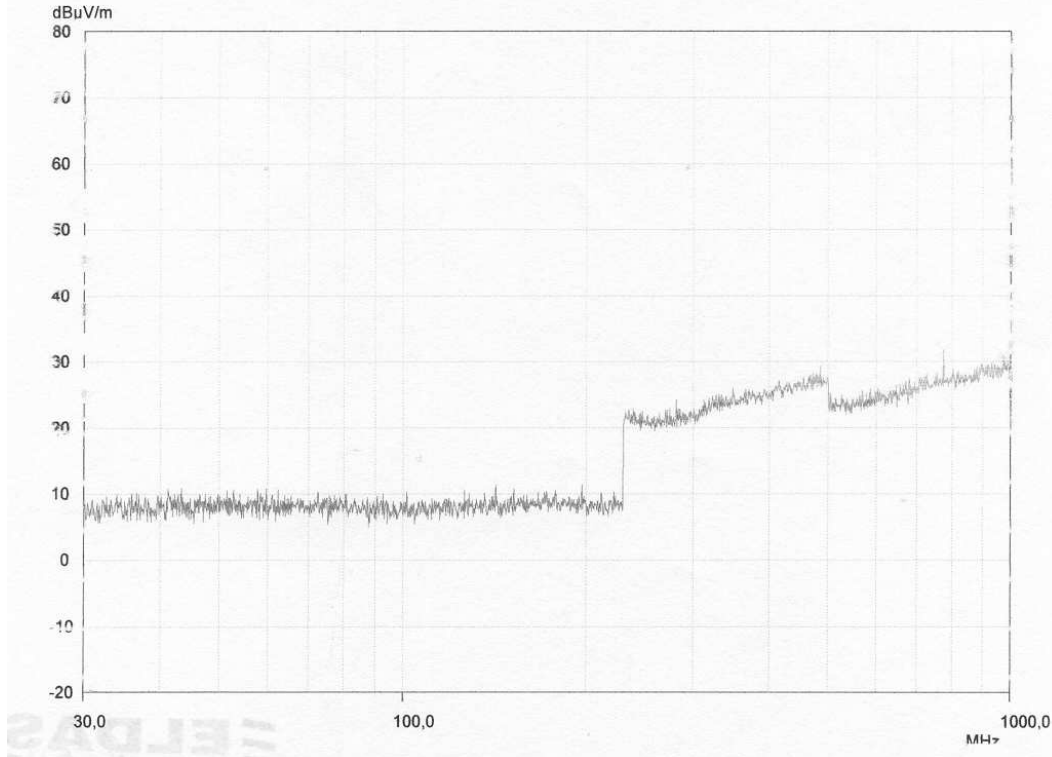
Deneyin Yorumu: 22 °C de 50 kHz lik basamaklar halinde başlangıç 30 MHz den, bitim 1000 MHz olmak üzere 8 peakte limiti aşan değerler görülmediğinden cihazın kullanılması standartlara uygundur.

EUT: 9133
Manuf: DC GÜC KAYNAĞI+MOTOR
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

Scan Settings			(1 Range)		Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	230MHz	1000MHz	230MHz 1000MHz

Prescan Measurement:	Detector:	X PK
	Meas Time:	see scan settings
	Peaks:	8
	Acc Margin:	25 dB



Şekil 8. DC Güç kaynağı ile motorun beraber EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim grafiği çıktısı.

EUT: 9133
Manuf: DC GÜC KAYNAĞI+MOTOR
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

Scan Settings		(1 Range)			Receiver Settings				
Frequencies		Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
Start	30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB	
Transducer	No.	Start	Stop	Name					
	22	230MHz	1000MHz	230MHz_1000MHz					
Prescan Measurement:		Detector:	X PK						
		Meas Time:	see scan settings						
		Peaks:	8						
		Acc Margin:	25 dB						
Peak Search Results									
Frequency	PK Level	PK Limit	PK Delta						
MHz	dBµV/m	dBµV/m	dB						
774,32	31,77								
929,36	29,73								
971,28	29,70								
972,4	30,96								
977,12	29,94								
987,84	29,68								
989,44	30,02								
991,2	29,80								

Tablo 6. DC Güç kaynağı ile birlikte motorun EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu.

