

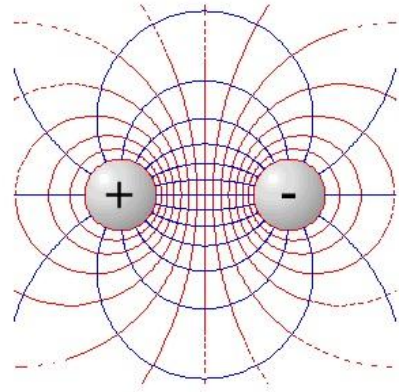
İYONLAŞTIRMAYAN RADYASYONUN ETKİLERİ

SON DERECE DÜŞÜK FREKANSLI ALANLAR
(Extremely Low Frequency (ELF) Fields)

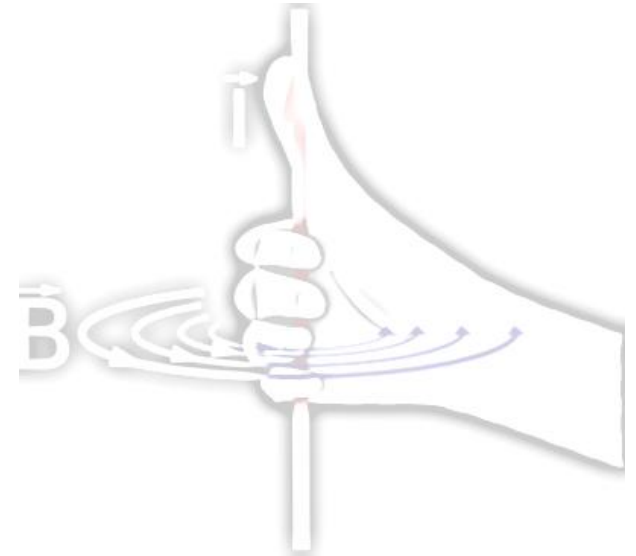
Prof.Dr. Mustafa Korkmaz

Kapsam

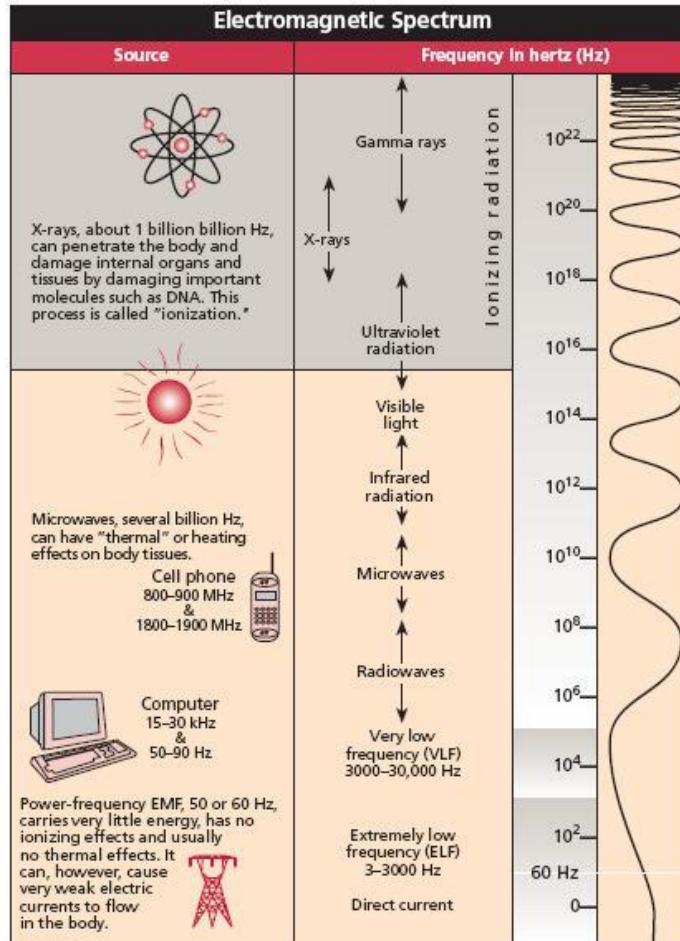
- Bazı Fiziksel Kavramlar
 - ELF Alanı Nedir?
 - Ölçümler ve Işınlamalar
 - Vücuttaki Elektrik ve Manyetik Alanlar
 - Biyofiziksel Etki Mekanizmaları
- Sağlıkla İlgili Araştırmalar
 - Araştırma Sonuçları
 - Risk Değerlendirmesi
- Koruyucu Önlemler
- Genel Değerlendirme ve Sonuç