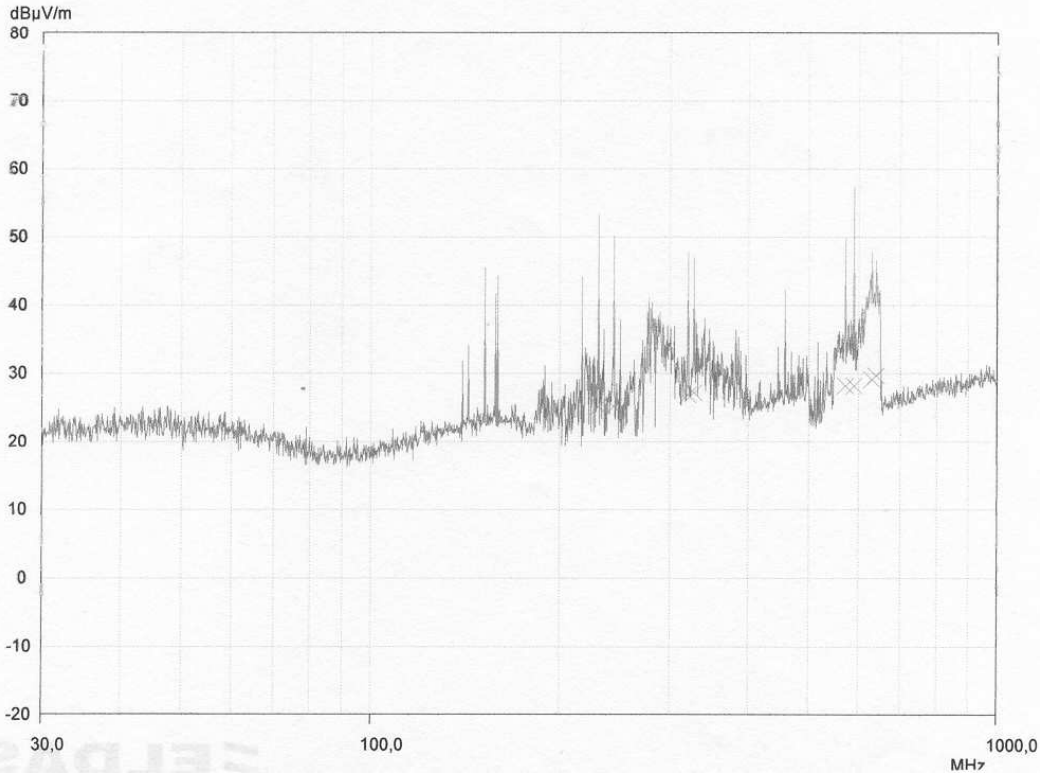
Deneyin Yorumu: 80 kHz lik basamaklar halinde başlangıç 30 MHz, bitim 1000 MHz olmak üzere DC güç kaynağı ile birlikte motorun birlikte çalışmasından görülen frekans ve peak değerler yukarıdaki gibidir. Cihazların beraber çalışması ile birlikte oluşan alanın arttığı görülmüştür. Bu cihazlar beraber çalıştırılırken çalışma süresinin kısa tutulmasına özen gösterilmelidir. Eğer bu mümkün değilse insanlar bu cihazların çalışırken uzağında durmalıdır.

EUT: 9168
Manuf: FOTOKOPİ MAKİNASI
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

Scan Settings				(1 Range)			Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge		
30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB		

Transducer	No.	Start	Stop	Name
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6

Final Measurement:	Detector:	X QP
	Meas Time:	1sec
	Peaks:	8
	Acc Margin:	25 dB



Şekil 9. Fotokopi makinası EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan ($\text{dB}_\mu \text{V/m}$) değişim grafiği çıktısı.

EUT: 9168
Manuf: FOTOKOPI MAKİNASI
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

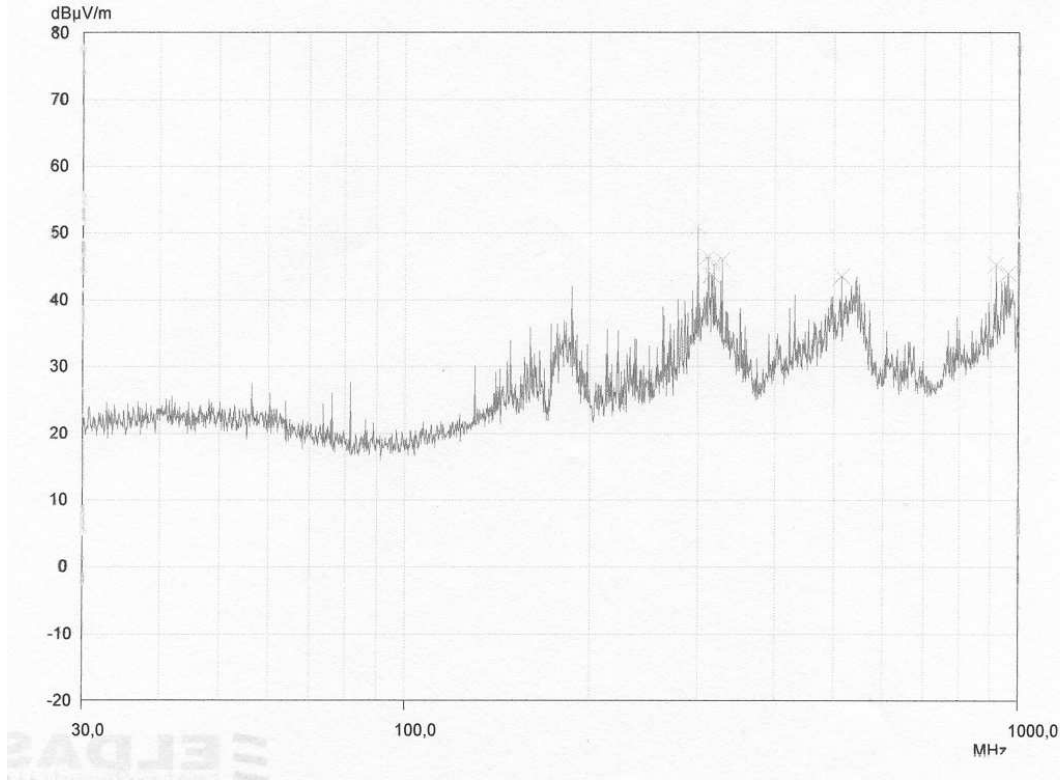
Scan Settings				(1 Range) Frequencies			Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge		
30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB		
Transducer	No.	Start	Stop	Name					
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6					
Final Measurement:		Detector:	X QP						
		Meas Time:	1sec						
		Peaks:	8						
		Acc Margin:	25 dB						
Final Measurement Results									
Frequency	QP Level	QP Limit	QP Delta						
MHz	dBµV/m	dBµV/m	dB						
230,4	25,14								
243,44	25,16								
320,16	26,88								
327,2	27,20								
571,04	28,18								
588,72	28,17								
629,12	29,14								
639,84	29,63								

Tablo 7. Fotokopi makinası EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim tablosu.

Deneyin Yorumu: 80 kHz lik basamaklarla başlangıç 30 MHz, bitim 1000 MHz olmak üzere bir fotokopi makinesinin çalışma sonuçları yukarıdaki gibi olup 8 peakte deney grafiğine göre 100 MHz den sonra değerlerin kısmen de olsa aşıldığı ve bunun frekansa bağlı olarak arttığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla bu cihazlar çalışırken insanlar cihaz çalıştığı andan itibaren mümkünse uzağında durmasına dikkat etmelidir.

EUT: 9168
Manuf: ROWENTA ELEKTRİKLI SÜPERGE
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

Scan Settings				Receiver Settings			
(1 Range)							
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge
30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB
Transducer	No.	Start	Stop	Name			
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6			
Prescan Measurement:		Detector:	X PK				
		Meas Time:	see scan settings				
		Peaks:	8				
		Acc Margin:	25 dB				



Şekil 2.10. Rowenta elektrikli süpürge için EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dBµ V/m) değişim grafiği çıktısı.

EUT: 9168
Manuf: ROWENTA ELEKTRIKLİ SÜPERGE
Op Cond:
Operator: Ercan ÖNAL
Test Spec:
Comment:

Scan Settings			(1 Range) Frequencies			Receiver Settings		
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	OpRge	
30MHz	1000MHz	80kHz	120kHz	PK	1msec	Auto	60dB	
Transducer	No.	Start	Stop	Name				
	22	30MHz	1000MHz	d55022s6				
Prescan Measurement:		Detector:	X PK					
		Meas Time:	see scan settings					
		Peaks:	8					
		Acc Margin:	25 dB					
Peak Search Results								
Frequency	PK Level	PK Limit	PK Delta					
MHz	dB μ V/m	dB μ V/m	dB					
299,2	50,94							
310,88	46,54							
314,4	43,81							
317,44	45,26							
327,44	46,04							
512,64	43,53							
917,68	45,28							
959,52	44,01							

Tablo 8. Rowenta elektrikli süpürge EMA yayılan emisyon değerlerinin bilgisayar paket programından değişik frekanslardaki (MHz) elektrik alan (dB μ V/m) değişim tablosu.