FİZİKSEL KAVRAMLAR



ELF Alanı



The wavy line at the right illustrates the concept that the higher the frequency, the more rapidly the field varies. The fields do not vary at 0 Hz (direct current) and vary trillions of times per second near the top of the spectrum. Note that 10^4 means $10 \times 10 \times 10 \times 10$ or 10,000 Hz. 1 kilohertz (kHz) = 1,000 Hz. 1 megahertz (MHz) = 1,000,000 Hz.

Radio Frequency Bands

ITU	frequency	wavelength	name	alternate name
1	3 - 30 Hz	100,000 - 10,000 km	extremely low frequency (ELF)	(ELF1)
2	30 - 300 Hz	10,000 - 1000 km	super low frequency (SLF)	(ELF2)
3	300 - 3000 Hz	1000 - 100 km	ultra low frequency (ULF)	(ELF3)
4	3 - 30 kHz	100 - 10 km	very low frequency (VLF)	
5	30 - 300 kHz	10 - 1 km	low frequency (LF)	long wave (LW)
6	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m	medium frequency (MF)	medium wave (MW)
7	3 - 30 MHz	100 - 10 m	high frequency (HF)	short wave (SW)
8	30 - 300 MHz	10 - 1 m	very high frequency (VHF)	
9	300 - 3000 MHz	1000 - 100 mm	ultra high frequency (UHF)	
10	3 - 30 GHz	100 - 10 mm	super high frequency (SHF)	microwaves
11	30 - 300 GHz	10 - 1 mm	extremely high frequency (EHF)	
12	0.3 - 3 THz	1 - 0.1 mm		far infrared (FIR)

Ölçümler ve Işınlanmalar

- Yaşanılan yerlerdeki alan şiddetleri pek farklı değildir.
- Evlerde manyetik alanın geometrik ortalaması:

Avrupada : **0,025 – 0,070 μT**

Amerikada: **0,055 – 0,110 μT**

Elektrik alanın ortalaması ise **birkaç on V/m** dir.

- Bazı ev aletlerinin yakınında anlık manyetik alan **birkaç yüz μT** 'ya kadar çıkabilir.
- Güç hatlarının yakınında manyetik alan **20 μT** 'ya kadar çıkabilir. Elektrik alan ise **birkaç bin V/m** 'ye kadar çıkabilir.

Ölçümler ve Işınlanmalar

- Mesleki Işınlanmalarda;

Elektrikçilerin ve elektrik mühendislerinin muhatap oldukları alanlar **0,4 – 0,6 μT**

Güç hatlarının onarımında çalışan işçilerde bu değer yaklaşık **1 μT** 'dir. Çalışma yerlerinde muhatap olunan en yüksek alan yaklaşık **1 μT** 'dir.

- En yüksek manyetik alan şiddetine maruz kalanlar ise,
 - Kaynakçılar
 - Lokomotif kullananlar
 - Dikiş makinası operatörleri

Bunlar **3 μT** ' dan daha büyük alan şiddetlerine maruz kalırlar.

- Elektrik üretimi yapılan endüstride çalışan işçiler 30 kV/m'lik elektirik alana maruz kalırlar.

Vücuttaki Elektrik ve Manyetik Alanlar

- ELF bölgesinde elektrik alana maruz kalınması durumunda insan vücudunda indükleme yoluyla elektirik alan ve akım oluşur.
 - Vücut içindeki elektrik alan normalde dış alandan **beş-altı mertebe daha küçüktür.**
 - **Düşey** doğrultuda elektrik alana muhatap olmak, büyük ölçüde **düşey** doğrultuda yönelmiş indüklenmiş alan yaratır.
 - Verilmiş bir dış elektrik alan için vücutta oluşan en şiddetli alan **ayak kısmında** oluşur. En zayıf alan ise vücudun yerden **izole olmuş** kesimlerinde oluşur.
 - Yerle kusursuz bir kontak durumunda insan vücudundan geçen toplam akım, doku iletkenliğinden çok vücut büyüklüğüne ve şekline (duruş dahil) bağlıdır.