Deneyin Yorumu: 80 kHz lik basamaklarla başlangıç 30 MHz, bitim 1000 MHz olmak üzere bir rowenta elektrikli süpürgesi çalışma sonuçları yukarıdaki gibi olup 8 peakte deney grafiğine göre 100 MHz den sonra değerlerin kısmen de olsa aşıldığı daha sonra ufak bir düşme eğilimi gösterdiği sonra arttığı, sonra da 1000 MHz e doğru pütürlü sinüzoidal arttığı görülmüştür. Dolayısıyla bu cihazlar çalışırken insanlar cihaz çalıştığı andan itibaren mümkünse uzağında durmasına dikkat etmelidir.

YAPTIĞIMIZ DENEYLERLE İLGİLİ SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Elektromanyetik alanların kanıtlanmış temel standartlarını baz alarak anlatılan deneyleri yaptık. Görüleceği gibi bazı frekanslarda ölçüm yapılan elektrikli cihazların yaydığı EMA belirtilen standartların üzerinde olduğu ya da belli peak (tepe) değerlerinde limiti aştığı gözlemlendi.

Bu tarz cihazlardan yaydığı elektromanyetik alanlar yönünden CE standardının da benimsediği Ülkemizde geçerli TS EN ISO / IEC 17025:2000 standardında belirtilen kaliteye uygun olmayanların kalite kalibrasyonunun tekrar yapılması ve ilgili standart belgesinin verilebilmesi için yeniden üretici firmaya uygun tasarlanması için gönderildi.

EK-3

TÜRKİYE VE DÜNYADAKİ BAZI ÜLKELERİN EMA KONUSUNDAKİ STANDARTLARI

STANDARTLAR VE REFERANS DEĞERLER

Bu kısımda, enerji iletim hatlarından kaynaklı elektrik alanı ve manyetik alanlarla ilgili ulusal ve uluslararası standartlar ve referans değerler verilmektedir. (Standartlar bağlayıcı değerler olup, referans değerler öneri niteliğindedir).

ABD’de Referans Değerler

60 hertzlik manyetik ve elektrik alanlar için, Amerika’da ulusal standartlar yoktur. Yine de, Ulusal Elektrik Güvenlik Kodu gereğince, akımlar için güç hatları alan şiddetlerine bazı üst sınırlar getirilmiştir.

1975’te, Amerikan Çevre Koruma Ajansı, yüksek voltajlı elektrik iletim hatlarının sağlık ve çevresel etkileri ile ilgili bir bildiri yayınlamıştır. Ajans 700 kV ve üstü iletim hatlarının elektrik alanları için bir rehber çıkarmaya gerek olup olmadığını belirlemek istemiştir. Rapor, son analizde şu şekilde sona ermektedir; “şu ana kadar yapılan çalışmada, elektrik alana maruz kalmanın halk sağlığı ve refahı için herhangi bir tehlike arz etmediği görülmüştür.” Bir çok eyalet, genellikle önerilen iletim hatları için düzenleyici tutanaklar tutarken biyolojik etkiler konusuna değinmiştir. Altı eyalet, iletim hatlarından kaynaklanan elektrik alanları için standart veya rehber belirlemiştir. Bu altı eyaletlerden ikisi ise manyetik alanlar için de standartlar tanımlamışlardır. Anılan bu iki eyaletin (New York ve Florida) manyetik alanları, temelde, maksimum yük koşullarında, mevcut hatların yakınındaki manyetik alan değerleridir. Başka bir deyişle, bu eyaletlerin amacı, gelecekteki hatların halihazırdaki EMA düzeylerini aşmamasını sağlamaktır. Aşağıdaki tabloda bu standart ve rehberler verilmektedir. ABD’de iş ortamlarıyla ilgili referans değerler de bir sonraki tabloda verilmektedir

Enerji İletim Hatları EMA Eyalet Standart ve Rehberleri				
Eyalet	Elektrik Alanı (kV/m)		Magnetik Alan (mG)	
	ROW İçinde	ROW Sınırında	ROW İçinde	ROW Sınırında
Florida	8*	2	-	150* (maks. yükte)
	10**	-	-	200** (maks. yükte)
	-	-	-	250*** (maks. yükte)
Minnesota	8	-	-	-
Montana	7 ⁺	1	-	-
New Jersey	-	3	-	-
New York	11,8	1,6	-	200 (maks. yükte)
	11 ⁺⁺	-	-	-
	7 ⁺	-	-	-
Oregon	9	-	-	-