Vücuttaki Elektrik ve Manyetik Alanlar

- İndüklenmiş akımın organlar ve dokular arasındaki dağılımı bunların iletkenlerince belirlenir.
- İndüklenmiş **alanın** vücut içerisindeki dağılımı da iletkenliklerce belirlenir. Ancak bu dağılımın üzerine iletkenliğin etkisi akımınki kadar büyük değildir.
- ELF bölgesi manyetik alana maruz kalınması durumunda Faraday yasası çerçevesinde indüklenmiş elektirik alan oluşur. Bu da indüklenmiş akım yaratır. Bu bağlamda aşağıdaki genellemeler yapılabilir:

Vücuttaki Elektrik ve Manyetik Alanlar

- Dış alan, vücudun önünden arkasına doğru yöneldiğinde indüklenmiş olan en büyüktür.
- Manyetik alan vücut eksenini boyunca yöneldiğinde, indüklenen elektirik alan en zayıftır.
- Verilmiş bir alan şiddetinde ve yöneliminde gövde büyüdükçe indüklenen elektrik alan da büyür.
- İndüklenmiş alanın vücut içerisindeki dağılımı organ ve dokuların iletkenliklerince belirlenir. Ancak bunların akımın dağılım üzerine sınırlı etkileri vardır.

Biyofiziksel Etki Mekanizmaları

- Doğrudan Etki
- Dolaylı Yoldan Etki
- Doğrudan Etki Mekanizmaları
 - İndüklenmiş elektrik alan oluşumu
 - Kökçe oluşumunun stimüle edilmesi
 - Magnetit kristalleri

Biyofiziksel Etki Mekanizmaları

DOĞRUDAN ETKİ MEKANİZMALARI

- Dokuda indüklenme yolu ile oluşan elektirik alan, şiddeti birkaç V/m'yi geçerse tek miyalin katmanına sahip sinir iplikçiklerinde uyarılma yaratabilir. Daha zayıf şiddetteki alanlar sinir ağında sinaptik iletimi etkileyebilir.
- Manyetik alan spesifik türde bazı kimyasal tepkimeleri, kökçeler aracılığı ile, etkiler ve bu etki mekanizmasında alan şiddeti ile kökçe konsatrasyonu ters orantılıdır. 1 mT'dan daha küçük alanlarda bu artışın daha kolay gerçekleştiği gözlenmiştir.
- Bu mekanizmanın, kuşların yön bulmada ve dolayısıyla göçlerini gerçekleştirmelerinde etkin olduğu önesürülmektedir.

Biyofiziksel Etki Mekanizmaları

DOĞRUDAN ETKİ MEKANİZMALARI

- Şehir şebekesi akımlarının oluşturdukları ELF alanları ($<50\mu\text{T}$) kökçeler aracılığı ile biyokimyasal tepkimelerin yönlendirilmesi konusunda çok daha anlamlı etkiler yaratabilecekleri önesürülmüştür.
- Değişik şekle sahip çok küçük boyuttaki demir oksit ferromanyetik kristalleri olan manyetit kristalleri, az da olsa insan ve hayvan dokularında mevcuttur. Bu kristallerin kuşların göç yollarını bulmada etkin olduğu bilinmektedir.
- Kimyasal bağ kırma, yüklü parçacıkların üzerine kuvvet uygulanması ve değişik dar band “rezonans” mekanizmaları gibi doğrudan etkileşme mekanizmaları insanların muhatap oldukları düzeydeki alan şiddetlerinde etkili değildir.

Biyofiziksel Etki Mekanizmaları

DOLAYLI YOLDAN ETKİ MEKANİZMALARI

- Yüksek gerilim hatları kendilerini çevreleyen uzayda iyon bulutları oluştururlar. Bunların deri yüzeyindeki, havadan kaynaklanan kirletici miktarlarını artırdıkları ve hatta solunum yollarında da kirlenmelere neden oldukları ileri sürülmüştür. Ancak, bu konuda daha kuvvetli biyolojik ve epidemolojik kanıtlara ihtiyaç vardır.
- Elektrik alan tarafından indüklenen yüzey elektirik yükleri algılanabilir. İletken bir cisme değildiğinde acıveren mikroşoklar şeklinde ortaya çıkan olaylar bunlara örnek olarak verilebilir. Bunlar kemik iliğinde fon gürültüsü düzeyinin üzerinde elektrik alan oluştururlar. Bunun insan sağlığı üzerine risk etkisi yaratıp yaratmadığı bilinmemektedir.