Tablo-1.ROW: İletim Hattının İrtifak Hakkı Güzergahı” *69-230 kV gerilimli hatlar; ** 500 kV gerilimli hatlar; *** Mevcut bazı güzergahlar içindeki 500 kV gerilimli hatlar + Otoyol geçişleri için maksimum; ++ Özel ulaşım yolu geçişleri için maksimum değerler

60 Hz EMA'ya Maruz Kalma İçin Mesleki Referans Değerler		
<i>Amerikan Kamu Endüstriyel Sağlık Uzmanları Konferansı</i>		
Maruz Kalma – 60 Hz	Elektrik alanı	Manyetik alan
Mesleki		
Aşılmamaları gereken seviyeler	25 kV/m* (0'dan 100 Hertze kadar)	10 G (10.000 mG)
Kalp atışını düzenleyen cihazlı işçiler	1 kV/m veya aşağısı	1 G (1.000 mG)

Tablo-2.Amerikan Kamu Endüstriyel Sağlık Uzmanları Konferansı, işçilerin sağlığının korunması hakkında teknik bilgiler üretimini kolaylaştıran bir kurum

ULUSLARARASI REFERANS DEĞERLER

1990 yılında, Radyasyondan Korunma Uluslararası Birliği-İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Komitesi [154] Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Çevre Sağlığı Bölümü'nün işbirliği ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın [155] desteği ile 50/60 Hz'lik elektrik ve manyetik alanlar için belirlenen sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

Daha Sonra İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Uluslararası Komisyonu adını alan IRPA/INIRC, tarafından hazırlanan ve aşağıdaki tablodaki değerlerin alındığı rehberde “referans değerlerin aşılmasının sağlık zararları olacağı anlamına gelmediği, daha ayrıntılı araştırmanın gerekeceği “ belirtilmektedir. Bunun nedeni, aynı kuruluş tarafından bu rehberin nasıl yorumlanacağıyla ilgili olarak yayınladığı bildirmede referans değerlerin [156], maruz kalma değerlendirmesi uygulamalarında, temel sınırlamaların aşılma eğiliminin olup olmadığını belirlenmesi amacıyla hazırlandığı belirtilmektedir. Bu değerler, matematiksel modeller ve belli frekanslarda yapılan laboratuvar çalışmalarının sonuçları kullanılarak, temel sınırlamalardan türetilmiştir. Alanlara maruz kalan kişiye, alanın maksimum kapling koşulları için geçerli olmakta, dolayısıyla maksimum koruma sağlamaktadır. Sınırlamalar, halk ve çalışanlar için farklıdır. ICNIRP, referans değerlerin halk ve çalışanlar için EMA limitleri konusunda genel rehber olarak kullanılmasını önermektedir.

AVRUPA BİRLİĞİ'NDE KULLANILAN REFERANS DEĞERLER

Avrupa Birliği'nde elektrik alanı ve manyetik alanlar için kullanılan referans değerler [157], TSE Standartı ile aynı olduğundan burada verilmemiştir. AB'nin kullandığı bu değerler için, bir sonraki sayfada yer alan "Türkiye'de Standartlar ve Referans Değerler" başlığına bakınız.

50/60 Hz Elektromanyetik Alana Maruz Kalma Referans Değerleri		
<i>İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Uluslar arası Komisyonu</i>		
Maruz Kalma Koşulları	Elektrik Alanı (kV/m)	Manyetik Alan
Çalışanlar	10	5 G (5.000 mG)
Tam mesai günü	30	50 G (50.000 mG)
Kısa süre ^a	--	250 G (250.000 mG)
Uzuvlar (kol ve bacak gibi vücuda eklemle bağlı)		
Halk		1 G (1.000 mG)
24 saat/gün	5	10 G (10.000 mG)
Günde birkaç saat	10	

^a 10-30 kV/m düzeyindeki elektrik alanları için, alan şiddeti (kV/m) x maruz kalma süresi (saat) , tüm mesai günü için 80 değerini aşmamalıdır. Vücudun tamamının günde iki saat maruz kaldığı manyetik alan şiddeti 50 G'u geçmemelidir.