SAĞLIKLA İLGİLİ ARAŞTIRMALAR



Araştırma Sonuçları

- **Sinirsel Davranış Değişiklikleri**

- Beyin elektrik aktivitelerindeki değişim
- Bilinç (cognition) değişimi
- Uyku (sleep) halindeki değişim
- Hiperduyarlığın (hypersensitivity) ortaya ıkışı
- Ruh hali (mood) değişimi

- **Nöroendokrin Sistemlerdeki Değişiklikler**

Epifiz ve hipofiz bezlerinin salgıladıkları nöroendokrin hormonları dikkate alınarak yürütölen araştırmalar, ELF bölgesinde elektrik ve/veya manyetik alana maruz kalan bireylerde bireyin sağlığını etkileyecek ona ters yönde katkı getirecek ölçüde bu hormonların değişmediğini göstermiştir.

Araştırma Sonuçları

- **Nörodejeneratif Bozukluklar**

Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) ve ELF'ye maruz kalma arasındaki ilişkinin henüz tam olarak açıklanabildiği söylenemez. Benzer değerlendirmeler Alzheimer hastalığı için de geçerlidir.

- **Kardiovasküler Bozukluklar**

Kalbin otonomik kontrolündeki değişim ile ışınlama arasında kurulmak istenen ilişki henüz spekülatif düzeydedir.

Araştırma Sonuçları

- **Ümmünoloji ve Hematoloji**

ELF elektrik ve manyetik alan ışınlamalarının ümmün ve hematolojik sistemler üzerine olan etkileri ile ilgili kanıtlar yeterli değildir.

- **Üreme ve Gelişme**

150 kV/m şiddetindeki ELF alanı uygulanarak birçok memeli türü üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, ışınlamanın gelişim üzerine ters bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur.

Araştırma Sonuçları

- **Kanser Oluşumu**

IARC monografinin yayın tarihi olan 2002'den buyana insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan ve in vitro koşullarda yrtlen araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular, ELF manyetik alanlarının insanlar için olası karsinogen ajan olduğu doğrultusundaki sınıflandırmada bir değişim yaratmamıştır.

Araştırma Sonuçları

- **Risk Değerlendirmesi**

100kHz'e kadar giden ELF elektrik ve manyetik alana maruz kalmanın sağlık üzerinde ters sonuçları olabilecek **akut biyolojik etkiler** yarattıkları bulunmuştur.

ELF manyetik alanına maruz kalma ile hastalıklar (ümünolojik, kanserler, depresyon, intihar, üreme fonksiyon bozukluklar vs.) arasındaki bilimsel kanıt ilişkisi çocuk lösemisinden daha zayıftır, hatta kardiovasküler bozukluklar ve meme kanseri oluşumuna ELF manyetik alanın neden olmadığı kanıt güven vericidir.

° KORUYUCU ÖNLEMLER



Koruyucu Önlemler

- Korunum politikasını yapanlar hem halkı ve hem de çalışanları korumak için ELF alanı ışınlaması ile ilgili klavuzlar oluşturmalarıdır. Her iki tür ışınlama için en iyi yol gösterici konuda oluşturulmuş olan uluslararası klavuzlardır.
- Konunun politikasını yapanlar, tüm kaynaklardan ileri gelen alanları ölçen koruma programları geliştirerek genel halkın ve çalışanların limit değerlerinin üstünde ışınlamalara maruz kalmamalarını sağlamalıdır.