Tablo-3. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Uluslararası Komisyonu ICNIRP) 40 ülkeden 15.000 bilim adamını kapsayan radyasyon korunmasında uzmanlaşmış bir organizasyon olup belirlediği standartlar yukarıdaki gibidir. [152]

BAZI ÜLKELERDE UYGULANAN ELEKTRİK ALAN STANDARTLARI

Rusya

Rusya'da 400kV ile 1150kV arasında değişen yüksek gerilim hatları mevcuttur. 1971 yılında yürürlüğe giren standartlara göre, Rusya'da genel halk için elektrik alan şiddetinin maksimum izin verilebilir seviyeleri aşağıdaki tabloda verildiği şekildedir.

Elektrik Alanı (kV/m)	İzin verilen günlük süre (dakika)
5	Sınırsız
10	180
15	90
20	10
25	5

Tablo.4. Rusya'da elektrik alan şiddetinin maksimum izin verilebilir seviyeleri

Avustralya

Yüksek gerilim olarak 330 kV ve 500 kV iletim hatları mevcuttur. Koridor içinde 2 kV/m, koridor sınırında ise 5 kV/m'ye kadar müsaade edilmektedir. Koridor içinde tüm gün sürecek aktivitelere izin verilmemektedir.

Çek Cumhuriyeti

Koridor içinde 15 kV/m elektrik alanı sınır değeri belirlenmiştir. Koridor içinde tarıma sınırlı izin verilmektedir.

Polonya

Elektrik alan sınır değeri 10 kV/m'dir. Bu değerin aşıldığı alanlarda, hat boyunca, güvenlik kuşağı oluşturulmaktadır. Bu alanda günlük aktivitelere izin verilmemektedir.

İngiltere

Elektrik alanlarına mesleki maruz kalmalara 30 kV/m, girilebilir bölgelerde 12kV/m, ikamet bölgelerinde 2.6 kV/m sınır değerine izin verilmektedir.

TÜRKİYE'DE STANDARTLAR VE YÖNETMELİKLER

Ülkemizde alternatif akımda işletilmekte olan enerji iletim hatlarının frekans değeri 50 Hz'dir. Türk Standartları Enstitüsünün, TS ENV 50166-1/Nisan 1996 Baskı ICS 29020 sayılı ve "İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması- Düşük Frekanslar (0 Hz – 10 kHz)" adlı standartında, iletim hatları için geçerli olan frekansla ilgili referans değerler de yer almaktadır. Bu değerler, aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Çevre Bakanlığı koordinasyonunda, konu ile ilgili Bakanlıkların ve Kurumların oluşturduğu bir komisyon, İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Yönetmeliği taslağı üzerindeki çalışmaları sürdürmektedir. [134]

50 Hz Elektromanyetik Alana Maruz Kalma Referans Seviyeleri			
<i>Türk Standardları Enstitüsü</i>			
Maruz Kalma Koşulları	Elektrik Alanı		Manyetik Alan
	Referans (kV/m)	Zaman (t, saat)	Referans (mT)
Çalışanlar	30	t ≤ 80/E	1,6 ⁽¹⁾ (16 G)
Halk	10		0,64 ⁽²⁾ (6,4 G)

E: ortamda ölçülen elektrik alan değeri
(¹) Kol ve bacaklar için 25 mT'ya izin verilebilir.
(²) Kol ve bacaklar için 10 mT'ya izin verilebilir
) **Bu tabloda, yalnızca, elektrik alanı frekansına ait değerler sunulmaktadır.**

Tablo-5.Türkiyedeki bazı referans değerleri

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Malatya’da doğan Ercan ÖNAL, İlk, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Gaziantep, Malatya, Muş, Sivas, Zonguldak ve Kayseri’de tamamladı. En son Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesinden mezun oldu. Üniversite öğrenimi olarak kısa bir süre için Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümünde olmak üzere, en son İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu.

Mezun olduktan sonra, İnönü Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Mastır öğrenimini sürdürmektedir. Bu arada 1999 yılında ÖSYM’nin yaptığı ve yaklaşık 1.500.000 adayın katıldığı Devlet memurluğu Sınavını kazanarak Türkiye 2559’cusu oldu ve İçişleri Bakanlığı Malatya Valiliği emrine atandı. Halen Malatya Valiliğinde diğer işlerle birlikte Yerel – Bilgi Projesi sorumlusu olarak görev yapmaktadır.