Koruyucu Önlemler

- Alet ve edavattan ileri gelen ELF ışınlama düzeyini düşürmek için mühendislik pratiğinde değişiklikler yapılmalıdır. Ancak bu değişiklikler ek ayarlar sağlamalı, örneği daha yüksek güvenlik sağlamalı ve çok küçük fiyat artışlarına yada hiç fiyat artışına neden olmamalıdır.
- Yerel otoriteler mevcut kabloları yenilerken ve yeni kablo döşerken güvenlik yanında insanların istem dışı muhatap olacakları topraklama akımlarını da azaltacak şekilde bir yol izlemelidirler.

Koruyucu Önlemler

- Ulusal otoriteler açık bir iletişim stratejisi izleyerek, toplumu oluşturan grup ve bireylerin kendi öz ışınlama düzeylerini indirmekle ilgili bilgilere erişebilmelerini sağlamalıdır.
- ELF alanına maruz kalmanın sağlık üzerindeki olası negatif etkileri ile ilgili kanıtlar üzerindeki belirsizlikleri azaltmak için hükümet ve endüstri bu alandaki araştırmalara destek vermelidir.

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ



Genel Değerlendirme ve Sonuç

- Evlerde ELF manyetik alanına maruz kalma ile çocukluk kanseri arasındaki ilişki **ilk kez** 1979 yılında ortaya çıkmıŐtır.
- Daha sonra yapılan epidemiyolojik ve laboratuvar araŐtırmaları sonucunu değerlendiren IARC (International Agency for Research on Cancer) ELF manyetik alanını “**olası insan karsinojeni**” olarak deęerlendirmiŐtir.
- Sahip olduğu çok dŐŐük enerji nedeniyle, ELF alanlarının doğrudan genetik yıkım yaratmasını beklemek fiziksel olarak pek olası değildir. Ancak diğer kaynaklar tarafından oluŐturulan genetik yıkımları Őiddetlendirdięi “**teorik olarak**” ileri sŐrŐlmŐŐtir.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

- Birincil timör gelişimi tamamen oluştuktan sonra, hastalıktaki gelişim birçok faktörler tarafından belirlenir. Tümör gelişim evresinin sonraki basamaklarında yer alan faktörlerden birinin de ELF alanları olduğu **hipotezi** ileri sürülmüştür.
- İyi yürütülmüş dokuz bağımsız araştırmanın sonuçları değerlendirilerek 0,4 μT 'nin altındaki ELF alanları ile kanser oluşumu arasındaki bir risk faktörü belirlenemezken 0,4 μT 'nin üstündeki alan değerlerinde **iki kat** bir risk faktörü belirlenmiştir.(2000)
- Çok sayıda araştırmanın sonucunun değerlendirildiği bir başka çalışmada en yüksek kesilim noktasının 0,3 μT olduğu ortaya konmuştur. Bu değerin üzerinde risk faktörünün 1,7 olduğu hesaplanmıştır.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

- ELF elektrik alanı ile çocukluk lösemisi arasındaki ilişki konusunda elde edilen kanıtlar, manyetik alan için elde edilenlere göre yetersizdir ve dolayısıyla bu konuda **kesin bir yargıya varılmasını sağlamaktan uzaktır.**
- Evlerdeki ELF elektrik ve manyetik alana maruz kalam ile **ocukluk beyin kanseri** ve diğer odaklarda ortaya çıkan kanserler arasında bir ilişki ortaya konamamıŐtır. Ancak bu doğrultuda yapılan değerlendirmelerin yeteri sayıda ciddi ve güvenilir araştırma dikkate alınarak yapılmadığını belirtmek gerekir.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

- Ev aletleri kullanımı ile çocukluk kanserleri arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Ancak bu araştırmalar sonucunda ev aletlerinin kullanım süre ve sıklığı ile risk artışı arasında bir ilişki **ortaya konamamıştır**.
- Çok sayıda araştırma yapılmasına karşın, evlerde mauz kalınan ELF alanları ile **yetişkinlerde** ortaya çıkan kan kanserleri ve beyin kanserleri arasında bir ilişki ortaya konamamıştır.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

- Meme ve diğer kanserler üzerinde yapılan araştırmalar, ELF alanlarına maruz kalma ile meme ve diğer kanserler arasında bir ilişki oluşturmak için yetersizdir.
- Hayvanlar üzerinde yrtlen araştırmalar ve in vitro araştırmalar ELF alanlarının karsinojen etki yarattığı konusundaki hipotezi desteklediği söylenemez.